

La Photogrammétrie et son application en Suisse

Autor(en): **Kuhn, F.-R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Habitation : revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat**

Band (Jahr): **11 (1938)**

Heft 3

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-120737>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La Photogrammétrie et son application en Suisse



Fig. 1. — Photographie originale.



Fig. 2. — Photographie redressée et agrandie à l'échelle 1 : 10,000. Cette photographie se retrouve dans la partie gauche, en haut de la figure 3.

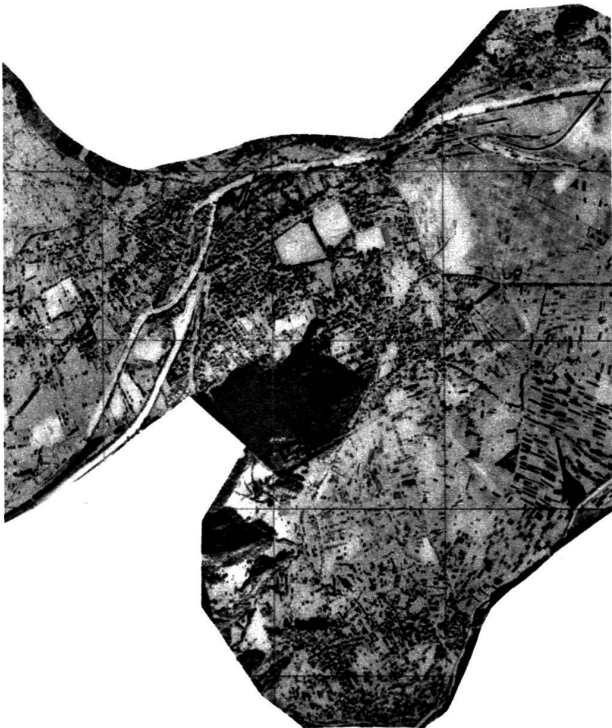


Fig. 3. — Assemblage de photographies redressées. Echelle 1 : 10,000.

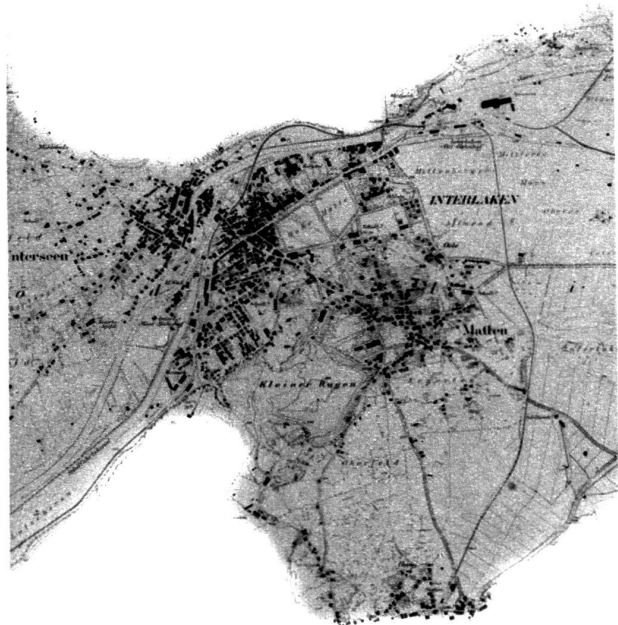


Fig. 4. — La situation est passée à l'encre. Le plan est complété par le levé de cotes et courbes de niveau. La couche photographique est enlevée. Les écritures sont ajoutées lors de l'impression. Echelle 1 : 10,000.

Il n'est pas d'architecte ou d'ingénieur qui puisse se passer des travaux du géomètre, car c'est ce dernier qui établit les plans de base sur lesquels se font ensuite les études. A ce titre, les méthodes modernes de levé du terrain doivent intéresser de nombreux lecteurs et nous avons le plaisir de donner ci-après un exposé que M. F.-R. Kuhn, ingénieur, a bien voulu rédiger pour notre revue. Il est plus facile de traiter un tel sujet pour des gens du métier que pour le profane, aussi remercions-nous notre collaborateur de l'effort qu'il a fait pour tâcher de mettre à notre portée quelques notions sur les nouvelles méthodes de photogrammétrie dans lesquelles il s'est spécialisé.

La Rédaction.

La photogrammétrie et son application en Suisse.

La photogrammétrie est une méthode de mensuration, qui se sert de la photographie pour l'établissement de plans. En 1890 déjà, pour la construction du Chemin de fer de la Jungfrau, on avait réussi à établir les plans exacts de parties rocheuses inaccessibles, avec un procédé encore bien rudimentaire. Aujourd'hui, il est possible de dresser des plans topographiques de vastes régions inconnues ou d'accès difficiles, avec une facilité et une exactitude étonnantes, grâce à l'emploi d'instruments de haute précision et au développement de l'aviation.

La photogrammétrie s'applique surtout à l'établissement de cartes topographiques et géographiques, des plans du cadas-

tre, de plans techniques qui servent de base à des projets de routes, de chemins de fer, de travaux hydro-électriques, etc. Mais la photogrammétrie trouve aussi son application dans le domaine de la géologie, de l'exploration, de l'hydrographie, de la météorologie, de la balistique, de la médecine, de la criminalistique, des recherches scientifiques, etc. Trop peu connus sont les services que la photogrammétrie pourrait également rendre à l'architecte. L'Exposition nationale de 1939, à Zurich, donnera certainement aux visiteurs l'occasion de prendre contact avec cette branche d'activité de nos ingénieurs et de suivre spécialement toutes les phases d'établissement de la nouvelle carte de la Suisse, y compris l'application de la photogrammétrie. Depuis la publication de la carte Dufour, 1:100,000, la Suisse se place au premier rang dans ce domaine. Plus tard, le Service topographique fédéral a publié l'Atlas Siegfried, à l'échelle 1:25,000 et 1:50,000, en appliquant toujours les méthodes permettant d'atteindre des précisions plus grandes, ce qui nous amène aujourd'hui à un renouvellement complet des cartes topographiques de notre pays. Ces cartes sont à vrai dire un bien national, dont nous sommes fiers.

Les explications qui suivent permettront, j'espère, aux profanes de se faire une idée de ce qu'est la photogrammétrie, et donneront aussi une idée de la valeur et de l'importance de ses diverses applications: Il faut d'abord distinguer la **photogrammétrie à une image** de la **stéréophotogrammétrie** pour comprendre la supériorité de cette dernière.

I. La photogrammétrie à une image.

Les prises de vues aériennes (fig. 1) sont utilisées :

a) A l'établissement de plans photographiques par simple assemblage des photographies (fig. 3). La hauteur du vol de l'avion n'étant pas constante et l'horizontalité des plaques photographiques problématique, il est nécessaire de « redresser » les photographies en même temps qu'on les agrandit ou réduit à l'échelle désirée. Cette transformation se fait à l'aide de l'appareil de redressement, dans lequel le cliché est projeté sur une table mobile, où se trouve le papier à dessin qui fait écran. Au moins quatre points identifiables sur la photographie et connus ou déterminés en outre par trigonométrie sur le terrain sont reportés sur cette feuille de papier. Le redressement est accompli lorsque les points ainsi reportés se confondent avec les points correspondants du cliché projeté. En remplaçant le papier à dessin par un papier photographique, en exposant ce dernier à la projection et en développant, on obtient la photographie redressée (fig. 2).

b) A l'établissement de cartes, en passant à l'encre tous les objets identifiés sur le terrain et que l'on veut faire figurer sur un plan dessiné (fig. 4).

Un procédé chimique fait ensuite disparaître la photographie, tout en respectant le dessin à l'encre. Le plan de situation ainsi obtenu à l'aide de la photographie peut être complété ensuite par le levé de cotes et courbes de niveau, etc., sur le terrain. La photogrammétrie à une image ne peut pas

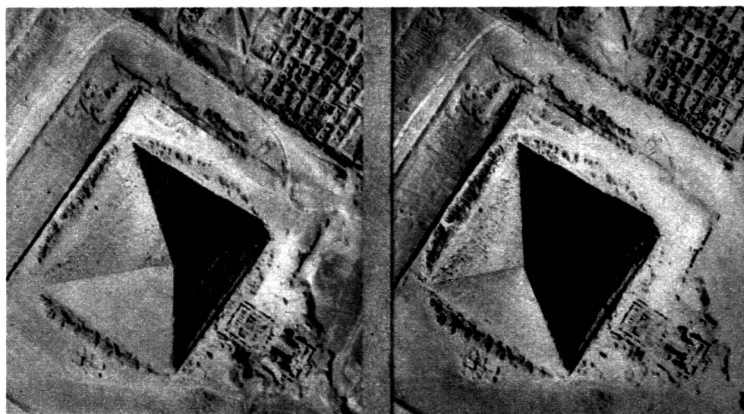


Fig. 5. — Une paire de vues aériennes d'une pyramide d'Egypte. La différence des deux vues du même objet est frappante lorsqu'on compare les projections des arêtes; elle est presque imperceptible pour les détails et les ondulations du terrain. Vues dans le stéréoscope ou dans l'appareil de restitution, les deux images se réunissent en une image en relief, impressionnante aussi en ce qui concerne les environs de la pyramide. (En mettant une feuille de papier d'une longueur de 30 cm. environ entre vos yeux et la séparation des photographies, vous obtenez, après quelque exercice, le relief par superposition des deux images.)

(Reproduction autorisée par la Fabrique d'instruments géodésiques, Wild A. G. Heerbrugg.)

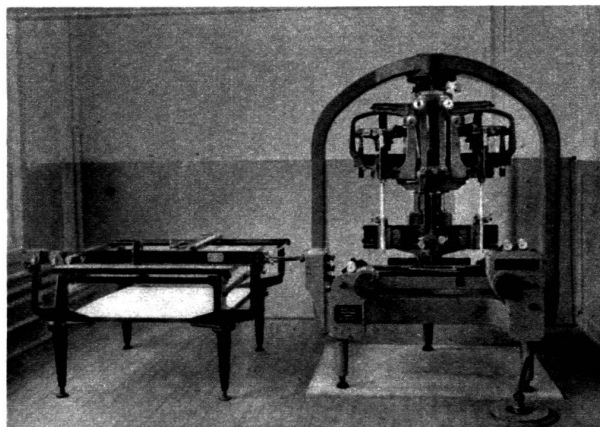


Fig. 6. — Le nouveau aérostéréoautographe Wild, A. G. Heerbrugg.

fournir la topographie — le nivellement — du terrain, mais seulement un plan de situation; aussi n'est-elle applicable qu'à des régions absolument plates, car les dénivellations provoquent forcément des déformations locales de la situation. Cette méthode est appliquée avantageusement à la mise à jour périodique de cartes établies avec d'autres procédés plus exacts, mais plus coûteux. Les nouvelles routes, bâtiments, etc., peuvent être ainsi facilement reportés sur ces cartes.

II. La photogrammétrie à deux images.

Ce procédé détermine les dimensions et la position d'un objet (d'une région), c'est-à-dire ses projections horizontales et verticales, à l'aide de deux prises de vues différentes. Son but principal consiste à permettre l'établissement d'un modèle géométriquement semblable à l'objet. Ainsi, par exemple, une carte contenant des courbes de niveau nous permet de construire un modèle du terrain en découpant dans

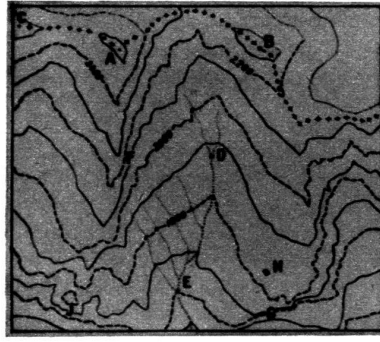
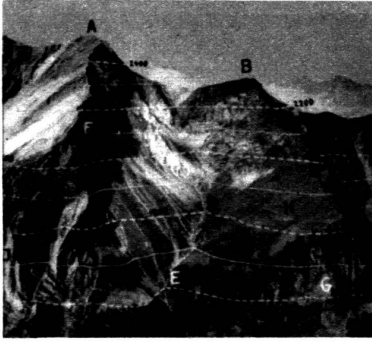


Fig. 7. — A gauche : Dans le stéréoautographe, on voit la région photographiée en relief. Les points A, B, etc., sont des repères. Le chemin que fait la marque pour la restitution des courbes de niveau est indiqué en traits blancs et pointillés. On saisit que chaque partie ou point d'une courbe sont rendus avec une précision égale, et on comprend la facilité avec laquelle il est possible de restituer des courbes intermédiaires et tous les détails visibles sur le relief.

A droite : Le plan avec les repères reportés d'avance à l'aide des coordonnées connues, et les courbes de niveau dessinées automatiquement.

du carton des plaques correspondant à chacune des courbes, et en collant ces pièces les unes sur les autres, conformément aux données de la carte.

La **stéréophotogrammétrie** exploite le simple fait que nos deux yeux nous permettent de voir les objets en relief (fig. 5). Avec 65 mm. de base (distance entre nos yeux) nous pouvons apercevoir des différences d'éloignement à des distances qui sont dix mille fois plus grandes. Ce phénomène stéréoscopique est renforcé artificiellement par l'agrandissement de la base et par l'emploi de longues-vues et microscopes. Depuis 1909, les mesurages sur les photographies et les calculs sont remplacés par une restitution optique-mécanique à l'aide du stéréoautographe (fig. 6). Cet appareil de haute précision donne une solution ingénieuse des équations déterminant la position d'un point dans l'espace, en se basant sur deux clichés photographiques.

Les plaques sont placées dans l'appareil de manière



Fig. 8. — Levé topographique à la planchette en haute montagne. Les points caractéristiques et accessibles du terrain sont levés par mesurages optiques. D'autres points sont déterminés par intersections, en les visant de deux stations. Les courbes de niveau sont rarement suivies, mais simplement interpolées. Le dessin des formes des courbes et des détails de rochers par exemple est complété à vue d'œil. C'est un travail long et souvent pénible. La précision est forcément limitée et dépend des conditions locales.



Fig. 9. — Une station photogrammétrique terrestre. Le photothéodolite est en place sur une extrémité d'une base d'environ 300 m. par exemple, exactement mesurée. Les directions des photographies prises sont orientées par rapport à la base et par rapport à l'horizon. La région à lever est ensuite photographiée de l'autre extrémité de la base.

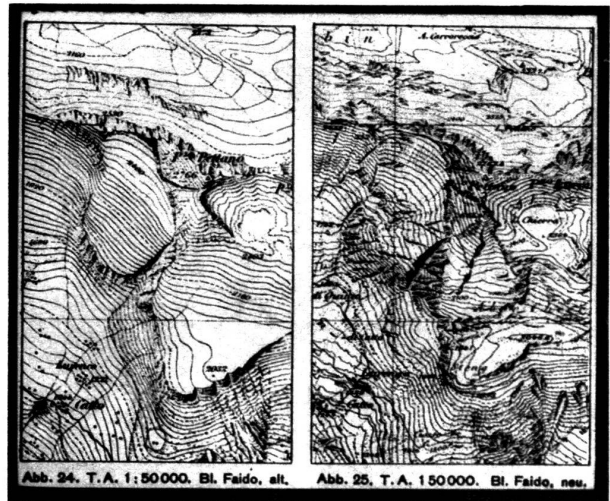


Fig. 10. — Carte topographique de haute montagne. Comparaison entre un ancien levé à la planchette et le levé photogrammétrique récent de la même région. A gauche : L'ancien levé à la planchette est de précision très restreinte, mais il a suffi à son but, c'est de servir de base à l'établissement de la carte Dufour 1 : 100,000. A droite : Le levé photogrammétrique est plus juste et plus complet. Les courbes de niveau et tous les détails sont rendus avec l'exactitude qui correspond à la précision de mise au point des clichés à l'aide des repères.

(Reproductions autorisées par le Service topographique fédéral.)

qu'elles aient la même position qu'au moment de la prise de vue. En regardant dans les oculaires de l'autographe, après ajustage, nous avons la région photographiée en relief devant nos yeux. C'est un relief optique. On constate, en outre, une marque, mobile à volonté, que l'on peut situer par rapport au relief. Au moyen d'un mécanisme, il est possible de diriger cette marque sur n'importe quel point du relief, par exemple le long d'un bord de chemin. Le relief doit être orienté dans l'espace par rapport à un plan horizontal, représenté par la table à dessin. Une pointe en acier ou un crayon fixé à un système de chariots voyage sur cette table et chaque mouvement de la marque sur le relief est transmis à cette pointe. Sur la table à dessin est préparée la feuille du plan à établir, sur laquelle sont déjà reportés à l'échelle voulue des points déterminés trigonométriquement en situation et en altitude. Ces points de repère et d'ajustage sont signalés sur le terrain avant la prise des vues, afin de pouvoir être reconnus sur les photographies. La mise au point est exacte lorsque, en faisant voyager la marque sur au moins trois points de repère du relief, la pointe à dessin pique exactement les points correspondants reportés sur la feuille et lorsque les altitudes de ces points correspondent aux altitudes données par l'appareil. Le travail de restitution peut commencer. Chaque point ou ligne situés entre les points de repère seront dessinés et cotés avec la même exactitude que les repères eux-mêmes. Le plan fournira tous les détails identifiables sur le relief. Les courbes de niveau sont obtenues en maintenant l'altitude de la marque et en faisant voyager celle-ci dans un plan horizontal sur la surface du relief, tandis que, sur la table, la pointe dessine automatiquement le chemin que fait la marque, soit une courbe de niveau. La stéréophotogrammétrie aérienne se distingue de la stéréophotogrammétrie terrestre uniquement par la différence

de prise de vues et par la différence de mise au point. Les stations terrestres sont déterminées par mesurages directs sur le terrain et l'orientation des clichés est par ce fait donnée et connue. Nous connaissons, par contre, seulement très approximativement les endroits de prise de vues par avions. Cependant, le problème du relèvement d'un double point dans l'espace (une équation avec douze inconnues) trouve une solution élégante par voie optique-mécanique avec l'aérostéréoautographe, en orientant les clichés dans l'appareil sur la base de points de repère bien identifiables. On comprend maintenant plus facilement pourquoi les cartes topographiques levées avec cette méthode sont absolument exactes ; d'une exactitude qui correspond en tout cas aux résultats obtenus par le pointage des repères. La Direction fédérale des mensurations admet, sans réserve, l'application de cette méthode à l'établissement du cadastre juridique à l'échelle 1 : 5000 et 1 : 10,000 des régions montagneuses, où le terrain a relativement peu de valeur, où il est composé de grandes parcelles et où les conditions topographiques font obstacle aux mesurages sur le sol. Les coûts sont en outre de 50 % inférieurs par rapport au levé usuel à la planchette. Des essais ont démontré que l'on pourra aboutir à des solutions aussi satisfaisantes pour la zone de l'échelle 1 : 1000.

L'application de la stéréophotogrammétrie aérienne est plus économique, surtout pour des grandes entreprises d'au moins 20 km². D'autre part, elle est plus sûre et plus complète en ce qui concerne la restitution de la situation, tandis que la prise de vue terrestre est généralement plus exacte en ce qui concerne les altitudes. Bien des petits levés, dans le domaine du génie civil et de l'architecture, etc., ne peuvent être exécutés que par l'application de la photogrammétrie terrestre. Bien entendu, les méthodes classiques de levé

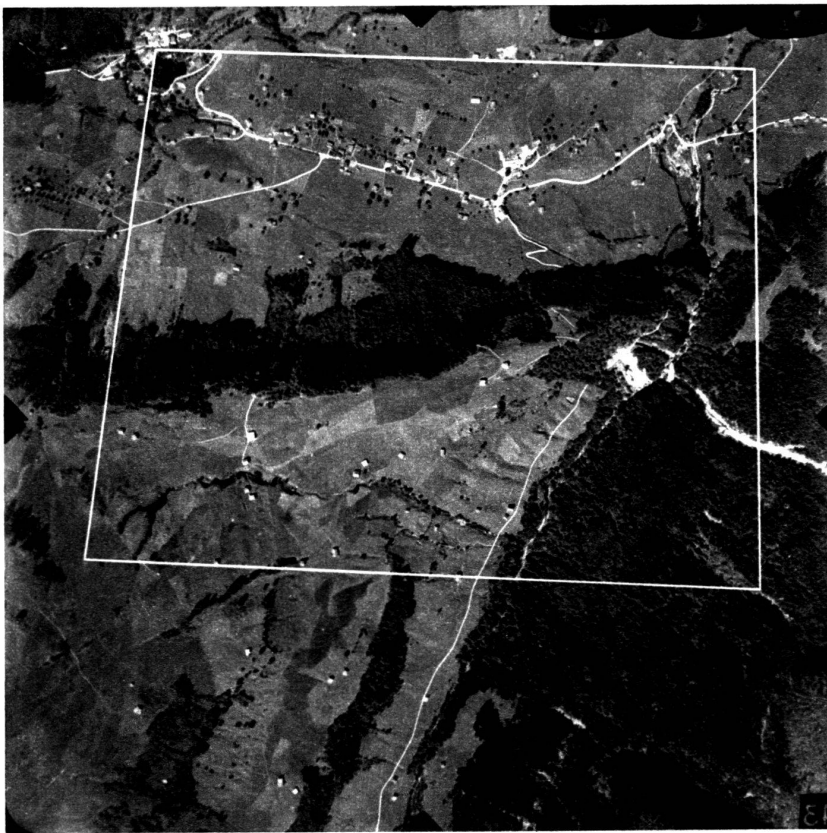


Fig. 11. — Une photographie aérienne (prise de vue verticale) de la région d'Emmetten, Nidwald. Une seconde photographie a été prise après un vol de quelque 500 m. plus loin, obliquement dirigée vers la même région. Cette paire de vues a permis d'établir le plan topographique de la partie encadrée.

Fig. 12. — Ce plan d'ensemble ou plan topographique 1 : 10,000 d'Emmetten a été établi avec la méthode aérostéréophotogrammétrie. Tandis que les courbes de niveau sont très détaillées dans leurs formes sur le terrain découvert, leur restitution est moins sûre, au moins en partie, dans les régions boisées.

(Reproductions autorisées par la Direction des mensurations cadastrales fédérales.)

de plans ne sont pas abandonnées, mais il faut reconnaître que la photogrammétrie a acquis une place équivalente à côté de celles-ci. Les exigences techniques aussi bien que les conditions économiques sont déterminantes pour l'application de l'une ou de l'autre des méthodes, ou d'une combinaison entre elles.

En ce qui concerne **l'application de la stéréophotogrammétrie dans l'architecture**, l'exemple du Lion de Lucerne, de Thorwalden, illustre de façon frappante ce qu'elle permet d'accomplir dans ce domaine. Ce monument remarquable se désagrège. Pour pouvoir faire une reconstruction ultérieure, le Bureau de photogrammétrie Leupin et Schwank, à Berne, a été chargé d'établir stéréophotographiquement un plan à l'échelle 1 : 40, avec des courbes de niveau de 5 cm. d'équidistance. Un modèle exact pourra être exécuté en tous temps jusque dans les moindres détails. Cette méthode a fourni un résultat sûr, très exact et d'un coût vingt fois inférieur à celui de l'offre d'un sculpteur.

Un autre exemple, plus récent, est le levé stéréophotogramétrique de l'ancien Corps de garde, à Berne, par l'Institut de photogrammétrie, Dr Helbling et Zurbuchen, à Berne, avec le but de pouvoir conserver ce bâtiment remarquable, même en le déplaçant à un endroit où il ne serait plus un obstacle à la circulation. M. Zurbuchen fait quelques propositions au sujet du travail de restitution. D'abord l'architecte peut indiquer sur un agrandissement photographique toutes les lignes à restituer par le photogrammètre. Il est très avantageux aussi que l'architecte manie lui-même la table à dessin. Il est possible de restituer tout ce qu'on voit sur les photographies en sections horizontales et verticales et avec l'exactitude désirée. Un relevé à l'aide d'échafaudages et avec une exactitude égale serait quatre à cinq fois plus coûteux.

La Cathédrale de Constance est un édifice entièrement relevé

avec la méthode stéréophotogramétrique. On a estimé à 90 % l'économie faite par rapport à la méthode de détermination par points, essentiellement employée jusqu'alors. Il va de soi que l'application de la stéréophotogrammétrie au besoin de l'architecture n'est pas toujours facile. Mais les cas sont certainement rares où une solution économique, rapide et sûre ne pourrait pas être trouvée. Les plaques photographiques peuvent être conservées en outre très longtemps et permettent encore plus tard de compléter des plans.

Pour terminer, nous ne voulons pas oublier que notre industrie nationale de **fabrication d'instruments de haute précision** a largement contribué au développement de la photogrammétrie. Les Fabriques Wild, à Heerbrugg, ont construit et perfectionné des appareils de prises de vues terrestres et aériennes, et des appareils de restitution, depuis 1920. Le Service topographique fédéral, l'Institut photogramétrique de l'Ecole polytechnique fédérale et plusieurs bureaux privés de géomètres travaillent essentiellement avec les instruments photogramétriques Wild.

Lorsqu'on a l'occasion de voir fonctionner tous ces instruments perfectionnés et souvent imposants, on est étonné du progrès réalisé dans le domaine de la topographie par sa mécanisation si développée. On a réduit au minimum le travail de levé sur place, toujours coûteux, souvent pénible et parfois impossible. La stéréophotogrammétrie permet d'exécuter au bureau la plus grande partie du travail d'établissement d'un plan ou d'une carte topographique, après une campagne relativement très courte. Si les conditions sont normales et propices (par exemple peu de végétation), les résultats de cette méthode sont toujours satisfaisants, aussi bien au point de vue de la précision qu'au point de vue économique.

F.-R. KUHN.

