

TIPHON

un logiciel de photogrammétrie numérique

développé
à
l'ENSAIS

Pierre GRUSSENMEYER, Cyrille MOROT, Yannick GOUJON
(ENSAIS, LERGEC, Equipe photogrammétrie et géomatique)

MOTS CLÉS : stéréophotogrammétrie numérique sur PC, photogrammétrie aérienne et architecturale, corrélation d'images.

RÉSUMÉ : le logiciel TIPHON (Traitement d'Image et PHOtogrammétrie Numérique) est développé à l'ENSAIS avec les étudiants de la Filière Topographie. Le logiciel est utilisé pour l'enseignement et la recherche appliquée en photogrammétrie aérienne et architecturale. TIPHON fonctionne dans l'environnement Windows 95 et permet de travailler sur des images de chambres aériennes avec repères de fond de chambre, de chambres avec réseau, de chambres d'amateur et de caméras numériques. Plusieurs méthodes de calcul du couple stéréoscopique sont programmées. Les pointés sur les images sont manuels ou semi-automatiques par corrélation d'images. Le modèle stéréoscopique peut être observé par l'adjonction d'un stéréoscope devant l'écran ou à l'aide d'anaglyphes calculés à partir des images normales. Les points, lignes ou polygones mesurés lors de la stéréorestitution sont superposables aux images.

ABSTRACT : the TIPHON software (Traitement d'Image et PHOtogrammétrie Numérique) is developed at the ENSAIS Engineering College with the students of the Department of Surveying. The software is used at ENSAIS for teaching and applied research projects in aerial and architectural stereophotogrammetry. TIPHON is a Windows'95 application and works on images from aerial cameras with fiducial marks, réseau cameras, non metric cameras and digital cameras. The stereopair is computed with different methods. The measurements on the images are manual or semiautomatic by correlation. The stereomodel can be observed with a stereoscopic viewer or by anaglyphs computed from the normalised images. The stereoplotting of points, lines and polylines can be superimposed on the images on the screen.

INTRODUCTION

La photogrammétrie a toujours été synonyme d'investissements importants et réservée à quelques spécialistes. Il est vrai que le matériel mis en œuvre était en général impressionnant, qu'il s'agisse des chambres de prise de vue métriques ou encore des stéréorestiteurs analogiques ou analytiques. L'obtention de coordonnées précises à partir d'images nécessitait des méthodologies très élaborées et une parfaite maîtrise technologique des systèmes basés sur la mécanique, l'optique et l'informatique. Avec l'avènement des techniques numériques, la photogrammétrie devient accessible à tout utilisateur équipé d'un simple ordinateur. Cet article présente le logiciel TIPHON (Traitement d'Image et PHOtogrammétrie Numérique) développé à l'ENSAIS pour fonctionner sur un ordinateur standard (Pentium 133 MHz au moins) et Windows 95.

Le marché de la photogrammétrie numérique s'est considérablement développé depuis quelques années [R2]. Parmi les logiciels les plus connus fonctionnant sur PC et Windows 95, on peut citer le logiciel DVP développé à l'origine à l'Université Laval au Québec, le logiciel américain DMS de R. Welch ou encore en France le logiciel PHOTOMOD commercialisé par la Société CHS (Rueil Malmaison).

LES OBJECTIFS DE TIPHON

L'idée de développer un logiciel de photogrammétrie numérique à l'ENSAIS remonte à la fin de l'année 95, avec comme premier objectif de faire la transition entre photogrammétrie analytique et numérique dans le cadre de l'enseignement de la photogrammétrie. En effet d'un point de vue pratique, la mesure des coordonnées-photos peut être effectuée sur les images numériques affichées

sur l'écran de l'ordinateur avec des modes de mesure comparables à ceux mis en œuvre sur les stéréorestiteurs analytiques. La qualité géométrique et radiométrique des images numériques est primordiale pour garantir de bons résultats. Il convient de numériser les images sur des scanners de précision (de type Zeiss PS1 par ex., ou en utilisant le système CD PHOTO de Kodak pour des moyens et petits formats). L'utilisation de clichés numérisés à partir de diapositives réalisées à l'aide de

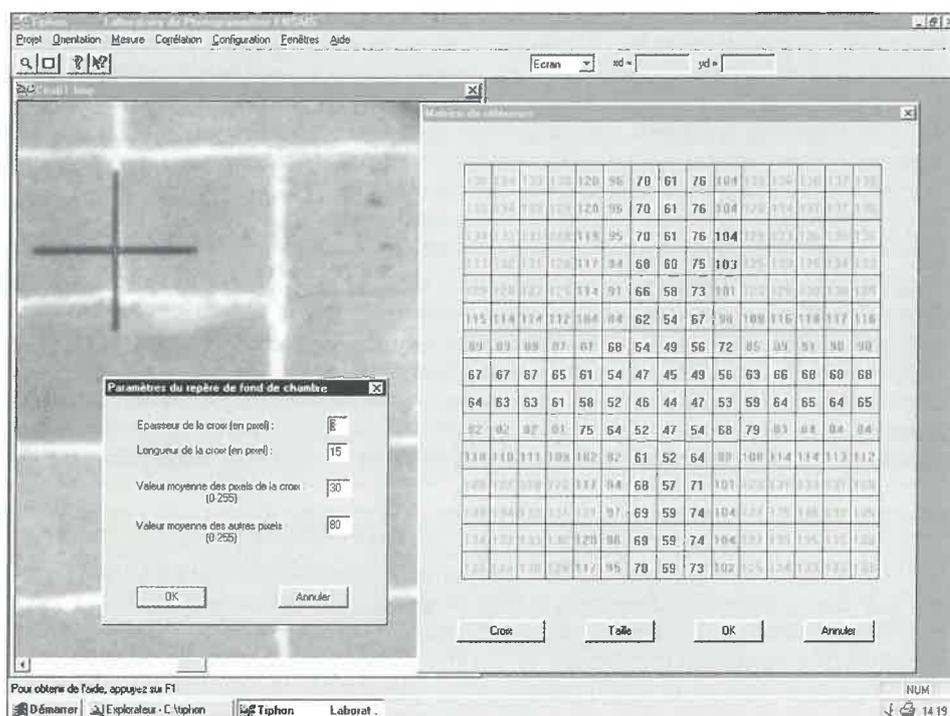
chambres d'amateurs n'est possible que dans certains cas bien particuliers. Avec l'avènement des caméras numériques dotées de plus d'un million de pixels, de nouvelles méthodes vont apparaître à condition de disposer d'optiques à mise au point manuelle et de procéder à des étalonnages rigoureux pour définir les distorsions. Ces caméras peuvent être directement connectées au logiciel installé sur un portable soit pour des applications en temps réel, soit pour la mise en œuvre des restitutions ou des modélisations directement sur le terrain (en architecture ou en archéologie par exemple).

Notre objectif n'est pas de proposer une version commerciale de TIPHON mais de développer un logiciel (sans la contrainte des licences-constructeurs) pour la conduite de petits projets en photogrammétrie aérienne et architecturale. L'outil mis à la disposition des étudiants leur permet d'approfondir les différentes méthodes de calcul (définies dans [R1], [R3] et [R4]) et surtout d'adapter le logiciel (en modifiant le code du Visual C++) à un sujet spécifique. Nous avons constaté que la compréhension

du fonctionnement des systèmes plus anciens (analogiques et analytiques) est plus facile après l'initiation par la photogrammétrie numérique ! En effet il est plus aisé de représenter et d'expliquer un phénomène sur un écran qu'à partir des observations à travers des oculaires (même si l'on dispose d'oculaires d'initiation).

Dans le processus d'orientation des images, les calculs consistent à garantir la géométrie du modèle. L'intérêt de la photogrammétrie numérique est d'intégrer des fonctions de traitement d'image à tous les stades du logiciel. On cherchera dans la mesure du possible à remplacer la plupart des mesures manuelles par des mesures automatiques. Dans la version 2.0 de TIPHON, l'opérateur peut utiliser la corrélation subpixel pour la mesure automatique de points à tous les niveaux du traitement : dans l'orientation interne (fig. 1), dans l'orientation externe et au cours de la stéréorestitution. La précision de la position calculée peut atteindre le dixième de la taille d'un pixel.

Figure 1
la matrice de référence
utilisée par TIPHON
dans l'orientation interne
pour la corrélation sur les croix
d'un réseau
peut être mesurée directement
sur l'image
ou à l'aide d'une boîte
de dialogue
(niveaux de gris
de 0 à 255)



PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE TIPHON

Les trois étapes d'un projet sont :

- La définition des données nécessaires au traitement
- Le calcul des paramètres d'orientation du couple d'images
- La phase de stéréorestitution numérique

Tiphon peut être utilisé avec deux configurations d'affichage : la résolution 1024*768 pour l'utilisation sur un ordinateur de bureau et la résolution 800*600 plutôt réservée à un ordinateur portable.

L'opérateur a le choix entre deux modes de pointés sur l'écran :

- Le mode classique où l'image est fixe et l'index de pointé mobile.

- Un mode plus adapté à la vision des images en 3D avec un index de pointé fixe et l'image mobile. L'image se déplace alors de la même quantité que la souris. Ce mode se révèle plus pratique à l'usage.

Un coefficient de zoom commun aux deux images permet une vision optimale de tous les objets présents sur les images. La fenêtre se centre automatiquement sur le point cliqué lors du zoom.

L'opérateur peut se replacer automatiquement sur tout point précédemment mesuré en le sélectionnant dans la boîte de dialogue.

La forme et la couleur de l'index de pointé sont modifiables en fonction des objets qu'il doit mesurer sur les images.



Figure 7 : stéréorestitution de clichés Wild P32, TIPHON version 2.0
(Retable d'Issenheim, musée d'Unterlinden à Colmar, Haut-Rhin)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Compte tenu de l'évolution de la micro-informatique (en 1996 : Pentium 133 MHz, en 1998 : Pentium II 300 MHz), les performances de ce type de logiciel ne cesseront d'évoluer et d'offrir de nouvelles possibilités. Cet article ne présente que les aspects concernant l'orientation d'un couple et la stéréorestitution. Le modèle numérique de terrain peut être obtenu à partir des outils de corrélation mis en place. Tous les éléments sont alors réunis pour calculer les orthophotos numériques. À l'ENSAIS, TIPHON a permis de faire évoluer l'enseignement de la photogrammétrie pour les étudiants en formation initiale et dans le cadre de la formation continue pour les géomètres, géographes, architectes et ingénieurs du génie civil de plus en plus intéressés par la modélisation en trois dimensions.

RÉFÉRENCES

- [R1] Albertz, J., Kreiling, W., 1989. Photogrammetric Guide. Wichmann, 292 pages.
- [R2] GIM, 1997. GIM's Product Survey on Digital Photogrammetric Workstations. Geomatics Info Magazine July 1997, Volume 11 Number 7.
- [R3] Höhle, J., 1997. The automatic Measurement of Targets. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation 1/1997, pp. 13-21.

[R4] Kraus, K., Waldhäusl P. 1998. Manuel de photogrammétrie, principe et procédés fondamentaux. Traduction de Grussenmeyer P. et Reis O. Éditions Hermès, Paris.

[R5] Morot, P., Grussenmeyer, P., 1996. Development of PC-based digital photogrammetric software at the ENSAIS Department of Surveying : the TIPHON software. Proceedings of the GIS Euroconference, Madrid, sept. 18-20, 1996, 6 p.

ADRESSES DES AUTEURS :

Pierre GRUSSENMEYER, Maître de Conférences
Cyrille MOROT (G96)
Yannick GOUJON (G97)

École nationale supérieure des arts et industries de
Strasbourg (ENSAIS)
Laboratoire d'Études et de Recherches en Génie Civil
(LERGEC)
Équipe photogrammétrie et géomatique

24 boulevard de la victoire
F-67084 Strasbourg Cedex
E-mail : Pierre.Grussenmeyer@ensais.u-strasbg.fr
Tél. : 0388 144733 – Fax : 038824 1490
<http://www-ensais.u-strasbg/topo>

TIPHON permet de travailler sur tous les formats d'image. L'exemple de la figure 7 correspond à un couple d'images de format 6 cm x 8 cm (WILD P32) numérisisé sur un scanner Zeiss PS1. Le projet portait sur le contrôle géométrique des déformations du retable d'Issenheim au Musée d'Unterlinden à Colmar (Haut-Rhin). Le menu de stéréorestitution affiche les coordonnées des points mesurés, le coefficient de corrélation et les différentes fonctions disponibles.



Figure 5 – Orientation relative en photogrammétrie aérienne avec la version 2.0 de TIPHON (Le Hohwald, Bas-Rhin), clichés au 1/5000

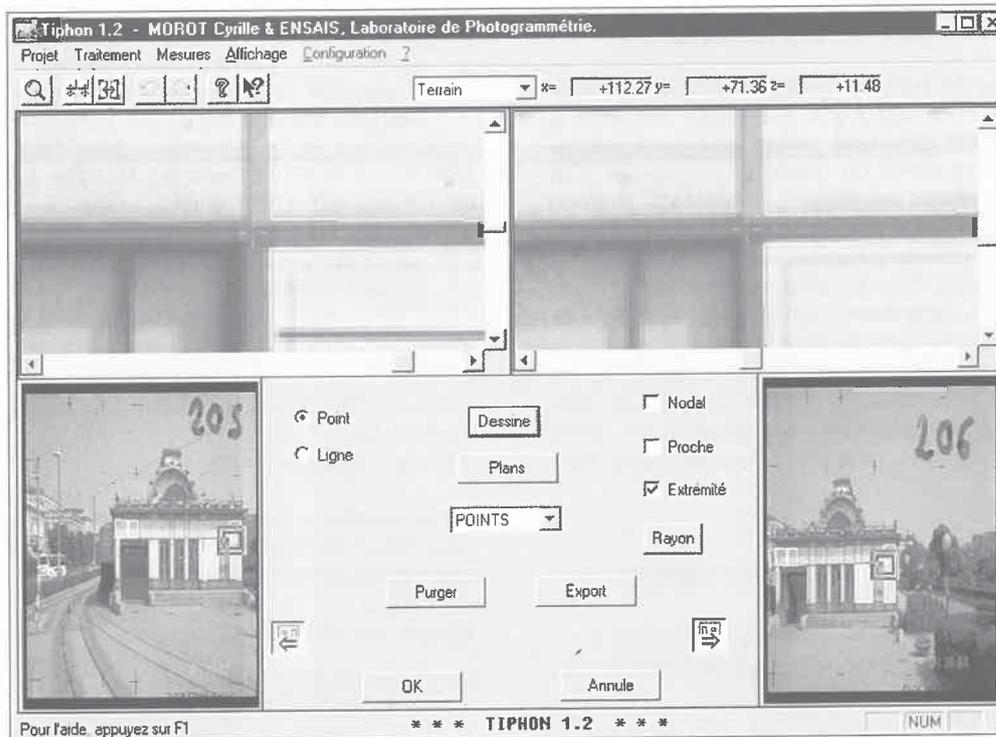


Figure 6 – Environnement de la stéréorestitution de la version 1.2 de TIPHON (Station de métro Karlsplatz à Vienne, Autriche)

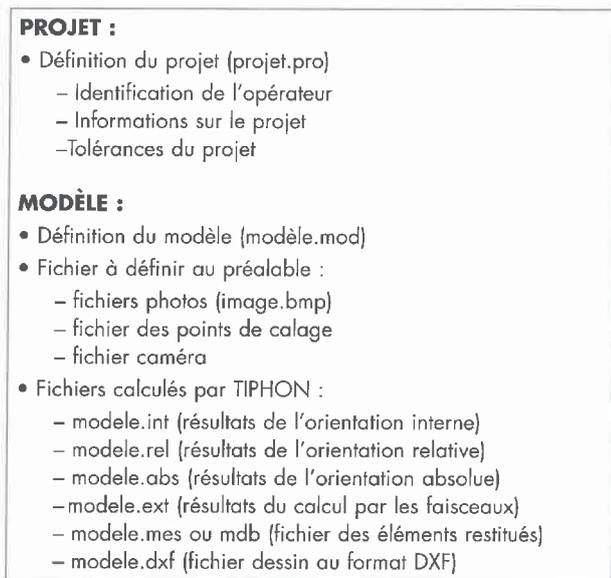


Figure 2 – Description des fichiers générés par TIPHON

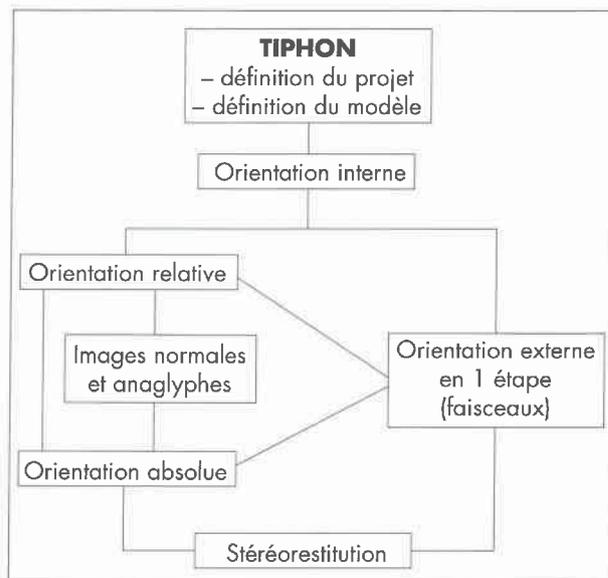


Figure 3 – Le calcul d'un couple de clichés avec TIPHON

Le calcul de l'orientation interne est basé sur une transformation plane affine : cette transformation permet de passer des coordonnées-pixels aux coordonnées-photos.

Plusieurs solutions sont proposées pour le calcul de l'orientation externe :

- Orientation relative (condition de coplanéité) et orientation absolue (transformation spatiale de similitude)
- Compensation par la méthode des faisceaux

La transformation des images initiales (fig. 4) en images normales (c.-à-d. un couple de clichés vérifiant le cas normal) est possible à l'issue de l'orientation relative. Les deux clichés ne présentent alors que des parallaxes horizontales et la corrélation n'est à effectuer que dans une seule direction sur le couple normal. Les niveaux de gris des pixels transformés dans les images normales sont calculés par la méthode du plus proche voisin. À partir des images normales le logiciel permet également d'afficher le couple de photographies stéréoscopique en deux couleurs complémentaires (anaglyphe).

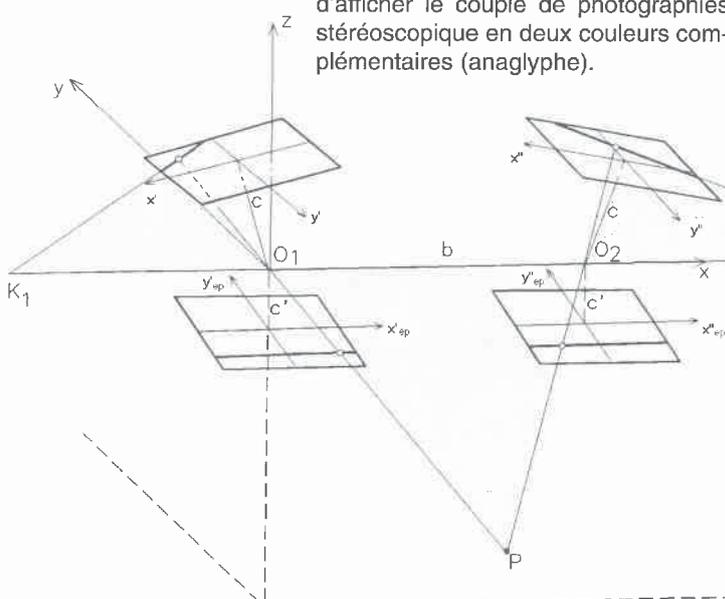


Figure 4 – Images originales et normales Avec leurs rayons et points épipolaires K1 et K2, d'après [R4].

En ce qui concerne le calcul du couple, le problème le plus sensible est celui de la détermination de valeurs approchées pour la compensation, notamment en photogrammétrie terrestre. Plusieurs solutions sont proposées par le logiciel.

Pour la phase de stéréorestitution, plusieurs modules ont été développés :

- Soit une restitution élémentaire de points et lignes superposables aux images avec création d'un fichier DXF (versions 1.0 et 2.0) ;
- Soit l'utilisation d'une base de données de type Access avec une gestion des plans et différents types d'accrochage d'objets (version 1.2) ;
- Soit une restitution intégrée à Microstation 95 (version en cours de développement).

Il est bien entendu que la taille des images doit tenir compte des capacités du PC et de la précision recherchée.

EXEMPLES PRATIQUES

Cette partie présente quelques exemples traités avec TIPHON. Les calculs concernant les applications de la photogrammétrie aérienne sont en général relativement simples. La figure 5 présente le menu de l'orientation relative de TIPHON. Dans la boîte de dialogue, on lit notamment les coordonnées-photos (gauche et droite), le coefficient de corrélation et les résidus sur les parallaxes verticales.

Du point de vue de l'enseignement les exemples de photogrammétrie architecturale sont plus intéressants et plus complets. En effet il est plus facile de réaliser le projet dans son intégralité (prises de vue, numérisation des images, orientations, stéréorestitution). La figure 6 montre un couple de clichés réalisés avec une chambre LEICA R5 (format 24 mm x 36 mm). Les diapositives sont numérisées sur CD avec le système CD Photo de Kodak. Dans le menu de stéréorestitution de la version 1.2, l'opérateur travaille sur les deux images du haut de la fenêtre (zoom) et définit la zone de restitution sur les vues d'ensemble (images 205 et 206 sur la fig. 6).