

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 79 (1981)

**Heft:** 1

**Artikel:** Le rôle de la photogrammétrie dans un système d'information du territoire

**Autor:** Kölbl, O.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-230636>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

geltende. Das retardierende Moment der direkten Demokratie hat den extremen Pendelausschlag bedingt durch den Zeitgeist von vornherein verhindert. Dazu kommt, dass die für die deutsche Rechtslage und für ihr Verständnis der Aufgabe der «Raumordnung» charakteristische Trennung von «Raumordnung» und «Bauleitplanung» (mit Einschluss der Flächenwidmungsplanung) schweizerischerseits nicht nachvollzogen wurde. Die einseitige Hervorhebung der Raumordnung als einer besonderen Staatsaufgabe barg den Keim der Überbewertung im Vergleich mit allen andern Staatsaufgaben in sich. Die von der deutschen Kritik angestrebte Zurückbindung der Raumordnung auf eine rahmensexzende Querschnittsplanung ist sachlich begründet, doch bleibt sie unvollständig, da die Raumplanung

auch eine sacheigene Aufgabe zu erfüllen hat, nämlich die Ordnung der zweckmässigen Nutzung des Bodens. Sie ist deshalb Querschnittsplanung und Sachplanung zugleich. Das neue Bundesgesetz über die Raumplanung spricht diese Zusammenhänge mit der gleichzeitigen Hervorhebung und Verknüpfung der *Nutzungsplanung*, die der Ordnung der Bodennutzung dient, und der *Richtplanung* als einem Instrument der ressortübergreifenden koordinativen Raumplanung an. Die Verbindung von Nutzungsplanung und koordinativer Planung zwingt zu wirklichkeitsnahen planerischen Überlegungen. Allerdings kann nicht übersehen werden, dass in der Schweiz – im Gegensatz zur Bundesrepublik Deutschland – das rahmensexzende, koordinierende, steuernde Element der Raumplanung über ihren

innern eigenen Bereich hinaus auf die raumrelevanten Sachplanungen noch zu wenig deutlich gesehen wird. Hier dominiert nach wie vor das planerische Denken in Nutzungsplänen, das sich auf die Ausgestaltung der kantonalen Richtpläne auswirkt. Es ist eine der grossen Aufgaben des Bundesamtes für Raumplanung, die Raumplanung als Sachplanung und Querschnittsplanung herauszustellen und sowohl auf der Bundesebene – wo noch keine Ansätze sichtbar sind – als auch auf der kantonalen zum Tragen zu bringen.

Adresse des Verfassers:  
Prof. Dr. iur. Martin Lendi,  
Institut für Orts-, Regional- und  
Landesplanung, ETH-Hönggerberg,  
CH-8093 Zürich

## Le rôle de la photogrammétrie dans un système d'information du territoire\*

O. Kölbl

Un système digital d'information du territoire représente un outil de travail extrêmement flexible, se basant essentiellement sur la mensuration cadastrale et, dans un sens plus large, sur la mensuration topographique. Une extension de cette information de base peut être atteinte par l'incorporation de procédés photogrammétriques. Les domaines traditionnels d'application de la photogrammétrie sont la cartographie topographique et la mensuration cadastrale. A part cela, les prises de vues aériennes peuvent être interactivement reliées à un système d'information du territoire et utilisées ainsi comme complément, mais aussi pour une rénovation de l'information déjà disponible. Les travaux à l'Institut de photogrammétrie se concentrent sur la superposition directe d'une photographie aérienne à une carte. A cette fin, l'information de la carte est déformée projectivement et adaptée à la géométrie des photographies aériennes. La représentation graphique de l'information des cartes déformées s'effectue par un nouveau dessin ou par l'intermédiaire d'un écran graphique en liaison avec un stéréorestituteur. Les applications pratiques de ces procédés sont concentrées actuellement sur la rénovation du cadastre, sur une nouvelle conception de la statistique officielle de la superficie, ainsi que sur l'élaboration d'un inventaire forestier.

Ein digitales Landinformationssystem stellt ein äusserst flexibles Arbeitsinstrument dar. Basis dafür sind primär die Grundbuchvermessung und im weiteren Sinn die Landesvermessung. Eine ganz wesentliche Erweiterung dieser Basisinformation lässt sich durch die Einbeziehung photogrammetrischer Verfahren erreichen. Traditionelle Anwendungsgebiete der Photogrammetrie sind die topographische Kartierung und in begrenzterem Umfang die Grundbuchvermessung. Darüber hinaus kann das Luftbild sehr effizient interaktiv mit einem Landinformationssystem verbunden und zur Ergänzung, aber auch zur Erneuerung des bereits vorhandenen Informationsinhalts verwendet werden. Die Arbeiten am Institut für Photogrammetrie konzentrieren sich auf die direkte Überlagerung von Luftbild und Karte; dazu wird die digitale Karteninformation projektiv verzerrt und der Geometrie des Luftbildes angepasst. Die graphische Darstellung dieser transformierten Karteninformation erfolgt entweder über eine Neukartierung oder einen graphischen Bildschirm in Verbindung mit einem Stereokartiergerät. Die praktischen Anwendungen dieser Verfahren konzentrieren sich gegenwärtig auf die Katastererneuerung, eine Neukonzeption der offiziellen Arealstatistik sowie den Aufbau eines Landesforstinventars.

### 1. Introduction

Dans des domaines aussi divers que l'aménagement du territoire, la garantie de la propriété, la défense nationale ou le tourisme, plans et cartes sont des instruments de travail de la plus haute importance. Par le passé, on est parvenu à satisfaire à ces multiples exigences, en principe, au moyen de deux séries de cartes seulement: les plans de la mensuration cadastrale et la carte nationale au 1:25 000 (ainsi qu'aux échelles successives).

En principe, ces deux séries de cartes peuvent déjà être considérées comme systèmes d'information du territoire. Si l'utilisation d'une carte se limite à une étude purement visuelle de feuilles isolées, l'information graphique disponible devrait amplement suffire. Par contre, si l'information topographique doit être intégrée dans un processus de calcul ou si l'information de la mensuration cadastrale doit être liée à la représentation du relief d'une carte topographique, par exemple, on atteint très vite les limites d'un tel système d'information du territoire dont la base est exclusivement graphique. Une plus grande flexibilité est obtenue si l'information cartographique est intégrée de

\* Leçon inaugurale donnée le 11 novembre 1980 à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Voir aussi la présentation de M. le Professeur O. Kölbl en page 29.

manière appropriée dans un système de traitement électronique des données; cependant, cela implique pour les plans existants une numérisation de l'information graphique et l'élaboration d'un système de gestion des données approprié.

Aujourd'hui, de tels systèmes d'information du territoire sont devenus opérationnels. Pourtant, les efforts sont surtout concentrés sur la mensuration cadastrale où l'on a commencé très tôt déjà à appliquer des procédés numériques; cela est compréhensible puisque l'information sur la surface, par exemple, doit automatiquement se traduire en valeurs numériques. Le stockage, cependant, et surtout le traitement de cette information en temps utile posent des problèmes considérables en raison de la quantité des données; si l'on ne considère que les points de mesure d'une commune, c'est-à-dire les points-limites, les points de polygone ainsi que les limites de nature, on atteint facilement 100 000 points et même plus. Le stockage lui-même est moins critique, mais la manipulation de ces données sur une calculatrice de table ou sur un mini-ordinateur exige des temps de calcul considérables. Par exemple, une calculatrice de table du type Hewlett-Packard HP 9845, assez couramment utilisée par les bureaux de mensuration, demande déjà quelques minutes pour repérer et identifier un point donné par ses coordonnées dans une liste de 10 000 points. Il va sans dire qu'il existe des méthodes particulières pour accélérer un tel processus de recherche; cependant, ce petit exemple montre que, du point de vue pratique, la capacité de calcul aujourd'hui disponible est loin d'être illimitée et que de nombreuses applications ne peuvent être effectuées de manière rationnelle à cause de ces restrictions.

En étudiant un système d'information du territoire, il ne faut pas oublier que, malgré sa flexibilité, un tel système n'arrive pas à surmonter les fautes de leviers et de mises à jour de la mensuration proprement dite. De ce fait, il est nécessaire d'inclure dans la discussion d'un système d'information du territoire les problèmes de la saisie des données-terrain, ainsi que leur mise à jour.

Le principal moyen d'acquisition des données est sans doute la mensuration terrestre. Les procédés photogrammétriques représentent d'autres moyens très efficaces, et cela sous un double aspect: d'une part, pour la saisie des données qui peuvent être par la suite directement intégrées dans un système d'information et, d'autre part, pour un stockage intermédiaire des données sur le support photographique. Il ne faut pas oublier qu'une photographie aérienne constitue un document unique sur

l'aspect de la surface terrestre au moment de la prise de vues. Dans ce cas-là, la restitution elle-même peut être reprise à une date ultérieure et permet alors, par comparaison avec des leviers ou photographies plus récents, l'étude des changements dans la végétation, dans l'utilisation du sol ou même la détection de glissements de terrains.

Par la suite, les possibilités de leviers photogrammétriques et l'intégration de ces données dans un système d'information du territoire seront démontrées en prenant pour référence des exemples pratiques concrets. Les applications les plus importantes de la photogrammétrie sont sans doute les leviers topographiques à grandes et moyennes échelles. Au cours de ces dernières années, l'auteur a eu l'occasion de participer aussi à la conception et à la mise au point de nouvelles méthodes de lever de l'utilisation du sol à l'aide de la photogrammétrie. Il s'agit en particulier d'un renouvellement de la statistique de la superficie de la Suisse, ainsi que d'un inventaire forestier national. D'autre part, l'Institut de photogrammétrie s'est fortement engagé actuellement dans des projets de triangulation aérienne et de rénovation du cadastre graphique existant.

## 2. Bases techniques

### 2.1 Principe de la restitution photogrammétrique

Le problème fondamental de la photogrammétrie est la reconstruction métrique d'objets à partir de prises de vues photographiques. Pour la reconstruction exacte d'un objet, deux prises de vues au moins sont nécessaires. Du point de vue géométrique, il s'agit d'établir un modèle de cet objet à partir de deux projections centrales et d'en tirer une représentation graphique ou digitale. Présenté sous cette forme abstraite, ce procédé peut paraître assez complexe, alors qu'il ne s'agit en réalité que d'imiter le processus de la vision naturelle. Lors de la restitution, on présente à l'observateur deux images photographiques homologues qui créent pour lui une impression de relief, comme si chacun de ses yeux se trouvait en l'un des deux points de prise de vue (cf. Fig. 1). En ajoutant encore à ce restituteur fictif un point de référence à l'intersection imaginaire des rayons de projection, on pourrait déjà effectuer sans autre des restitutions simples. Il suffirait pour cela de relier le point de référence à un outil de dessin ou de le connecter à un dispositif de mesure.

La précision d'un tel instrument ne serait évidemment pas très élevée; on reconnaît cependant dans ce modèle

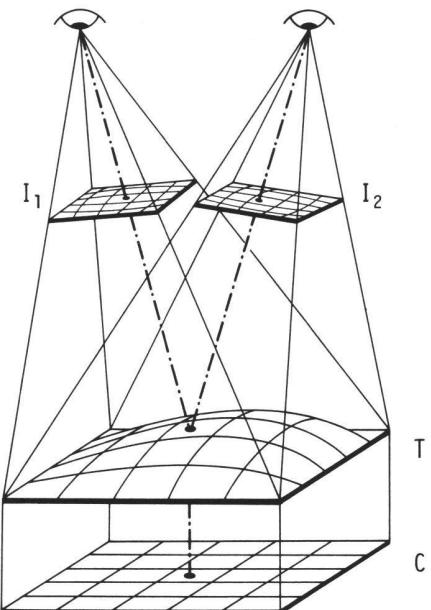


Fig. 1 Principe de la restitution de prises de vues en photogrammétrie. On présente à l'opérateur deux vues homologues  $I_1$ ,  $I_2$ , qui fusionnent comme dans le cas de la vision naturelle; l'opérateur a ainsi l'impression de voir le terrain en relief ( $T$ ). Le plan ( $C$ ) correspond à la carte, projection orthogonale du terrain.

simple les principaux éléments d'un stéréorestituteur, c'est-à-dire le système d'observation, le système de projection et un dispositif pour l'exploitation du modèle. Afin d'exploiter à fond l'information des photographies aériennes, il faudrait prévoir un système d'observation approprié, avec un agrandissement optique d'une certaine importance. Les faisceaux des rayons sont généralement reconstitués au moyen d'un dispositif mécanique. La précision d'un restituteur moderne est de quelques microns à l'échelle des clichés (1 micron = 0,001 mm). Pour des prises de vues à l'échelle originale 1:5000, on obtient ainsi en planimétrie une précision absolue de l'ordre de quelques centimètres, à la limite d'un centimètre.

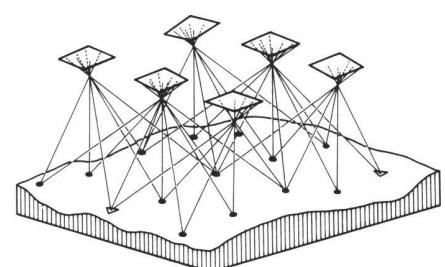


Fig. 2 Les relations géométriques entre 2 photos peuvent s'étendre à un grand nombre de photographies aériennes, ce qui permet de franchir de grandes surfaces avec un nombre minimal de points d'ajustage; procédé connu de triangulation aérienne.

Les considérations précédentes se réfèrent à la restitution d'un seul couple de prises de vues. Mais, les relations géométriques entre deux prises de vues peuvent être étendues à un nombre de vues presque illimité (cf. Fig. 2). En recourant à une telle formation de bloc, chaque point peut être déterminé par plusieurs couples, ce qui permet d'augmenter sensiblement sa précision. On utilise ainsi en mensuration cadastrale pratique des vues qui se chevauchent quatre fois, éventuellement même jusqu'à huit fois.

## 2.2 Saisie automatique des données en photogrammétrie

La restitution photogrammétrique se prête favorablement à une saisie automatique des données. Au cours des mesures sur les photos, on arrive à une fréquence d'enregistrement relativement élevée; il est donc justifié de prévoir pour cette tâche un matériel d'une certaine importance. La forme la plus simple de saisie des données est l'enregistrement automatique des coordonnées des points mesurés au stéréo-

restituteur. L'enregistrement peut s'effectuer sur cartes perforées, sur bande de papier ou bande magnétique. Assez souvent, pour contrôle, ces données sont aussi imprimées sur machine à écrire. De cette manière, on atteint des fréquences d'enregistrement d'environ 200–500 points/heure.

En simplifiant, disons que les données enregistrées doivent encore subir un certain traitement, avant d'être finalement intégrées dans un système d'information du territoire. Le contrôle de ces données, ainsi que leur liaison avec d'autres informations numériques ou même graphiques, ne sont cependant pas sans problème. Cela n'est d'ailleurs pas particulier à la photogrammétrie ou à la mensuration. La saisie de données et la mesure de quantités physiques ne posent en général aucun problème; par contre, l'analyse de ces données et leur stockage approprié présentent les difficultés réelles.

## 2.3 Notions sur un système d'information du territoire

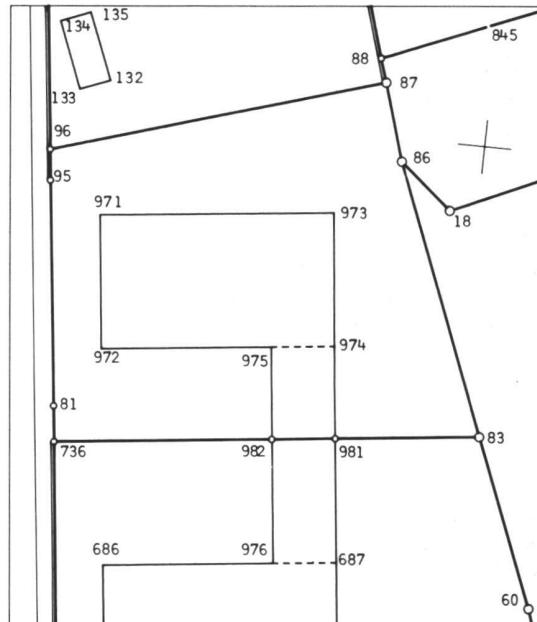
Un système digital d'information du territoire s'appuie en général sur des

fichiers numériques ou alphanumériques. Le stockage des données s'effectue sous forme binaire, langage spécifique des ordinateurs, ce qui n'en facilite pas forcément la compréhension. Pour analyser les problèmes de liaison entre un système d'information du territoire et un processus de restitution de photographies aériennes, il est utile de recourir à un modèle simplifié d'un tel système d'information.

A l'Institut de photogrammétrie, nous avons défini un fichier particulier pour le stockage des données cartographiques, dans lequel les éléments graphiques sont décomposés en une succession de points dont les coordonnées spatiales sont stockées. Avec chaque triplet de coordonnées X, Y, Z, on stocke simultanément le numéro d'enregistrement, un ou plusieurs nombres-codes qui définissent le type de ligne, ainsi qu'une caractéristique de début de ligne (cf. Fig. 3). A part cela, il est prévu un numéro de point, ainsi qu'un numéro de référence qui établit la liaison avec d'autres fichiers de données, pouvant inclure par exemple les écritures du plan.

| No ligne | Catégories de lignes |    |   |   | No point | Symbol | Tracé | Abscisse  | Ordonnée  |
|----------|----------------------|----|---|---|----------|--------|-------|-----------|-----------|
| 1        | 10                   | 0  | 0 | 0 | 87       | 1      | -1    | 535855.06 | 154009.84 |
| 2        | 10                   | 0  | 0 | 0 | 86       | 1      | 1     | 535847.82 | 154007.61 |
| 3        | 10                   | 0  | 0 | 0 | 83       | 1      | 1     | 535822.85 | 153997.62 |
| 4        | 10                   | 20 | 0 | 0 | 981      | 2      | 1     | 535821.33 | 154011.09 |
| 5        | 10                   | 20 | 0 | 0 | 982      | 2      | 1     | 535820.66 | 154017.02 |
| 6        | 10                   | 30 | 0 | 0 | 736      | 2      | 1     | 535818.36 | 154037.40 |
| 7        | 10                   | 0  | 0 | 0 | 81       | 2      | 1     | 535821.72 | 154037.79 |
| 8        | 10                   | 30 | 0 | 0 | 95       | 2      | 1     | 535842.74 | 154040.28 |
| 9        | 10                   | 30 | 0 | 0 | 96       | 2      | 1     | 535845.60 | 154040.61 |
| 10       | 10                   | 0  | 0 | 0 | 87       | -1     | 1     | 535855.06 | 154009.84 |
| 11       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 971      | 6      | -1    | 535839.98 | 154035.31 |
| 12       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 973      | 6      | 1     | 535842.39 | 154013.45 |
| 13       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 974      | 6      | 1     | 535829.95 | 154012.05 |
| 14       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 981      | -2     | 1     | 535821.33 | 154011.09 |
| 15       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 982      | -2     | -1    | 535820.66 | 154017.02 |
| 16       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 975      | 6      | 1     | 535829.29 | 154017.98 |
| 17       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 972      | 6      | 1     | 535827.51 | 154033.91 |
| 18       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 971      | 6      | 1     | 535839.98 | 154035.31 |
| 19       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 974      | -6     | -2    | 535829.95 | 154012.05 |
| 20       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 975      | -6     | 2     | 535829.29 | 154017.98 |
| 21       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 981      | -2     | -1    | 535821.33 | 154011.09 |
| 22       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 687      | 6      | 1     | 535809.76 | 154009.79 |
| 23       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 688      | 6      | 1     | 535797.34 | 154008.42 |
| 24       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 689      | 6      | 1     | 535794.90 | 154030.23 |
| 25       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 686      | 6      | 1     | 535807.31 | 154031.67 |
| 26       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 976      | 6      | 1     | 535809.11 | 154015.73 |
| 27       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 982      | -2     | 1     | 535820.66 | 154017.02 |
| 28       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 976      | -6     | -2    | 535809.11 | 154015.73 |
| 29       | 20                   | 0  | 0 | 0 | 687      | -6     | 2     | 535809.76 | 154009.79 |
| 30       | 50                   | 0  | 0 | 0 | 667      | 5      | -1    | 535871.60 | 154045.40 |
| 31       | 50                   | 0  | 0 | 0 | 941      | 5      | 1     | 535782.80 | 154035.07 |

Fig. 3 Extrait d'un fichier de lignes avec plan cadastral correspondant.



### Légende :

Catégorie 10 : limites de propriété

20 : bâtiments

30 : murs

50 : trottoirs

Symbol 1 : borne

2 : cheville

6 : angle de bâtiment

Un tel fichier de lignes pourrait déjà constituer une base complète pour un système d'information du territoire. Comme chaque ligne n'est stockée qu'une seule fois, ces données permettent de dessiner directement la carte sur une table à dessin automatique. Elles permettent également de calculer automatiquement la surface d'une parcelle cadastrale. Il faut cependant prévoir un processus de recherche pour la détermination du polygone entourant la parcelle; à cette fin, on peut recourir aux angles de deux éléments de lignes consécutifs.

Comme déjà mentionné, engendrer un tel fichier de lignes au cours d'une restitution photogrammétrique ne pose aucun problème. Des précautions particulières seront toutefois nécessaires si ce fichier doit être complété ou corrigé. Il est évident qu'un point donné par ses coordonnées peut être introduit sans difficulté dans un restituteur connecté à un système d'enregistrement automatique. Cette opération demande un temps considérable, mais peut être grandement facilitée si les travaux sont effectués au moyen de servo-moteurs. Toutefois, la relation entre le système d'information du territoire et les photographies aériennes ne s'établit rigoureusement qu'en un seul point. Il serait beaucoup plus efficace de parvenir à une telle coordination pour toute une surface.

Dans cette optique, deux processus différents ont été développés et testés à l'Institut de photogrammétrie. D'une part, le contenu digitalisé d'une carte a été déformé projectivement et redessiné sur une table à dessin automatique. Le document ainsi obtenu peut alors directement être superposé à une photographie aérienne. D'autre part, un processus interactif a été étudié. Il s'agit d'une méthode qui semblerait plus appropriée pour une telle restitution, mais qui impliquerait que la carte soit affichée sur un écran graphique et superposée à l'image de la photo dans les lunettes. Toutefois, ce procédé se heurte encore à quelques limites techniques.

### 3. Applications pratiques

#### 3.1 Cartographie topographique

Le plus important domaine d'application de la photogrammétrie est sans aucun doute la cartographie topographique. Ainsi, le lever initial de la carte nationale au 1 : 25 000 pour une grande partie du territoire, de même que la mise à jour, sont réalisés presque exclusivement au moyen de vues aériennes dont l'échelle est aussi d'environ 1 : 25 000. La restitution de ces prises de vues se fait sur des stéréorestituteurs. Le report s'effectue cependant



Fig. 4 Restituteur photogrammétrique de haute précision (autographe Wild A10) en liaison avec une calculatrice de table (Hewlett-Packard 9845).

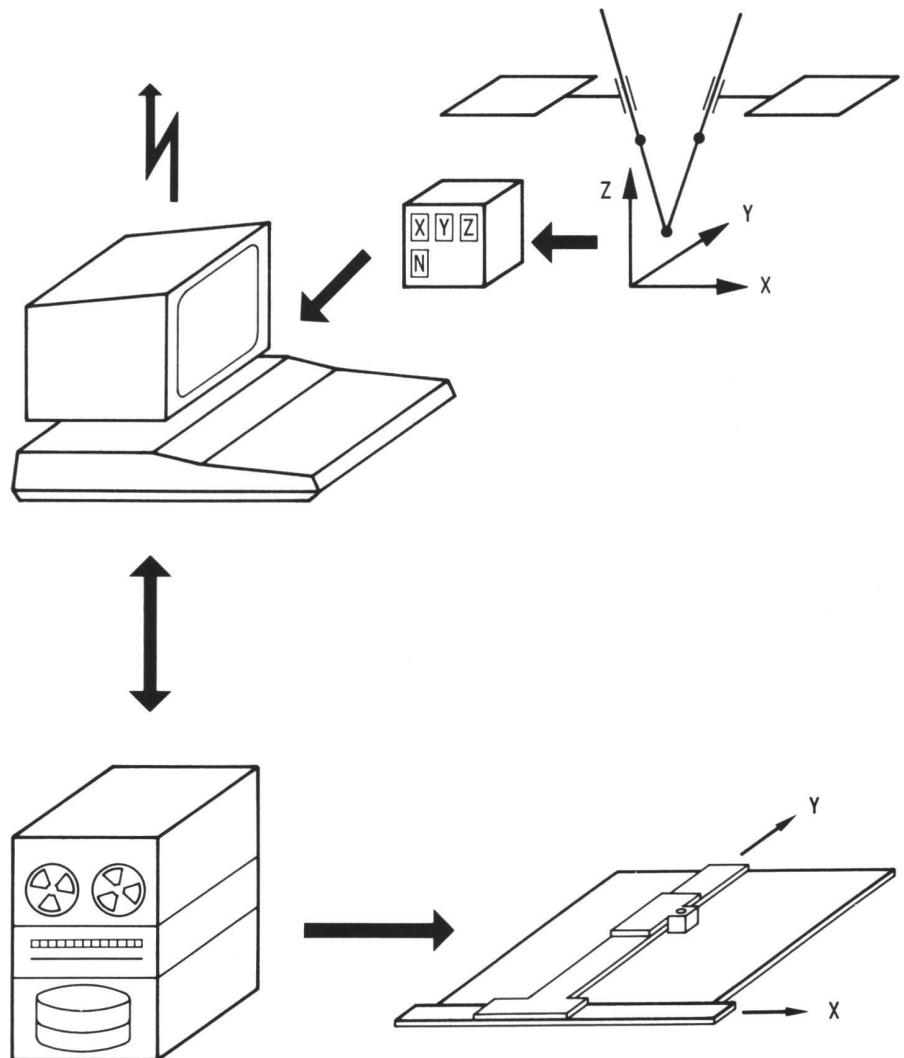


Fig. 5 Schéma d'une station de travail interactive pour la liaison d'un restituteur photogrammétrique avec un système digital d'information du territoire. La calculatrice avec écran graphique est directement connectée à un stéréorestituteur. L'information peut être transmise à une table à dessin de haute précision commandée par un mini-ordinateur.

de manière graphique sur des plaques à graver. Il est intéressant de remarquer que la Suisse est probablement le seul pays du monde assurant une mise à jour de l'ensemble de ses cartes topographiques au 1:25 000 dans un cycle aussi court que six ans; ces travaux sont effectués à l'Office fédéral de topographie.

Un nombre important d'entreprises privées, en Suisse, disposent aussi de restituteurs photogrammétriques. Leurs activités principales sont la restitution topographique à grande échelle, ainsi que la mensuration cadastrale. Plusieurs de ces bureaux se sont également engagés dans des travaux à l'étranger.

Les restitutions aux moyennes et petites échelles par des méthodes digitales restent encore problématiques en raison de la densité d'information. Ces méthodes sont cependant tout à fait usuelles pour la cartographie aux grandes échelles. Plusieurs institutions ont commencé relativement tôt à développer elles-mêmes de tels procédés ainsi que le logiciel correspondant. Les grands constructeurs d'instruments, comme les Maisons Kern et Wild, offrent actuellement des systèmes complets pour la restitution digitale et la manipulation de ces données.

Le fichier de lignes décrit plus haut, ainsi que les expériences sur la coordination de l'information d'une banque de données avec celle d'une photographie aérienne, forment la base du processus de restitution digitale développé à l'Institut de photogrammétrie. Le logiciel est implanté sur une calculatrice de table munie d'un écran graphique, le tout en liaison directe avec un stéréoréstituteur et un système d'enregistrement automatique (Wild A10 avec EK22 et Kern PG2 avec ER2; cf. Fig. 4 et 5). Dans ce cas, la restitution elle-même s'effectue par le procédé classique. Les coordonnées sont enregistrées et, simultanément, affichées sur l'écran graphique. La mise au net de la carte est réalisée sur une table à dessin automatique, indépendamment de la restitution. Un tel procédé facilite grandement l'édition et la correction des données. Le logiciel ainsi développé permet à l'opérateur de corriger et d'éditer ces données pendant la restitution déjà ou au cours d'une phase de travail indépendante.

Dans un tel processus, le temps nécessaire pour l'affichage d'un dessin sur un écran graphique peut varier de quelques secondes à quelques minutes, selon le nombre de points. Cela représente un certain handicap, particulièrement évident si l'on doit travailler avec des sections de dessins agrandies. D'autre part, les deux supports d'information – écran et photographies aé-

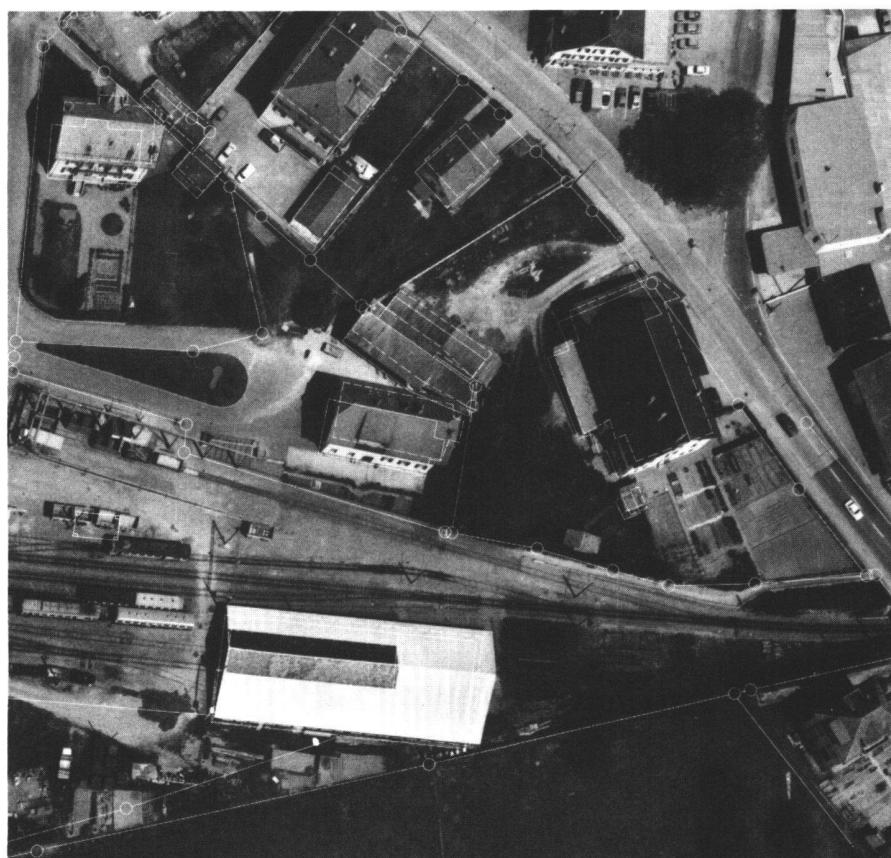


Fig. 6 Superposition d'un plan cadastral avec une photographie aérienne récente. Le plan est rigoureusement adapté à la géométrie de la photo et les déviations sont uniquement dues à des déformations du plan. Les bâtiments sont dessinés au niveau du sol (trait continu) et au niveau de leur toiture (traitillé). Photo reproduite avec l'autorisation de la Direction fédérale des mensurations cadastrales.

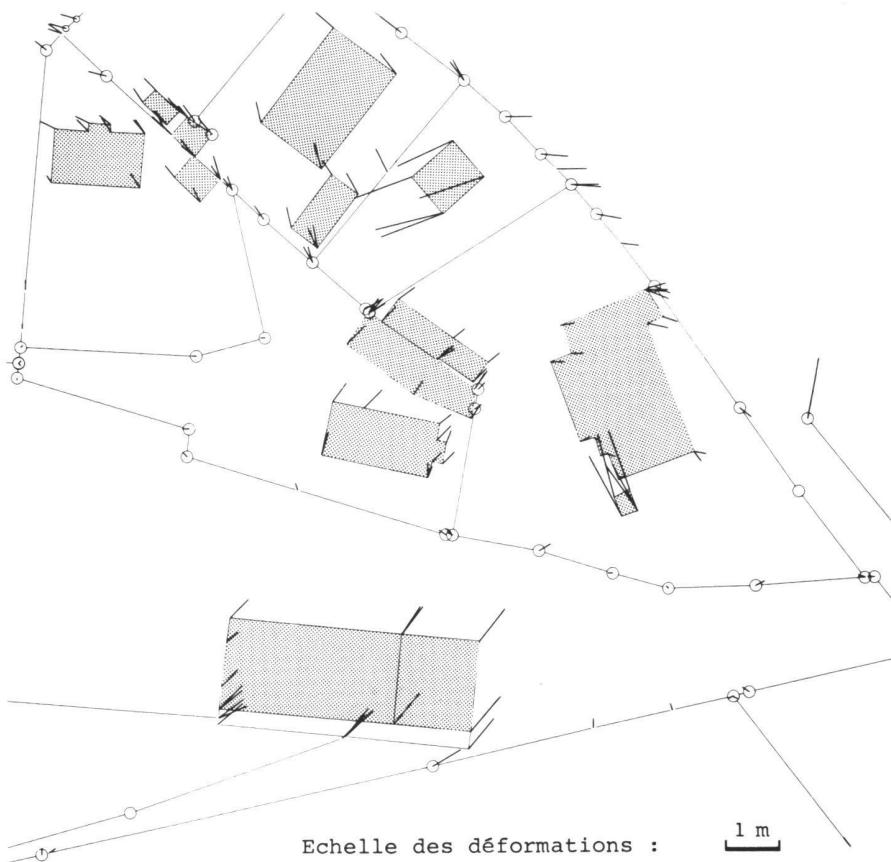


Fig. 7 Diagramme de vecteurs montrant les déviations entre le plan cadastral et la photographie aérienne.

riennes – sont séparés l'un de l'autre; l'opérateur n'a donc pas la possibilité de les observer simultanément. En principe, une solution pourrait être trouvée en ayant recours à un écran dynamique dont l'image serait superposée au modèle optique dans le stéréorestituteur. Les travaux actuellement en cours n'ont permis qu'une solution partielle de ces problèmes. Techniquelement, il est plus simple d'effectuer une telle superposition par un report intermédiaire, comme déjà indiqué. Pour cela, il suffit de redessiner la carte sur une table à dessin automatique, après une déformation projective selon la géométrie des prises de vues. Ce report peut alors être introduit dans le stéréorestituteur, de pair avec les photographies aériennes. Actuellement, ce principe est surtout utilisé pour élaborer une méthode de rénovation du cadastre. Ce travail trouverait en particulier de nombreuses applications en Suisse romande.

### 3.2 Rénovation du cadastre

Une grande partie des plans cadastraux du canton de Vaud datent du milieu du siècle passé et ont été levés à la planchette cadastrale à l'échelle 1:1000 et 1:500. La précision de ces plans était relativement élevée; la mise à jour cependant a présenté des difficultés considérables, étant donné que ni réseau de points d'ajustage, ni réseau de coordonnées, n'y figuraient. Il n'est donc pas surprenant que des erreurs aient été reportées sur ces plans, entraînant à la longue d'importantes déformations. De telles déformations peuvent être détectées facilement à l'aide d'une superposition de ces plans et des photographies aériennes, ce qui permet de procéder ensuite à leur correction. La figure 6 montre une section de photographie aérienne avec plan cadastral superposé. Les corrections proprement dites sont effectuées par des transformations par zone; pour ces transformations, on utilise comme points de référence des bornes signalisées ou d'autres points bien déterminés. La figure 7 donne un aperçu des valeurs des corrections pour la rectification de ce plan. Il est évident qu'une telle rénovation détaillée du cadastre est difficile à réaliser par d'autres méthodes. Ainsi, une mensuration terrestre correspondante équivaudrait plus ou moins à une nouvelle mensuration.

### 3.3 Relevé de l'utilisation du sol

Un report projectivement déformé et utilisé comme référence géométrique permet de réaliser des restitutions métriques sans même avoir recours à un stéréorestituteur. Cette méthode présente des avantages particuliers lors

d'un relevé de l'utilisation du sol par échantillonnage (cf. Fig. 8). Actuellement, deux relevés de l'utilisation du sol basés sur cette méthode sont en préparation en Suisse: il s'agit d'un renouvellement de la statistique de la superficie de la Suisse et de l'élaboration d'un inventaire forestier national. Ces inventaires devraient fournir un aperçu de l'utilisation actuelle du sol et,

nombre de classes d'utilisation du sol indiqué sur une carte est très limité. La mensuration cadastrale, dont le rôle principal est la garantie de la propriété, n'est achevée que pour les deux tiers du territoire suisse et sa mise à jour n'est que très partielle en ce qui concerne les indications sur l'utilisation du sol. Afin d'engendrer sur les photographies aériennes un réseau de points d'échan-

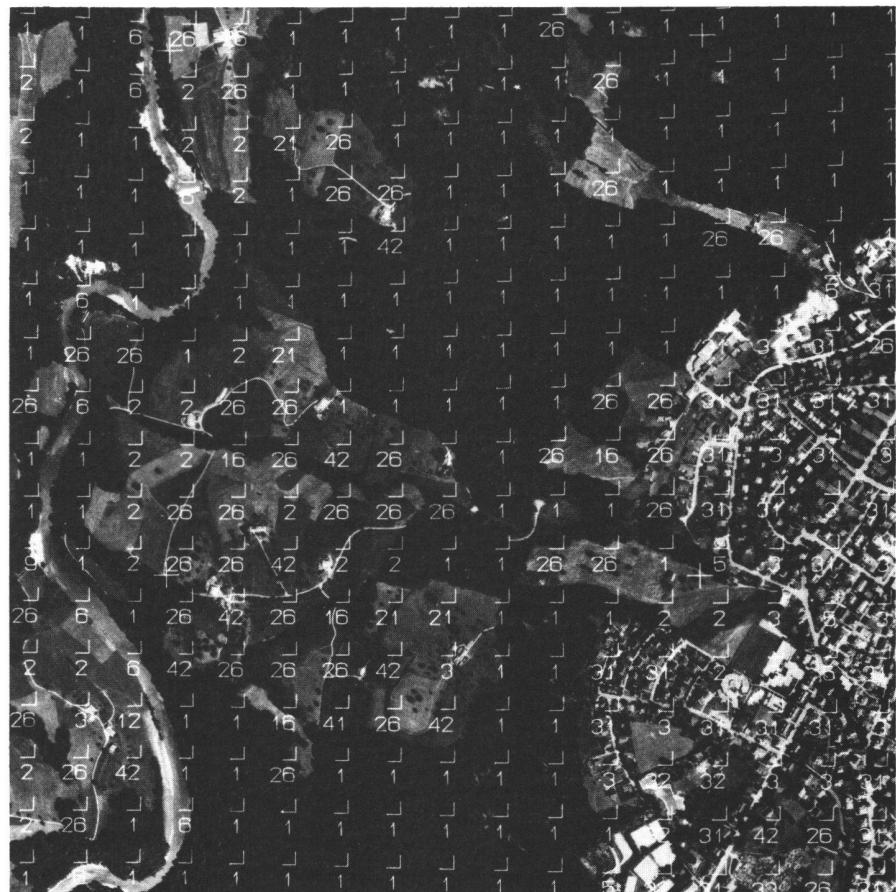


Fig. 8 Photographie aérienne avec superposition d'un réseau d'échantillons pour un relevé de l'utilisation du sol. Pour une meilleure illustration, les résultats de l'interprétation y ont été inscrits (1: forêt, 2: champ ou pré, 3: habitation, etc.). Photo reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie.

à plus longue échéance, montrer les changements et l'évolution dans l'utilisation du sol. De tels inventaires sont surtout nécessaires comme instrument de planification politique aux niveaux national et régional. L'information elle-même est présentée essentiellement sous forme de tableaux et de graphiques.

Une certaine partie de l'information pourrait sans doute être aussi tirée des cartes et plans existants. Toutefois, les cartes topographiques montrent déjà une généralisation assez importante et des indications sur les surfaces seraient systématiquement faussées. De plus, le

tillon pour le relevé de l'utilisation du sol, il est nécessaire, comme pour la rénovation du cadastre, d'adapter ce réseau à la géométrie des photographies. Il faut aussi prendre en considération les éléments d'orientation des photographies et les altitudes-terrain de tous les points de l'échantillon. Pour les travaux mentionnés, les éléments d'orientation des photographies aériennes sont calculés à partir des points d'ajustage relevés des cartes topographiques et les altitudes sont extraites d'un modèle digital du terrain.

Après le dessin automatique du réseau transformé, l'interprétation des photo-

graphies s'effectue visuellement sous un stéréoscope. Le relevé de l'utilisation du sol est prévu en des points discrets, définis par le point d'intersection des deux traits de l'angle reporté sur le film. Le résultat est d'abord inscrit sur le film d'interprétation, puis enregistré et intégré dans une banque de données. La mise à jour des données peut se faire de manière analogique, comme le

#### 4. Conclusions

Les photographies aériennes peuvent fournir des données très diversifiées se rapportant à un système d'information du territoire. Dans ce contexte, il faut insister sur les possibilités d'établir une liaison favorable entre les photographies aériennes et le système d'information. Ici, la présentation s'est limitée aux problèmes de restitution et d'inter-

En pratique, de telles archives photographiques existent déjà. C'est sans doute l'Office fédéral de topographie qui dispose des plus importantes archives dans ce domaine. Depuis 1960, cet office effectue des vols périodiques couvrant toute la surface du pays en l'espace de six ans. Les plus importantes entreprises privées de photogrammétrie comme, par exemple, Swissair Photo + Vermessungen AG possèdent aussi des archives considérables. Il est également intéressant de relever les efforts entrepris par différents cantons ou agglomérations (Lausanne, notamment, ainsi que Bâle-Ville ou Zurich) qui ont effectué des vols à grandes échelles sur leur territoire dans le but de collecter, entre autres, des informations sur les populations d'arbres et d'analyser leur état de santé. De ce point de vue, il semble nécessaire lors de la conception même d'un système d'information du territoire d'y inclure les méthodes qu'offre la photogrammétrie.

Il va sans dire que cette matière est loin d'avoir été traitée ici de manière exhaustive. L'accent principal a été mis sur le transfert d'informations métriques sur les prises de vues aériennes. L'opération inverse qui consiste à travailler sur la base d'orthophotos a trouvé dans la pratique un vaste domaine d'application; cependant, il a été jugé important de souligner plus particulièrement l'inversion de ce problème, de façon à présenter ainsi l'un des projets de recherche de l'Institut de photogrammétrie. Il ne s'agit d'ailleurs pas d'un travail concernant l'Institut seul, ni une personne particulière. Grâce à une fructueuse collaboration à l'intérieur du Département de génie rural et géomètre et au concours des différents offices fédéraux et cantonaux, il a été possible de définir ces projets de recherche et de les réaliser au moins partiellement pour l'instant. Je tiens également à remercier ici mon prédécesseur, M. le Professeur honoraire W.K. Bachmann, qui dans des conditions assez difficiles a su installer un institut bien équipé et réunir autour de lui un staff d'excellents collaborateurs.

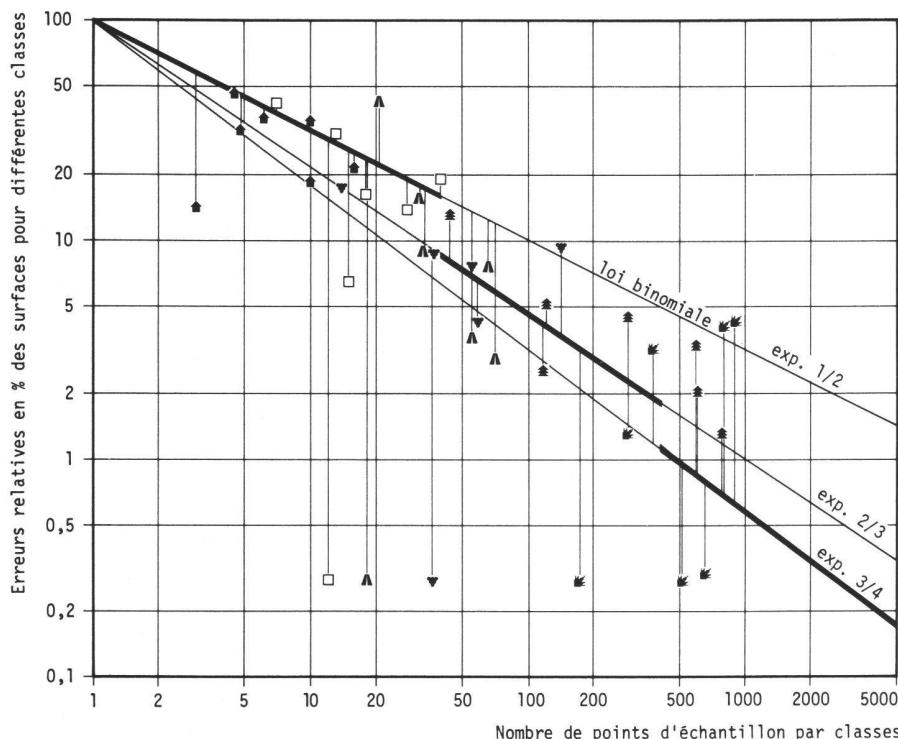


Fig. 9 Comparaison de l'erreur d'un échantillonnage estimée selon les lois de la statistique avec les résultats d'expériences pratiques dans 7 communes différentes (■ bâtiments, ▲ routes, ■ forêts, etc.).

lever initial. Dans ce cas, il n'est plus nécessaire d'interpréter à nouveau chaque point d'échantillon; il est préférable d'inscrire le résultat de l'interprétation précédente sur le nouveau film d'interprétation et de n'analyser que les changements.

La précision d'un échantillonnage peut être estimée de manière relativement sûre d'après les lois de la statistique (cf. Fig. 9). La précision elle-même est largement fonction de la densité des échantillons. Pour un relevé de l'utilisation du sol, une maille de 100 mètres devrait amplement suffire pour une analyse au niveau régional, ce qui impliquerait que la plus petite unité traitée serait la commune. Pour l'inventaire forestier national, une maille beaucoup plus large est prévue et l'unité la plus petite serait le canton ou la région.

Préparation visuelle des photographies aériennes. Il est possible aujourd'hui de digitaliser les tons gris d'une photo et de les intégrer dans leur entier dans une banque de données, ce qui pourrait être particulièrement utile pour certaines applications spécifiques. Cependant, si le stockage de ces données s'effectue tel quel, sans aucun compactage, le support informatique (bande magnétique, disque) occupera physiquement déjà davantage de place que le film photographique original. Il est par conséquent plus utile, dans la plupart des cas, de considérer les archives de photographies aériennes comme complément du système d'information du territoire et de mettre à disposition de l'utilisateur les moyens appropriés à l'emploi optimal de ces deux systèmes d'information.

Adresse de l'auteur:  
Otto Kölbl, Prof. Dr.-Ing.,  
Institut de Photogrammétrie EPFL,  
Av. de Cour 33, CH-1007 Lausanne.

**Bitte Manuskripte im  
Doppel einsenden**