

FACULTE  
D'ARCHITECTURE  
DE  
L'UNIVERSITE DE ROME

CENTRE INTERNATIONAL D'ETUDES  
POUR LA CONSERVATION  
ET LA RESTAURATION  
DES BIENS CULTURELS

HANS FORBÄNGER

# LA PHOTOGRAMMETRIE AU SERVICE DES CONSERVATEURS







*Dans la même collection:*

GIOVANNI MASSARI: L'umidità nei monumenti, 1969.

GIOVANNI MASSARI: Humidity in Monuments, 1971.

GIORGIO BOAGA: Introduzione al rilievo fotogrammetrico dei monumenti, 1970.

PIETRO GAZZOLA: The Past in the Future, 1970.

HANS FORAMITTI: La photogrammétrie au service des conservateurs, 1970.

FRANÇOIS SORLIN: Principes et méthodes de sauvegarde et de formation du patrimoine culturel immobilier, 1970.

EDGAR SCHULTZE: Techniques de conservation et de restauration des monuments - Terrains et fondations, 1970.

MARC MAMILLAN: Pathology of Building Materials, 1970.

GUGLIELMO DE ANGELIS D'OSSAT: Guide in the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration - Guida allo studio metodico dei monumenti e delle loro cause di deterioramento.

T. STAMBOLOV - J.R.J. VAN ASPEREN DE BOER: The Deterioration and Conservation of Porous Building Materials in Monuments.

HANS FORAMITTI: Mesures de sécurité et d'urgence pour la protection des biens culturels.

*A paraître:*

MAURICE CARBONNELL: Application de la photogrammétrie à l'étude et à la conservation des centres historiques - Notes sur la formation d'un service de photogrammétrie architecturale dans un pays en voie de développement.

FACULTE  
D'ARCHITECTURE  
DE  
L'UNIVERSITE DE ROME

CENTRE INTERNATIONAL D'ETUDES  
POUR LA CONSERVATION  
ET LA RESTAURATION  
DES BIENS CULTURELS

HANS FORAMITTI

# **LA PHOTOGRAMMETRIE AU SERVICE DES CONSERVATEURS**

**Deuxième édition**

**La première édition  
est parue en 1970**

**TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI**

**Stampato presso il laboratorio tipo-litografico della  
DAPCO s.r.l.  
Via Dandolo, 8 - 00153 ROMA**

## LA PHOTOGRAMMETRIE AU SERVICES DES CONSERVATEURS

### I. - Avantages de la photogrammétrie

Les cours généraux sur la photogrammétrie, au Centre international de Rome pour la conservation et la restauration, répondent au voeu émis par le Colloque sur l'étude de la photogrammétrie appliquée aux Monuments Historiques (4-6 juillet 1968), d'après lequel toute personne appelée à oeuvrer pour la sauvegarde du patrimoine culturel devrait être initiée à cette technique.

En effet, aucune mesure pratique ne saurait être prise à l'égard d'un monument sans une connaissance intime de celui-ci. De même, la recherche scientifique et historique, la documentation pour la transformation d'un objet d'art ou d'un document d'histoire, nécessitent d'abord la connaissance des éléments essentiels qui en font un objet dont la sauvegarde s'impose.

Quand il s'agit d'une oeuvre d'art, il est essentiel d'en connaître la forme exacte — et ceci est, théoriquement au moins, unanimement reconnu.

Mais il ne faut pas perdre de vue que la notion de forme varie en fonction de l'usage que l'on veut en faire. Le relevé architectural est avant tout une documentation sur les formes d'un objet à trois dimensions. Il faut distinguer entre la *forme apparente* sous laquelle l'objet se présente au spectateur, et qui entre aujourd'hui dans le domaine de la photographie, et la *forme réelle*, qui évolue à son tour entre deux extrêmes, la *forme théorique* (telle qu'elle a été conçue au départ, sans tenir compte des irrégularités et modifications, voulues ou non, survenues ultérieurement) et la *forme effective* (parfaitement objective et totale, avec toutes ses irrégularités, voulues ou non, importantes ou non, d'intérêt esthétique, technique ou historique).

Seule la forme effective intéresse le praticien. Celui-ci n'ignore pas cette exigence, mais comment lui suffire? Pensons seulement à ces constructions anciennes qui, même si les grandes formes sont simples, présentent des surfaces irrégulières, difficiles à relever. Imaginons par exemple telle tour romane ou tel mur pré-roman, telle construction rustique. Les styles plus évolués, au contraire, seront représentés par des constructions d'une exécution parfaite, des surfaces rigoureusement prévues, mais souvent compliquées, courbes, ou très décorées. Songeons par exemple à tel monument Renaissance ou Baroque, qui paraît tenir autant de la sculpture que de l'architecture, et enfin aux surfaces couvertes de reliefs, et

nous comprendrons bien les difficultés auxquelles on se heurte en voulant capter au mieux la forme effective d'un objet. (La forme apparente est plus facile à rendre par la photographie, bien que, pour des formes compliquées comme nous venons de les évoquer, seule une photo stéréoscopique puisse donner de bons résultats).

Pour le relevé dessiné, deux solutions se présentent: les méthodes directes et la photogrammétrie.

Les méthodes directes exigent que soient choisis, sur le monument, différents points dont on déterminera la position dans un système de coordonnées. Une ligne continue sur l'objet, une arête par exemple, sera donc représentée par ses deux extrémités, ou dissoute en plusieurs points plus ou moins espacés si le relevé est particulièrement exact et complet. De toute façon, la ligne qui, sur le dessin, réunira les points mesurés directement sur l'objet sera une abstraction, négligeant inévitablement toute déformation ou irrégularité entre les points choisis.

Lorsque, comme nous l'avons fait en Autriche après la création du département de photogrammétrie aux services fédéraux des Monuments Historiques, on peut constater l'immense intérêt que présente la connaissance exacte de la forme effective qui tient compte de toutes les irrégularités, on comprend mieux le sacrifice consenti jusqu'ici, dans l'application des méthodes classiques, lorsque, par économie de temps et d'argent, on s'astreignait à un choix de points restreint. Des cheminements géodésiques étaient alors nécessaires, ou, à défaut d'instruments, des méthodes compliquées aux résultats plus ou moins sûrs, pour intégrer les différentes mesures dans un tout cohérent devant former le relevé d'ensemble.

La photogrammétrie, elle, répond mieux aux exigences. Le couple stéréoscopique obtenu avec une chambre métrique donne une impression en relief de l'objet, et reproduit la forme apparente. Il permettra cependant, à n'importe quel moment la détermination de toute mesure désirée, soit en chiffres, soit par un tracé orthogonal reproduisant fidèlement l'objet ligne par ligne, avec toutes ses irrégularités et déformations, soit en courbes de niveaux, soit, enfin, à partir de ces dernières, sous forme de maquettes ou de moules destinés à une reproduction multiple.

La photogrammétrie permet, par ailleurs, de conserver, même après sa destruction, les moindres détails d'un objet. Des reconstitutions comme celle de Varsovie en seraient extrêmement facilitées, et bien des problèmes se verraient résolus dans les cas de détériorations complètes ou partielles dues à des travaux de terrassement aux alentours, à des incendies, tremblements de terre, etc. Il a fallu, par exemple, reconstruire à Hohenau, en Basse-Autriche, une tour dont l'emplacement avait une importante signification historique: toutes les parties en pierre de taille ont été déposées, et les parties en moellons couverts d'enduit reproduites avec toutes leurs irrégularités grâce au relevé photogramétrique.

Nous avons cependant constaté que, malgré ses avantages indéniables, la photogrammétrie n'était pas communément et normalement employée.

mais réservée à certains travaux et demandes spéciales. Cela tient surtout à ce que, pendant longtemps, les appareils de prises de vues terrestres ont été essentiellement construits pour les levés géographiques, d'où des formats en largeur, de longues focales et un maniement peu souple.

## **II. - Simplification de la méthode et adaptation aux besoins de la conservation**

Or, le travail du conservateur exige surtout des prises de vues dans de petites ruelles (Venise), entre des rangées de grands arbres et les façades d'une place (place des Vosges à Paris), dans des intérieurs hauts et étroits (églises). Dans tous ces cas, non seulement le levé photogrammétrique doit être possible, et facile, pour soutenir la comparaison avec la rationalisation obtenue par cette technique dans d'autres domaines, mais il faut aussi que le conservateur, souvent seul sur place au moment critique, soit, sans spécialisation préalable, capable de faire la prise de vues lui-même. C'est surtout sur cet aspect, et sur les expériences acquises en Autriche à cet égard, que portera notre cours. Nous verrons que, sans faire appel à des spécialistes, le conservateur est dans la plupart des cas en mesure de satisfaire aux tâches photogrammétriques qui se présentent à lui dans la pratique de son activité. Bien plus, il obtient une exactitude dix fois plus grande qu'avec les méthodes classiques; le nombre de prises de vues sera, dans le même laps de temps, multiplié par 130 et celui des restitutions (mises à l'échelle) par 60.

Pour certains travaux, comme par exemple les relevés de grande précision de bâtiments de dimensions particulièrement importantes, la rentabilité exige la plupart du temps qu'on fasse appel à des institutions spécialisées, disposant du personnel nombreux et expérimenté et de l'équipement de premier ordre nécessaires à la réalisation de tâches d'une telle envergure. Ce seront souvent les services géographiques et les instituts des grandes écoles, parfois de grands bureaux de géodésie. On vient cependant de mettre au point une chambre de prises de vues qui s'intègre dans la gamme d'instruments utilisable par le conservateur simplement initié aux travaux photogrammétriques. Cette chambre permet, grâce à une focale plus longue, de relever avec une très bonne précision les grands ensembles ou les grands éléments de bâtiments importants.

Dans un souci de simplification, nous avons voulu, dès le début, exclure de la prise de vue, et le cas de convergence, et celui des axes obliques, pour ne retenir que le cas normal, dans lequel les axes de prises de vues sont rigoureusement perpendiculaires à la base. Cela permet en effet de simplifier les instruments et les méthodes de mesure. Il a été remédié, par l'adjonction de dispositifs supplémentaires, à la limitation d'emploi qu'eût normalement entraîné cette stricte détermination.

D'autres réflexions encore se sont imposées à nous: seul un objectif grandangulaire semble permettre un travail rationnel. De longs tests ont démontré que, dans la grande majorité des cas intéressant la conservation,

le format en hauteur était préférable. Il reste cependant souhaitable de disposer dans certains cas d'un format en largeur; ces applications ne sont toutefois pas assez fréquentes pour justifier ce format d'une façon générale.

Nos observations statistiques sur la fréquence des différents types de relevés, et les difficultés rencontrées avec les appareils existants, nous ont amenés à suggérer à la maison C. Zeiss, Oberkochen, certaines modifications de ses instruments, le développement d'une chambre de format  $9 \times 12$  cm,  $f = 120$  mm et la mise au point de dispositifs additionnels qui en ont fait un équipement véritablement adapté aux besoins des Monuments Historiques.

Ces suggestions ont été effectivement réalisées, avec notre concours, par la maison C. Zeiss. En voici donc l'aboutissement:

#### A) *La prise de vues*

La double chambre se présente comme un tube sur lequel sont orientées de manière fixe deux chambres de prises de vues. Format:  $9 \times 12$  cm, focale 60 mm, diaphragme fixe et obturateur compur. Le pied comporte une petite centrale électrique, branchée sur un accumulateur; 2 voyants verts indiquent que l'instrument est prêt à la pose, qui sera simultanément déclenchée électriquement en appuyant sur un bouton. La double chambre existe pour deux longueurs de base: 120 et 40 cm. Etant donné que la longueur de la base doit varier entre  $1/5$  et  $1/20$  de la distance de prises de vues, ces deux chambres sont prévues pour des profondeurs de champ différentes. La courte focale permet, pour la chambre de 120 cm, une profondeur de champ allant de 5 m à l'infini; pour celle de 40 cm, une profondeur de champ de 2 à 10 m. Cette dernière sert pour les intérieurs exigus comme les pièces paysannes (nous en avons relevé une fois 23 dans une seule semaine), pour des autels, des chaires, statues, reliefs, surfaces de fresques, détails de stucs, etc. (Fig. 1).

Pour le relevé d'objets de dimensions restreintes, ainsi que pour l'étude minutieuse de surfaces et de détails qui exigent une précision allant jusqu'à 0,1 mm, ont été mises au point des lentilles additionnelles qui permettent de réduire considérablement les distances de prises de vues et donc d'augmenter sensiblement l'échelle des photographies.

Pour la prise de vues, il faut poser le pied, en caler le niveau sphérique, mettre la chambre sur le pied, introduire, après en avoir rabattu les couvercles, les châssis porte-plaques dans les appareils, sortir les volets de ceux-ci, et armer les obturateurs. Les plaques se trouvent ainsi appliquées sur le cadre d'application. On cale ensuite le niveau sphérique de précision de la chambre, on dispose à vue le plan des clichés parallèlement au plan principal de l'objet. La position de la base de la chambre stéréoscopique horizontée détermine le plan de référence de la projection orthogonale que sera la restitution. Puisqu'il n'existe souvent pas de plan principal proprement dit, les façades n'offrant pas de surfaces planes, il

faut choisir un plan de référence moyen, et c'est encore à vue, en visant par-dessus le contour du tube de base de la double chambre, que cela se fait le mieux et le plus rapidement. La maison C. Zeiss a construit un petit miroir orientable et l'IGN de Paris un viseur spécial qui facilitent cette orientation et en augmentent la précision.

Comme nous le disions, la hauteur des objets nous oblige fréquemment à incliner la chambre. Ceci se fait au moyen d'un adaptateur en forme de tube, portant à une de ses extrémités un cône qu'on introduit dans le trou de fixation du tube de base. Trois trous coniques différents dans l'adaptateur permettent d'y introduire le cône du pied de façon à obtenir pour les axes de prises de vues de la chambre des angles de respectivement 30, 70 et 100 G avec l'horizontale. Un cube d'orientation métallique est fixé sur la chambre; on peut y appliquer magnétiquement un niveau analogue à celui qui est encastré dans la chambre et qui sert aux prises de vues horizontales. Un coin magnétique de 30 G peut être appliqué sur une des deux faces du cube d'orientation, et le niveau placé dessus; celui-ci une fois calé, on aura obtenu simultanément et très simplement l'horizontalité de la base et l'inclinaison précise des axes de prises de vues de +30 G ou de +70 G (suivant la face du cube qui a reçu le coin et le niveau. [Fig. 2; (planches a, b, c)]).

Pour les prises de vues zénithales ou nadirales (verticales vers le haut ou vers le bas), le niveau magnétique sera placé sans le coin, directement sur la face correspondante du cube d'orientation. On voit avec quelle facilité, en choisissant entre quatre cas précis, avec un seul coin d'orientation, on obtient la gamme nécessaire et suffisante des orientations à base horizontale (Fig. 3).

Le champ du grandangulaire garantit un recouvrement si important des modèles (les orientations représentent en fait 30 g additionnés à l'horizontale et 30 G soustraits de la verticale) qu'aucune inclinaison supplémentaire, qui compliquerait le système, ne paraît souhaitable.

Pensons une fois de plus aux étroits canaux de Venise, dépourvus de trottoirs, où l'on ne peut poser le pied de l'instrument, ou aux cas, assez fréquents, où l'on est amené à placer la chambre devant une baie étroite. Pour ces cas-là, nous avons construit une barre qu'on place sur le pied, et qui reçoit à une extrémité la chambre avec ou sans adaptateur, et à l'autre un contrepoids. Ainsi pouvons-nous, sans aucune peine, et sans échafaudage, mettre la chambre en position devant des façades et l'orienter horizontalement ou inclinée vers le haut ou le bas [Fig. 4; (planches a, b)].

Le jeu d'instruments dont nous disposons comprend également, en plus de la double chambre, une chambre isolée, un photothéodolite présentant les mêmes caractéristique que chacune des deux chambres composant avec le tube de base la double chambre. Deux pieds sont mis en position, et 2 trépieds de théodolites fixés sur eux. Les centres de ces 2 trépieds déterminent les 2 extrémités de la base, de longueur désormais variable, qui sert pour les distances de prises de vues dépassant  $120 \times 20 = 2.400$  cm (pratiquement, les bases de plus de 120 cm ne

s'imposent pas avant 30 m ou même, suivant l'objet, 35 m, ce qui, avec la grandangulaire, représente déjà des modèles stéréoscopiques assez grands). L'un des trépieds reçoit, au moyen d'un centrage forcé, la chambre; l'autre, une mirette. Lorsque le centre de la mirette coïncide avec le réticule de la lunette de la chambre isolée à visée coudée, l'axe de prises de vues est rigoureusement perpendiculaire à la base. La pose une fois faite, on échange mirette et chambre, et on recommence l'opération pour faire la deuxième pose (Fig. 2).

Pour les prises de vues inclinées, on introduit dans le centrage forcé du trépied un adaptateur qui, lui aussi, permet de déterminer approximativement les angles de 30, 70 et 100 G, et on obtient l'angle exact ainsi que l'horizontalité, comme pour la double chambre, au moyen d'un cube d'orientation, d'un coin et d'un niveau sphérique de précision, tous deux aimantés. L'orientation respectif devant, là encore, respecter le cas normal, il est indispensable de voir chacune des stations depuis l'autre. Ceci est évidemment impossible depuis l'intérieur des ébrasements de fenêtres, par exemple. Il serait en principe possible de déterminer les stations d'instruments par rapport à des points de l'objet à photographier, bien signalisés, et dont on connaît les coordonnées dans un système donné, et de déterminer les angles formés avec les directions des axes de prises de vues désirés par les visées effectuées depuis les stations d'instruments dans les ébrasements. On pourrait alors orienter les chambres au moyen d'un théodolite monté sur celles-ci, à partir des visées par les points signalisés. Mais il est plus simple de construire des planches, qui sont posées d'une part sur les appuis, et de l'autre sur des pieds coulissants supportant une partie pénétrant dans la pièce, derrière la baie, et permettant la fixation des trépieds à l'extérieur sur la partie dépassant en porte-à-faux. Les deux stations sont alors visibles l'une de l'autre, ce qui simplifie énormément l'opération (Fig. 2). Une chambre simple similaire, mais équipée d'une optique de focale plus longue (120 mm au lieu de 60 mm) permet des prises de vues horizontales ou inclinées, pour des distances plus longues. Il est conseillé de ne pas trop dépasser le rapport 1:10 entre l'échelle du cliché et celle du plan. On emploiera donc à partir d'une certaine distance la chambre à focale plus longue.

Pour ne pas avoir trop de manipulations après chaque changement d'emplacement du pied, nous avons construit un petit chariot sur lequel celui-ci reste monté. Dans les intérieurs (églises, salles, etc.) et sur les trottoirs, on déplace le chariot, puis on fixe les roues en actionnant un bouton, et il ne reste plus que de minimes corrections à faire. Ceci a beaucoup augmenté la rapidité du travail pour les grandes séries de prises de vues systématiques (Fig. 1).

Sur le toit d'une camionnette aménagée pour le transport des instruments de prises de vues, nous avons installé une plate-forme avec garde-fou rabattable. Dans la plate-forme se trouvent des trous recevant les pointes du pied. En élevant la chambre montée sur son pied à l'aide de la crémaillère, on atteint facilement, sans échafaudage, depuis une cour in-

térieure ou une ruelle, la même hauteur que depuis les fenêtres du premier étage (Fig. 5).

Nous avons ainsi examiné les principaux emplois des différents instruments de prises de vues avec une base horizontale. Il nous faut maintenant aborder les prises de vues à bases horizontales combinant deux instruments de prises de vues.

Notre jeu d'instruments permet, sans aucune difficulté, de placer 2 appareils de prises de vues, orientés l'un par rapport à l'autre de telle sorte que les chambres métriques qui les constituent se trouvent alignées sur une chambre isolée, ou bien encore avec une seule double chambre posée successivement sur 2 pieds comme une chambre isolée, et finalement une double chambre s'alignant dans une direction donnée et matérialisée par des jalons ou mirettes (Fig. 2). Toutes les chambres employées dans cette disposition doivent être équipées avec la même optique, donc avec une focale de 60 mm.

Dans ce système, que nous appelons la « disposition en bloc », l'orientation se fait par des lunettes à visée coudée qui sont appliquées magnétiquement sur le cube d'orientation, et dont la visée définit une ligne parallèle à la base, ou, si l'on veut, perpendiculaire à l'axe de prises de vues.

Ce double positionnement se réalise de la façon la plus simple avec une double chambre et une chambre isolée. Il est alors utile de mettre en place la chambre isolée, de choisir ainsi le plan de référence, et de placer à l'aide du chariot la double chambre dans l'alignement donné par la lunette coudée appliquée sur le cube d'orientation de la chambre isolée. On utilise des cubes d'orientation sur une des chambres de la SMK et non sur le tube de base, exactement comme sur la TMK: au moment où apparaît dans chacune des lunettes appliquées sur chacun des cubes de chaque chambre, dans le centre du réticule, le point nodal antérieur de l'autre lunette, les chambres sont à la même hauteur, alignées sur une droite, et orientées selon le cas normal.

La mise à la même hauteur se fait facilement au moyen de la crémaille. La mise à l'horizontale ou la fixation de l'inclinaison des axes de prises de vues se fait comme d'habitude.

L'intérêt de ce double positionnement, dit « en bloc » apparaît clairement. Il est multiple. Dans les cas où il s'agit d'objets très profonds tels que des églises à coupoles dont les parties rapprochées seraient d'une dizaine de mètres, la lanterne de la coupole d'une soixantaine de mètres, le double positionnement permet de choisir, parmi les 3 ou 4 positions des chambres, 3 à 4 bases de longueurs différentes, les mieux appropriées pour chacune des zones de profondeur (Fig. 7).

D'autre part, ce positionnement permet de détourner les obstacles à la visibilité qui, sans cela, mettent si souvent en cause l'application de la photogrammétrie dans l'architecture, puisque seules les parties visibles sur la photographie peuvent être exploitées. Ce qui sera caché par un obstacle sur l'un des couples stéréoscopiques ne le sera plus sur l'autre.

Enfin, ce positionnement est absolument nécessaire pour le relevé photogrammétrique des solides de révolution.

Nous aurons à revenir sur les erreurs de plus en plus fréquemment introduites par les architectes qui utilisent la photographie non métrique, normal, d'amateurs si l'on veut, pour compléter les mesures prises sur l'objet. L'une d'elles, cependant, doit être rappelée dès à présent parce qu'elle explique une des raisons d'être du double positionnement, et l'importante lacune que présentent des jeux d'instruments ne prévoyant pas la simplification d'un procédé sûr pour éviter les erreurs lors du relevé des solides de révolution de dimensions grandes ou moyennes.

Il est, en effet, souvent parfaitement possible de négliger sans danger ces erreurs, pour des colonnes ou des profils ronds, comme par exemple les tores. Pour des éléments tels que les absides et même les absidioles de petites dimensions, les tambours des coupoles, et les coupoles elles-mêmes, les tours et tourelles de forme plus ou moins cylindrique, etc., il n'est plus permis de procéder à un relevé à partir d'une photographie ou d'un seul couple stéréoscopique: la photographie est une projection centrale. Les rayons de projection convergent vers le centre de projection qui est le point nodal antérieur de l'objectif. Admettons pour simplifier notre raisonnement que les axes de prises de vues soient toujours perpendiculaires au plan de référence (plan de projection). Ce sera alors dans la projection centrale, le seul rayon perpendiculaire au plan de projection; au contraire dans la projection orthogonale, tous les rayons seront perpendiculaires à ce plan. Les contours de l'image projetée dans la projection orthogonale (parallèle) seront donc produits par des rayons tangents qui toucheront le solide de révolution aux extrémités du ou des diamètres parallèles au plan de projection. L'image obtenue correspondra au contour d'une coupe parallèle au plan de référence et passant par le centre de révolution. Les rayons de la projection centrale ne peuvent plus atteindre les points touchés par les rayons de la projection orthogonale; on ne les voit plus depuis le centre de la projection centrale. Le contour, à présent, sera figuré par exemple par une section, un petit cercle s'il s'agit d'une sphère. Les rayons tangents délimiteront donc une partie seulement de la surface représentée par la projection orthogonale. Une photographie ne peut donc rendre qu'une partie de ce qui doit être dessiné, en élévation par exemple.

Ayant eu souvent l'occasion de corriger des relevés d'étudiants à la Technische Hochschule de Vienne, j'ai remarqué combien fréquemment les solides de révolution étaient rendus par les élèves sous une forme trop étroite, rétrécie en quelque sorte, et la raison en était toujours dans l'emploi inconsidéré de documents photographiques.

Que faut-il faire? Il faut, pour déterminer les éléments métriques de la partie d'un solide de révolution nécessaire à l'établissement de la projection orthogonale, en élévation par exemple, combiner plus d'une projection centrale pour atteindre depuis des centres de projection différents, les parties inaccessibles aux rayons partant du premier, et nécessaires

comme complément d'information pour l'établissement de la projection parallèle. A ce moment seulement, il est raisonnable de transformer la projection centrale de la photographie en projection orthogonale, ce qui se produit dans la restitution photogrammétrique.

Il y a encore une embûche à éviter. Le géomètre l'appelle le « cercle dangereux », provenant de la situation des centres de projection et des directions des axes, ou, si l'on veut, des plans de référence. N'entrons pas dans le détail de ce phénomène. Disons seulement que l'alignement des centres sur une droite et l'établissement d'un seul plan de référence parallèle à cette droite évitent tout danger. Nous retrouvons alors notre double positionnement, avec une seule direction de base sur laquelle sont situées les positions des instruments de prises de vues dont les axes parallèles sont perpendiculaires à cette droite. On devra seulement veiller à ce que la partie visible sur les deux photos du couple provenant de la chambre située sur le côté gauche représente en entier la partie de gauche de l'objet, jusqu'à la génératrice qui détermine le contour gauche en projection orthogonale, et de même pour les photos de droite. Cela sera souvent possible avec 3 positions seulement.

En ayant ainsi terminé avec les prises de vues à base horizontale, il nous faut encore étudier celles qui se font à partir d'une base verticale, et qui ont été introduites pour la première fois en photogrammétrie — également pour une prise de vue architecturale — par les Autrichiens Scheimpflug et Dolezal, à l'extrême fin du siècle dernier (Fig. 6).

Dans notre jeu d'instruments, il est possible d'élever la double chambre au moyen d'une crémaillère, assez haut pour la faire pivoter autour de l'adaptateur installé, comme pour les prises de vues nadirales ou zénithales, de telle sorte que la base se trouve en position verticale. Le niveau sphérique et aimanté pourra alors être appliqué sur la face correspondante du cube d'orientation, et son calage assurera là aussi la verticalité exacte de la base et l'horizontalité des axes de prises de vues, les chambres métriques étant situées cette fois l'une au-dessus de l'autre.

Au lieu du format en hauteur, on obtiendra des photos en largeur. La zone de recouvrement stéréoscopique aura alors toute la hauteur du petit format, et les parties représentant des éléments non identiques de l'objet photographié se trouveront sur des bandes situées à droite de la photo de droite et à gauche de la photo de gauche, ce qui réduit la largeur du format utile et exploitable. Il en résulte que les parties basses de l'avant-plan, le sol par exemple, occuperont moins le format exploitable que dans les prises de vues à axes horizontaux et format en hauteur.

Ce n'est cependant pas là la principale raison qui nous a conduits à adopter cette disposition de prises de vues. Celle-ci prend toute son importance pour le conservateur lorsqu'elle est combinée avec le dispositif permettant d'incliner les axes de prises de vues à base horizontale. Si nous avons, en effet, fait pivoter tout le système d'orientation de 100 G (90°), il n'y a pas de raison de nous priver de la possibilité de dévier l'axe de prises de vues au moyen du coin aimanté de 30 ou de 70 G par rapport à

la perpendiculaire au plan de référence, les axes restant cette fois horizontaux, comme les axes inclinés dans le cas des prises de vues à base horizontale restaient, eux, perpendiculaires au plan de référence (Fig. 8).

Ayant calé une première fois le niveau sphérique, on appliquera sur la face correspondante du cube d'orientation une lunette, qui aura intérêt à ne pas présenter de visée coudée, et dont la visée fixera une direction parallèle à l'axe de prises de vues. Cette direction sera déterminée par une signalisation sur l'objet à photographier ou par une mirette. Puis, après avoir intercalé entre la surface du cube et la surface d'application de la lunette le coin de 30 G, on dévie la visée. Il suffit pour cela de tourner la chambre jusqu'à ce que réapparaisse dans le réticule la signalisation sur l'objet ou la mirette. A ce moment-là, les axes de prises de vues décrivent très exactement l'angle prévu avec la perpendiculaire au plan de référence. Cette valeur peut être transformée en 70 G si l'on applique coin et lunette sur la face avoisinante du cube (le niveau sphérique étant à nouveau calé).

Nous comprenons sans peine l'extrême importance de ce procédé. Les parties hautes des façades dans des rues étroites ou des intérieurs exigus seront toujours relevés avec des photos inclinées et des bases horizontales. Les modèles stéréoscopiques s'élargissent sensiblement vers le haut et deviennent ainsi de plus en plus rentables à mesure que les parties relevées sont plus hautes. Pour les parties basses, des prises de vues obliques, c'est-à-dire à axes parallèles, mais non pas perpendiculaires au plan de référence, seraient souhaitables, mais elles sont souvent rendues difficiles par des obstacles de visibilité devant l'une des stations d'instruments. De plus, ces orientations exigent des instruments de restitution plus évolués, compliqués, et nécessitant un personnel plus qualifié. Notre orientation, sans augmenter les difficultés, sans même rencontrer les difficultés souvent causées par différents obstacles à la visibilité, permet d'obtenir le même résultat qu'avec les prises de vues à axes obliques.

### *Résumé*

Il a été démontré que le conservateur, l'architecte, l'historien d'art, l'archéologue — qui seuls savent ce qui doit être relevé — sont capables de procéder eux-mêmes à la prise de vues. Cette prise de vues a été simplifiée, et adaptée aux besoins particuliers les plus importantes et les plus fréquents des Monuments Historiques, de manière à éviter toute une série de difficultés si souvent rencontrées dans l'application de la photogrammétrie à la conservation [Fig. 9; (planches a, b)].

Même si la description de certains procédés peut paraître un peu compliquée, il n'en est pas de même dans la pratique. Quelques gestes simples, toujours les mêmes, quelques gestes supplémentaires, semblables eux aussi les uns aux autres et également simples, nécessaires pour certains orientations particuliers, le détournement maximum des sources

d'erreurs caractérisées, tout cela est plus difficile à expliquer qu'à mettre en oeuvre.

La souplesse extrême obtenue malgré cette simplification permet presque autant de liberté pour couvrir entièrement de modèles stéréoscopiques tout monument, si compliqué soit-il, qu'on en aurait avec un appareil photographique d'amateur. Les restrictions nécessaires à la simplification — nous l'avons démontré, et le vérifions chaque jour dans la pratique — ne créent pratiquement pas d'empêchement sensible. Pour les cas qui dépassent les facultés du conservateur, nous conseillons — rappelons-le — de s'adresser aux institutions spécialisées. Ce sera exceptionnel.

Nous avons cru devoir insister sur la prise de vues, que le conservateur aura plus probablement à faire lui-même que la restitution, davantage réservée peut-être à quelques conservateurs spécialement choisis pour leur bonne vision stéréoscopique.

### B) *La restitution*

Il ne nous est cependant pas possible de ne pas parler aussi de la restitution, ne serait-ce que parce que ses procédés influencent la prise de vues qui doit, bien entendu, tenir compte des exigences de la restitution. Un des aspects les plus importants est à cet égard celui des points de contrôle.

Il est en effet nécessaire de déterminer dans la nature par des mesures directes, l'emplacement de quelques points qui seront d'abord mis à l'échelle et dessinés sur la feuille appelée à recevoir la restitution photogrammétrique. Ces mêmes points seront ensuite restitués photogrammétriquement, et si les prises de vues ont été correctement effectuées, ils coïncideront avec les premiers ou montreront des différences assez faibles pour pouvoir être négligées. Si cette comparaison fait apparaître des erreurs sensibles, il faut pouvoir les éliminer grâce à des corrections prévues dans la mise en place des clichés dans le restituteur, et être ainsi assuré que toutes les erreurs seront exclues. On voit donc que le choix des points de contrôle doit s'effectuer de telle sorte que leur restitution exacte donne une certitude absolue sur l'ensemble de la restitution.

Il est clair que le choix de ces points, leur bonne définition dans la nature, leur bonne visibilité sur la photographie et leur détermination très exacte par des moyens de mesure directe absolument sûrs, exigent des spécialistes très hautement qualifiés, et que la valeur du relevé dépend directement du soin et du sérieux, de la qualité et de la sûreté des mesures de contrôle.

Ayant pu simplifier la prise de vues de façon à en augmenter considérablement les possibilités de rationalisation, sans exiger des opérateurs hautement qualifiés, nous risquions de perdre cet avantage en partie à cause des points de contrôle. Il n'en est pas ainsi, Dieu merci, et il est nécessaire de donner ici la description du procédé très simple que nous utilisons, avec quelques explications qui risquent d'être moins simples.

Le jeu d'instruments dont nous disposons évite toute une série d'erreurs possibles, dont nous ne parlerons pas pour ne pas alourdir inutilement cette étude. Même si l'on pense à un dérèglement possible de l'orientation fixe de la chambre stéréoscopique par suite d'un choc violent, on ne peut attendre raisonnablement que trois erreurs, puisque nous avons éliminé le problème de rectification du niveau par l'emploi de 2 niveaux contrôlés l'un par l'autre (deux nivelles tubulaires perpendiculaires l'une à l'autre eussent compliqué le maniement de l'instrument, et introduit ainsi une source d'erreur supplémentaire pour des opérateurs peu qualifiés). Que reste-t-il donc à faire pratiquement?

La chambre dont l'emplacement représente l'origine du système de coordonnées de la restitution est généralement la chambre de gauche, appelée A; dans notre système, c'est la chambre de droite, appelée B. La direction de l'axe de prises de vues de cette chambre est déterminée par la visée d'une lunette appliquée sur le cube d'orientation se trouvant sur la chambre B — et non sur celui du tube. Il suffit souvent d'une visée faite par-dessus des viseurs, l'arête du cube d'orientation, etc. C'est sur cette visée qu'on signalera, sur ou juste devant l'objet, un premier point de contrôle. Cette signalisation pourra se faire avec une croix tracée à la craie sur un mur par une mirette, ou mieux encore, par la mise en place d'une équerre cylindrique d'arpenteur à fente ou d'un pantomètre cylindrique à fente, sur un trépied à centrage forcé. L'un des deux dioptrés (l'une des paires de fentes) est dirigé de sorte qu'on y voit, depuis le bâtiment à photographier, la chambre B ou, plus précisément, l'objectif de la lunette appliquée sur le cube d'orientation. Le dioptré perpendiculaire à celui-ci déterminera un plan vertical, parallèle à la base au plan des clichés de la ou des chambres métriques, c'est-à-dire au plan de référence, que l'on peut très bien matérialiser par la mise en place de signalisations, par exemple des mirettes pour visées à grande distance (Fig. 10).

Etant donné que la double chambre est fixée sur le pied au milieu du tube de base et qu'il reste sous la chambre B une place disponible, on peut y placer un théodolite à seconde, et, dans le centrage forcé, remplacer l'équerre cylindrique par une barre Invar.

En pointant successivement la lunette du théodolite vers les deux mirettes qui déterminent les extrémités de la barre invar, on obtient exactement l'angle formé par ces deux visées. Cet angle étant connu, on trouve dans un tableau, sans le moindre calcul, la distance entre la chambre B et le point de contrôle réduit à l'horizontale, cela pour les cas où cette distance ne peut s'obtenir directement à l'aide d'un ruban d'acier, à cause d'une forte circulation, d'un cours d'eau, d'un ravin, etc.

Si l'on a une raison de douter de la précision des niveaux sphériques, parce que, par exemple, l'observation des deux niveaux montre qu'ils ne coïncident plus, il faudrait établir une verticale visible sur l'objet (par une corde avec un poids marquée de fanions, et dont l'extrémité inférieure serait, pour éviter les oscillations, plongée dans un seau d'eau, ou par une tige verticalement apposée, ou encore par la signalisation d'un point

élevé, comme le placement de deux mirettes l'une exactement au-dessous de l'autre, l'une étant placée, par exemple, à l'extrémité de l'appui d'une fenêtre d'un étage supérieur, l'autre au-dessous, dans le centrage d'un trépied placé sur un pied de théodolite au moyen de 2 plans verticaux perpendiculaires. Ces plans sont établis par la rotation de la lunette d'un théodolite horizontal autour de l'axe horizontal).

La lunette est chaque fois pointée vers la mirette d'en haut, puis rabattue vers le bas sans qu'on change l'angle horizontal. La mirette inférieure sera déplacée jusqu'à ce que son centre coïncide avec le réticule de la lunette. On renouvelle l'opération dans le plan perpendiculaire au premier, et on recommence jusqu'à ce que ces conditions soient remplies depuis les deux positions.

Observons maintenant la figure ainsi obtenue, sans aucun calcul, et sans exigences particulières ni spécialisation. Il s'agit d'un triangle dont un des sommets coïncide avec la position de la chambre B, et une hauteur avec l'axe de prises de vues, un des côtés (dont les sommets sont marqués par les mirettes pour visées à grande distance) étant parallèle à la base. Voyons quel serait l'effet des 3 erreurs seules possibles avec notre jeu d'instruments.

S'il y a eu décalage du point principal, seule erreur avec laquelle il faille vraiment compter, même si les instruments ne sont pas déréglés, la ligne parallèle à la base qui constitue un des côtés du triangle apparaîtra déplacée parallèlement, et ses extrémités seront situées sur les droites qui constituent les 2 autres côtés du triangle.

Sur le restituteur qui fait partie de l'ensemble des instruments, une vis spéciale permet de repousser cette droite jusqu'à ce qu'elle coïncide avec celle qui a été déterminée par les mesures directes.

Si une légère convergence, ou divergence, a faussé l'orientation prévu d'après le cas normal rigoureux, on trouvera, au lieu d'une droite parallèle à la base, une courbe passant par les extrémités de ce côté du triangle, mais s'éloignant de plus en plus de la droite attendue, l'écart le plus grand se trouvant à l'intersection de cette ligne et de l'axe de prise de vues.

Une vis spéciale permet de rendre cet arc de plus en plus plat, jusqu'à ce que, là encore, la ligne préétablie par des mesures directes et la ligne obtenue par la restitution coïncident. C'est pourquoi il est si utile de définir une ligne sur l'objet par 3 points. Si on est assuré de l'exactitude d'une droite sur le bâtiment (une arête par exemple), on peut évidemment s'en servir de la même façon pour déceler une erreur éventuelle de ce genre.

Finalement, et surtout par suite d'un choc, qui cependant devrait être assez violent, une ou les focales peuvent avoir été changées. Le côté du triangle qui devrait apparaître perpendiculaire à la base ne le sera plus, mais la ligne restituée paraîtra pivoter autour du pied de la hauteur, et les extrémités de ce côté du triangle se déplaceront respectivement vers le haut et le bas dans la direction des deux autres côtés.

Là encore, une correction intervient et élimine l'erreur.

Nous voyons donc, une fois de plus, qu'une simplification extrême a réduit le problème des points de contrôle de façon à permettre des procédés aussi simples et rapides que ceux des prises de vues. Beaucoup d'architectes, archéologues, conservateurs, etc., avaient jusqu'ici trop peur des difficultés entraînées par la détermination d'intersections sur des points mal définis, et des calculs en résultant, pour oser définir les points dans un système de coordonnées et risquer des erreurs qu'ils redoutaient plus importantes que celles occasionnées, soit par les techniques de relevés classiques, soit par une restitution photogrammétrique non contrôlée.

Mais nous pouvons parfois simplifier davantage encore la détermination des points de contrôle, dans le cas où elle présenterait le plus de difficultés. Nous pensons là aux parties hautes des constructions, notamment au développement complet de la surface intérieure de grandes salles, églises, etc., éventuellement nécessaires pour l'établissement de coupes.

On fera alors, depuis une même station, des prises de vues à base horizontale, et parallèle à la paroi photographiée, en utilisant successivement des axes horizontaux et des axes inclinés de 30 G, puis de 70 G, et finalement verticaux. On répètera l'opération en direction de la paroi opposée. Les points de contrôle ne sont déterminés que pour les parties basses facilement accessibles. Pour les autres couples stéréoscopiques, qui se recouvrent très largement, des points bien visibles sur 2 modèles successifs serviront de points de contrôle pour le prochain couple, et ainsi de suite, comme dans le procédé d'aérotriangulation de la photogrammétrie aérienne. Les différences éventuelles, correspondant aux petites erreurs accumulées, seront visibles dans la restitution de la prise de vue zénithale. Ce procédé, qui ne nous a causé jusqu'ici aucune déception, réduit encore sensiblement le travail nécessaire pour les points de contrôle. Il est évidemment très difficile de délimiter, dans l'ombre des voûtes de grands intérieurs, par des visées presque verticales, des points qui sont, pour la plupart, constitués par la rencontre d'arêtes émoussées recouvertes de poussière!

On procèdera également à des prises de vues couvrant de grandes parties, qui permettront de situer les détails dans l'ensemble. Il est fortement recommandé de réunir tous les couples par un système simple de mesures topométriques (il suffit souvent de matérialiser quelques droites sur le sol ou d'utiliser des points naturels bien définis).

Le choix du plan de référence est souvent une source de difficultés. Nous pensons qu'un bon relevé doit correspondre à un bon plan d'exécution. Il doit donc présenter l'exactitude qui correspondrait à la possibilité et à la volonté éventuelle d'exécution. Il doit, de plus, correspondre dans sa conception au processus de fabrication ou d'exécution de l'oeuvre.

Pour l'exécution des murs des bâtiments, le procédé classique consiste à les tracer sur le terrain au moyen d'un cordeau correspondant aux limites des rigoles des fondations. Ces cordes sont tendues sur des

pieux (pour faciliter les fouilles) à 60 ou 100 cm au-dessus du sol. La rigole terminée, on fait monter les fondations jusqu'au cordeau. On égalise bien cette surface sur laquelle seront marqués les mesures pour l'emplacement des baies, par exemple, lesquelles seront « remontées » au moyen d'un fil à plomb.

Si, au lieu d'un cordeau, on a utilisé un traçoir, ou si l'on a suivi pour l'implantation des fondations des éléments naturels de la configuration du terrain, ces fondations peuvent suivre, en plan, des lignes autres que des droites.

Il faudra en tout cas choisir, au moment de la restitution, autant de plans de référence pour autant de projections orthogonales partielles qu'il y aura d'alignements du socle.

Si les murs élevés au-dessus d'une telle partie du socle penchent, ils dérivent (pour les élévations) du plan de référence, lequel est toujours un plan vertical puisqu'il est constitué à partir du socle au moyen d'un fil à plomb.

Le plan de référence pour l'établissement du plan sera au contraire un plan horizontal puisque l'implantation est faite au moyen de niveaux.

Dans le cas seulement où on croit reconnaître que le document de base, pour la conception ou l'exécution de l'oeuvre, a été une représentation orthogonale d'après un seul plan de référence (bien qu'il y ait plusieurs plans principaux pour les façades), on procèdera — en plus — à une prise de vue d'ensemble suivant ce plan de référence unique.

Le même principe vaut pour les sculptures car l'artisan prépare la pierre en dressant les faces. Le dégauchissement se fait par des visées passant au-dessus de deux règles placées dans des ciselures pratiquées aux extrémités du bloc et définissant un plan, le futur plan de référence pour le trait. Celui-ci n'est autre chose que l'opération de géométrie descriptive décomposant les plans multiples qui constituent un solide, et qui doivent se traduire en une projection orthogonale.

C'est cette projection que le relevé tâchera de reconstituer à partir de l'oeuvre existante, et c'est donc ce plan qu'il faudra choisir comme plan de référence au moment de la prise de vues.

Il est évident qu'il sera beaucoup plus facile à un sculpteur, architecte, archéologue ou conservateur de procéder à ce choix qu'à un géomètre.

De tout temps, on a eu la tentation d'utiliser des appareils photographiques normaux, moins chers que les chambres métriques, pour se procurer en quelque sorte un « ersatz » de la véritable photogrammétrie.

La photogrammétrie « à la planchette », ou « d'intersection », utilisée surtout par Meydenbauer vers le milieu du siècle dernier, et qui a permis — employée avec des chambres métriques — de constituer d'importantes archives photogrammétriques jusqu'en 1945, est celle qui s'y prête le mieux. Cette méthode est remise en honneur par la photogrammétrie analytique au moyen de programmes de calculs et d'ordinateurs.

Cependant, l'utilisation d'appareils normaux ne rencontre plus guère de défenseurs aujourd'hui. Leur optique n'est pas libre de distorsion, et il faut déterminer exactement la position des appareils pendant la pose, ainsi que la direction de l'axe de prise de vues, dans un système de coordonnées. De plus, il faut connaître au 100ème de mm près la distance focale, qui diffère à chaque mise au point de la distance.

Il semble que l'emploi de photos normales reste réservé à de rares exceptions dans lesquelles, d'après le relevé exact de ruines, les parties détruites d'un monument peuvent être reconstituées grâce à des programmes de calculs assez vastes, par de grands spécialistes de la photogrammétrie analytique.

Il nous paraît suffisant, dans ce cours, de mentionner ces possibilités comme un dernier secours possible, mais sans entrer dans le détail.

Passons donc définitivement de la prise de vues à l'exploitation des clichés.

Les plaques devront être très soigneusement développées. Il est pratique de les ranger par douzaines dans des paniers en matière plastique, prévus pour les maintenir à intervalles égaux, et s'emboîtant dans des récipients remplis de révélateur. Le séchage doit se faire à l'air naturel, et jamais dans des séchoirs à air chaud pulsé. Pour éviter la formation de cloques ou le glissement de l'émulsion sur le verre, il est bon de faire sécher les plaques en position légèrement inclinée, ce qui permet à l'eau de s'égoutter. Dans notre laboratoire, à Vienne, les négatifs originaux sont immédiatement introduits, à raison de 4 ou 6 par fournée, dans une tireuse-contact à compensation électronique des contrastes.

Nous utilisons en Autriche un appareil CINTEL. Un tube cathodique sert de source lumineuse. Un rayon lumineux balaie en lignes successives la surface du négatif, comme le rayon qui, dans l'appareil de télévision, forme l'image sur l'écran. A chaque point de sa course, il traverse l'émulsion, et la part de lumière qui n'en sera pas absorbée peut être déterminée. Ces valeurs servent pour commander, au moyen d'un simple ordinateur, la vitesse du mouvement décrit par le rayon exposant à travers le négatif original l'émulsion du tirage diapositif. Chaque point sera donc éclairé le temps nécessaire pour que le positif soit correctement exposé, suivant la densité de cette partie du négatif. Il est possible de varier le degré d'atténuation des contrastes (Fig. 11).

Les négatifs sont inventoriés, et soigneusement classés. Les diapositives servent à la restitution. La mise en archives est prévue pour un catalogue-matières comportant des entrées (mots clés) sur le lieu où se trouve l'objet, les époques de construction et styles historiques, le nom des artistes, les éléments d'architecture et de décoration remarquables, les types de constructions et affectations originales, etc. Les fiches du catalogue possèdent de petits sachets adhérents dans lesquels se trouvent des tirages-contacts sur papier des clichés, avec l'indication des points de contrôle et les mesures directes correspondantes.

Un système Hollerith permet au chercheur ou au praticien de trouver les clichés susceptibles de l'intéresser, de voir directement sous le stéréoscope les tirages montrant, par exemple, tel type de décoration dans les bâtiments d'une époque donnée, érigés d'après les plans d'un certain architecte dans une région géographiquement déterminée. Après examen des clichés, l'utilisateur indiquera exactement ce dont il a besoin, ainsi que l'échelle et la généralisation souhaitées, et il ne faudra faire aucun travail inutile. Seule la partie demandée sera mise à l'échelle, mais avec l'exactitude, l'échelle et l'exhaustivité désirées.

Nous approchons enfin du restituteur stéréoscopique: le terragrape, dans lequel nous introduisons les clichés. Des molettes permettent de les déplacer à l'intérieur de l'appareil de sorte que les quatre marques du cadre des clichés, qui forment une croix, correspondent aux marques de l'instrument. Sur une aire de dessin se trouvant à droite de l'opérateur, sur l'instrument même, l'emplacement de la chambre B est marqué. Il suffit, à partir de là, de marquer sur le papier les points de contrôle, et de les vérifier en les restituant. Normalement, cette mise en place et le contrôle des clichés prennent 5 à 10 minutes. Il n'est pas rare, sur les instruments universels et avec des méthodes compliquées, que cela prenne une heure et davantage (Fig. 12).

En observant les clichés à travers le dispositif d'observation stéréoscopique, qui ressemble à des jumelles, nous voyons l'objet photographié, dans un relief exagérément profond, mais remarquons aussi un point qui paraît planer dans l'espace. Ce point, le repère, peut être déplacé dans l'espace virtuel du modèle stéréoscopique, à volonté, vers le haut ou le bas, la droite ou la gauche, vers le spectateur ou en profondeur, au moyen de deux volants et d'un disque actionné avec le pied.

Deux de ces trois mouvements, qui correspondent aux directions choisies d'un système spatial de coordonnées cartésiennes, seront transmis par des éléments mécaniques à une table de dessin munie d'un coordinatographe à tête traceuse. Celle-ci dessinera donc, selon le système de coordonnées adopté (et le plan de référence choisi), le plan, l'élévation, la coupe, ou l'élévation latérale d'un objet.

L'appareil est conçu de telle sorte qu'en y donnant à la base autant de mm qu'elle avait de cm dans la nature, on obtient une restitution au 100ème. Etant donné que tous les clichés ont été établis d'après le cas normal, il suffit de changer la longueur de la base pour changer l'échelle de la restitution. Ainsi une base présentant dans la machine le double de mm par rapport aux cm de la base dans la nature donnera une échelle au 50ème. Différents engrenages permettent de plus de changer le rapport des nombres de tours venant du restituteur avec ceux du dispositif entraînant le traceur de la table de dessin.

Si l'on exploite des clichés qui ont été faits avec des axes inclinés, ou dans le cas d'une base verticale déviée de la perpendiculaire au plan de référence, le restituteur transformera évidemment la projection centrale de la photographie en projection parallèle, mais les rayons de pro-

jection ne seront pas perpendiculaires au plan de référence de la projection orthogonale recherchée. En raison de la transformation affine de l'image orthogonale, une tour carrée par exemple, photographiée avec des axes de prises de vues inclinés, apparaîtra aussi large qu'en projection orthogonale, mais sensiblement moins haute. Notre méthode, en supprimant cette affinité au moyen d'un calculateur-correcteur qui transforme les tours des éléments entraînant le dispositif de dessin, ramène tout au cas normal, et à la restitution en projection parallèle au plan de référence.

C'est ainsi que la photogrammétrie est entrée, avec une exactitude plus que satisfaisante, plus grande en tout cas que celle des méthodes directes, et avec un pouvoir de rationalisation énorme, dans des domaines où le spécialiste hésitait à l'adopter, par crainte des difficultés ou du prix de revient. Quelques exemples:

Les petites ruelles, telles que la Steingasse à Salzbourg, où, en certains endroits, les voitures de tourisme ne passent que difficilement, et dont les façades à 4 et 5 niveaux sont coiffées de hautes attiques, l'une des rangées de maisons étant perchée sur un rocher qui constitue comme un socle. Toutes les façades ont été relevées aisément (Fig. 9).

Les étroites cours intérieures, qui ont quelquefois 2 m  $\times$  4 de surface et 15 à 20 m de hauteur de façades. Les murailles et tours d'anciennes fortifications, perchées sur une colline entourée de fossés, du fond desquels il faut les photographier. Prenons par exemple la Schallaburg, en Basse-Autriche où la tour d'angle, de 25 m de haut, a dû être photographiée à 5 m de distance, du fond d'un fossé. Les nefs étroites et hautes de certaines églises gothiques, etc.

Mais aussi les prises de vues à axes inclinés vers le bas, comme celles qui sont faites depuis une tribune ou un buffet d'orgue, ou une chaire, pour établir le plan d'une église, étant donné que la vue plongeante permet mieux de voir entre les bancs, les chaises et autres objets formant, pour la prise de vues faite depuis le sol, et à axes horizontaux, les principaux obstacles à la visibilité. Le même phénomène se retrouve lors des prises de vues de fouilles et excavations depuis l'extérieur, ou pour photographier des profils sur les parois de cunettes, etc.

Plusieurs restitutions partielles de grands objets peuvent être montées de façon à obtenir un ensemble, soit par les parties identiques figurant sur les zones le recouvrement des modèles, soit par des indications supplémentaires. Celles-ci peuvent consister en de simples tracés à la craie ou des rubans d'acier posés au sol, dont certains points ont été marqués par des jalons ou autre signalisation. Ceci permet d'enfiler sur cette droite donnée les modèles successifs dans lesquels on reconnaîtra au moins deux des points signalisés. Dans le jargon du métier, on parle de « suspendre » sur de tels axes les restitutions partielles correspondant aux différents modèles, comme du linge sur une corde. Ces indications supplémentaires peuvent aller jusqu'à un cheminement géométrique complet, si cela s'avère nécessaire. Ceci est surtout le cas lorsque, dans un relevé complet, on ne peut réunir le relevé intérieur et

le relevé extérieur en mesurant la profondeur des baies ou de toute autre ouverture des murs ou des plafonds.

Dans les relevés d'architecture, il y a souvent des surfaces assez importantes suffisamment planes pour être assimilées à un plan. Ces parties peuvent s'étendre sur des façades entières, notamment dans certains ensembles urbains et villageois. Il suffit alors de transformer l'image photographique en photoplan au moyen d'un redressement. La chambre métrique ayant été horizontée, les verticales dans la nature apparaîtront comme des verticales sur la photo, mais si l'on met simplement à vue le plan des plaques de la chambre parallèle avec la façade, les horizontales dans la nature paraîtront sur la photo fuir vers un point de fuite. Si la façade est assez régulière, il suffit de placer une grille orthogonale sur la table de projection, et d'incliner celle-ci jusqu'à ce que les horizontales dans la nature apparaissent parallèles aux horizontales de la grille. Si cela n'est pas le cas, il faut déterminer au moins 4 points de contrôle sur la façade, ce qui se fait le plus facilement par restitution stéréoscopiques. On change alors la position du plan de projection jusqu'à ce que les 4 points de contrôle coïncident avec l'image projetée.

Cela nous conduit normalement au procédé le plus utilisé en Autriche, et qui consiste à restituer les contours et toutes les parties trop saillantes pour être rendues en photoplan, sur le Terragraph, par couples stéréoscopiques. Toutes les autres parties seront redressées sur un redresseur de haute précision et montées ensuite dans la restitution stéréoscopique partielle, qui sera ainsi complétée. Le redressement allant environ dix fois plus vite, cette combinaison permet une meilleure rationalisation, et, en libérant le Terragraph plus rapidement, une meilleure utilisation de celui-ci. La productivité de l'heure de travail augmente considérablement. En moyenne, la restitution atteint, pour les deux méthodes combinées, une rapidité 10 fois plus grande que les mises à l'échelle des méthodes classiques.

Voyons maintenant d'un peu plus près les appareils de redressement.

Un petit appareil, peu commode mais assez utile, et peu coûteux, serait la chambre claire, par exemple le LUTZ de Zeiss. Il consiste en un prisme semi-aluminisé qui permet de voir, à travers, la surface de dessin située au-dessous et la main traceuse ainsi que la photo fixée sur une plaque en face du spectateur. Celle-ci apparaît projetée sur la surface de dessin. Il suffit de la retracer avec le crayon après avoir fixé la plaque-support de la photo de telle sorte que les parallèles dans la nature apparaissent parallèles aux lignes de la grille posée sur l'aire de dessin. On choisit l'échelle voulue en réglant la distance photo-prisme, et de cet ensemble à la table de dessin (Fig. 13).

Le principe de cet instrument est dû à Albert Dürer. Ne permettant pas d'éliminer l'affinité, il oblige souvent à procéder par double transformation, c'est-à-dire à dessiner d'abord sur une feuille transparente les verticales, puis, avec un autre agrandissement, les horizontales sur une autre feuille. Les deux feuilles superposées se complètent. Il est cer-

tain que cela ne peut se faire aussi simplement que pour des objets formés principalement de verticales et d'horizontales, ou de formes pouvant s'inscrire dans de telles lignes. Sinon, une translation de la photo (décentrement) sur la plaque de support s'impose.

Pour la restitution de parties planes d'après des clichés inclinés de 30 G, nous avons fait construire par la maison C. Zeiss un petit redresseur qui redresse les clichés de format 9 x 12 cm sur des plaques de 13 x 18 cm à l'échelle de la prise de vues. Ce redressement qui ne nécessite aucune mise au point est très simple et extrêmement rapide. Il doit être mis à l'échelle sur un agrandisseur. Si certains redressements s'avèrent nécessaires dans l'autre sens (l'appareil de prises de vues n'ayant pas été correctement horizonté), l'agrandissement et le redressement peuvent finalement se faire sur SEG V. Cet instrument sert surtout à établir par photoplans les développements de façades dans des rues étroites.

Si les moyens financiers le permettent, il est en tout cas plus rentable de travailler avec un grand restituteur. Seul le SEG V de C. Zeiss, Oberkochen, remplit actuellement trois des conditions indispensables pour un redressement correct automatique (Fig. 17). Ce sont:

1) la condition de Newton, qui règle la distance relative négatif-objectif et objectif-table de projection, condition qui doit être remplie pour que l'image de projection soit nette;

2) la condition de Scheimpflug, qui consiste en ce que les plans du négatif, de l'objectif et de la projection se coupent en une seule droite, pour que, à chaque inclinaison de la surface de projection, l'image projetée reste nette jusqu'aux bords, tout en ouvrant complètement le diaphragme pour permettre une bonne observation de l'image (pour juger, par exemple, de la bonne coïncidence des points de contrôle avec les mêmes points figurés sur l'image);

3) la condition de perspective, qui demande, lorsque la longueur focale de la prise de vue ne coïncide pas avec celle de la projection, une certaine translation du négatif dans le plan du négatif (décentrement), qui varie avec chacun des changements d'agrandissement et d'inclinaison du plan de projection. Si cette condition n'est pas remplie, on obtient un photoplan à image affine, donc avec des représentations de l'objet qui seront trop courtes dans le sens de l'inclinaison, nous disons dans le métier « rétrécies ».

Si l'on ne tenait pas compte de cela, et même si, par des procédés d'inclinaison des plans du négatif et de l'optique au moment de la prise de vues, on évitait que des lignes parallèles dans la nature ne paraissent converger sur la photo quand l'axe de prise de vues n'a pas été rigoureusement perpendiculaire au plan de l'objet, on introduirait dans les mesures de fortes erreurs. Celles-ci peuvent être peu importantes à tel point qu'on peut les contrôler, par exemple au rez-de-chaussée d'une façade, mais atteindre très facilement un mètre et plus dans les parties hautes.

Plus encore que dans la photo aérienne, l'intérêt de cette automation du SEG V est important pour des objets plus réguliers, tels que les

façades. Nous avons vu que l'inclinaison doit être changée dans un seul sens. Une main actionne le volant changeant cette inclinaison, le pied actionne le disque commandant l'agrandissement, une main reste libre pour tenir la grille, une règle pour contrôler l'agrandissement, et tous les mouvements peuvent se faire sous l'oeil de l'observateur, en lui permettant en même temps d'apprécier les résultats de leur interaction sur la transformation de l'image qui sera rapidement redressée. L'automatisme du SEG V garantit qu'on n'a plus à intervenir pour aucune correction concernant les conditions ci-dessus énoncées. En faisant la moyenne d'une journée de redressement, nous obtenons 15 minutes environ par photoplan, y compris le temps de développement du papier photographique sur lequel est fixé par exposition le résultat du redressement, ainsi que son séchage (Fig. 15). Le Ministère Fédéral Autrichien de l'Intérieur ayant demandé également la restitution de prises de vues aériennes pour l'étude globale des secteurs sauvegardés, des ensembles et des sites, nous avons suggéré que le restituteur Planimat de C. Zeiss soit modifié de façon à permettre la restitution directe des clichés de 6 x 9 cm à 13 x 18 cm avec des focales allant de 55 mm à 300 mm et des prises de vues inclinées de 30 G et 70 G. Cet instrument de très haute précision nous rend de grands services, mais il exige des restituteurs plus qualifiés que le Terragraph.

Les restitutions sont finalement transmises au département d'architecture de nos services pour être tirées à l'encre, à main levée comme le veut notre tradition, ce qui permet de combiner les différentes parties des restitutions faites à la machine, au crayon ou par photoplans.

Les parties un peu saillantes, telles que les corniches, appuis de fenêtres, etc., sont sans difficulté ramenées graphiquement sur les photoplans par le dessinateur dans le plan de référence, appelé dans le jargon de nos services « le plan zéro de la façade ». Le retour de ces profils pénètre dans ce plan, et il est presque toujours visible d'un côté. Ceci permet de déplacer parallèlement les lignes correspondantes jusqu'à l'endroit où elles se trouvent en projection orthogonale. Lorsque ceci n'est pas possible, une soustraction graphique au moyen d'une bande de papier, procédé bien connu de tous les dessinateurs, permet de déduire les zones occupées dans la photo par la représentation photographique des parties horizontales saillantes vues en surface ou en sous-face.

Une fois de plus, nous constatons que la restitution a été, elle aussi, très simplifiée. Et si elle ne peut atteindre la rapidité de la prise de vues, elle contribue sérieusement à l'intérêt de l'emploi de la photogrammétrie, ne serait-ce que pour le gain de temps réalisé.

Il serait fastidieux pour des conservateurs de terminer l'étude d'un système de documentation sans en connaître au moins partiellement l'effet sur la pratique du métier. C'est pourquoi il nous paraît nécessaire de terminer par un choix de travaux exécutés, que nous commenterons, pour démontrer leur intérêt dans l'ensemble des tâches qui se posent journalièrement au conservateur.

### III. - Applications pratiques

Le besoin qui s'avère de loin le plus vaste et le plus urgent est le relevé des façades sur rues, mais aussi sur cours, dans les ensembles urbains dont il n'existe, pour la plupart, que quelques vieux relevés, insuffisants quant à l'exactitude, et incomplets, de quelques monuments privilégiés.

Avant l'introduction de la photogrammétrie, avec le personnel disponible, 3.000 m<sup>2</sup> au maximum pouvaient être relevés en une année, ce qui ne correspondait même pas au dixième du besoin d'une seule ville de petite ou de moyen importance. Le record réalisé avec la photogrammétrie, dans d'excellentes conditions, a été de 100.000 m<sup>2</sup> en un mois! Il y a eu des campagnes de prises de vues avec des chiffres de 3.000 m<sup>2</sup> par jour, pendant plusieurs jours consécutifs. Etant donné que le même personnel doit également restituer, les campagnes de prises de vues ont toujours été limitées, ce qui a donné pour 1968 380.000 m<sup>2</sup> de façades relevées, avec une exactitude au moins 10 fois plus grande qu'avant la photogrammétrie. 60.000 m<sup>2</sup> ont été restitués. Si l'on pense qu'une exactitude 10 fois plus grande exige en principe au moins 10 fois plus de temps, il est clair qu'une telle augmentation de rendement, avec le même nombre de personnes, influence sensiblement la politique de conservation, notamment dans le domaine de la sauvegarde des ensembles urbains, si longtemps négligés, et qui exigent aujourd'hui tous les efforts de nos services.

En 1968, par exemple, il a été possible de relever toutes les façades importantes d'une ville de chacun des pays de la fédération (9 pays) et d'en commencer certaines autres (Fig. 16).

Un autre travail intéressant a consisté dans le relevé complet de 23 intérieurs paysans tyroliens, souvent complètement ornés de sculptures et peintures sur bois, avec tout le mobilier considérable qu'ils contiennent.

De grands intérieurs, églises, salles de bibliothèques, etc., ont été relevés. Entre autres, des monuments tels que St Charles à Vienne, d'une hauteur intérieure sous la coupole de 62 m, et l'église conventuelle de Melk qui est à peu près aussi haute.

Les grands ensembles, abbayes comme Melk ou palais comme à Innsbruck, ont été relevés de l'extérieur, mais aussi à l'intérieur, pièce par pièce (les 4 murs, le plafond et tout le mobilier).

Des ensembles sculptés ont été relevés, comme le couronnement ajouré en bois sculpté du retable flamboyant de Grades en Carinthie, après sa restauration dans les ateliers du Bundesdenkmalamt. Les entrelacés, de formes multiples et compliquées, chargés de détails sculptés correspondant à tout un système géométrique dans l'espace, se refusaient à des mesures de détails. La restitution stéréoscopique a donné les meilleurs résultats. Pour la sécurité des oeuvres d'art et leur protection contre le vol, on a commencé à relever en particulier les grands ensembles sculptés, comme les retables gothiques de St Wolfgang et de Kefermarkt.

De plus en plus, l'emploi de lentilles additionnelles et la précision croissante des mesures pour les relevés à très courte distance permettent de relever des déformations et d'étudier les surfaces. Et la photogrammétrie s'introduit toujours davantage dans la restauration des biens culturels meubles.

Mais le restaurateur n'est pas, en photogrammétrie, obligé de s'arrêter à la surface. Des photogrammes aux rayons X nous ont permis de déceler la structure intérieure des objets, et d'en donner des plans, élévations et coupes au moyen d'une restitution stéréoscopique. Cela a été fait pour des éléments de jonctions métalliques de 2 blocs de bois composant une statue médiévale. La Société Zeiss, estimant que cette application ne cessera de gagner en importance, a construit un restituteur spécial pour l'exploitation des photogrammes aux rayons X.

Des coupes horizontales et verticales à travers une église gothique, et le plan de ses voûtes déformées, ainsi qu'une représentation en courbes de niveaux de celles-ci ont permis, au cours de la restauration, de se rendre compte de la stabilité menacée de ce bâtiment, des causes de ce danger, et des moyens d'y remédier. Il s'agit en l'occurrence de l'église gothique d'Imbach, qui avait souffert du fait de la démolition des bâtiments conventuels adjacents et de l'enlèvement partiel d'une vaste tribune après la sécularisation d'un couvent de femmes.

En archéologie, il est possible, en se plaçant en dehors de l'aire à fouiller, de documenter chacune des phases avant qu'en raison du dégagement de la couche inférieure, on soit obligé de détruire celle qui vient d'être dégagée. Les objets tels que les éléments d'architecture, les fragments d'entablements, de chapiteaux, etc., seront relevés en détail très exactement, et leur emplacement fixé. Ceci a décidé l'Institut d'Archéologie autrichien à fonder à son tour un département photogrammétrique, équipé avec les mêmes instruments que les services des Monuments Historiques, qui sert aux fouilles d'Ephèse, en Turquie, et en Autriche (Fig. 14). Aussi a-t-il été possible, par exemple, de procéder sur papier à une anastylose basée sur la restitution exacte des éléments découverts dans les fouilles d'Ephèse.

Dans les ensembles baroques autrichiens, les stucs et fresques des parties hautes des pièces, et les voûtes, sont spécialement menacés par les séismes (l'Autriche est située dans une zone sismique), les incendies et les dégâts de construction produits par des tassements, les bangs des avions, les vibrations des poids lourds, etc. Des sculptures en stuc, angelots, etc., ont été relevés. Mais un travail très important a pu être accompli sur les trois voûtes à fresques de la salle dite géante du château impérial d'Innsbruck. Ces fresques avaient été très sérieusement endommagées par un tremblement de terre. La salle servant beaucoup à des cérémonies, on espérait éviter les échafaudages. On a introduit dans la salle une échelle coulissante à l'aide de laquelle on a « osculté » la fresque pour déterminer les parties sonnantes creux. Les différents dommages diagnostiqués ont été rendus apparents par des symboles à la

craie sur la fresque, hachures, zones quadrillées, lignes continues ou interrompues, etc. Après cela a eu lieu la prise de vue stéréoscopique avec SMK. Un relevé très exact au Terragraph a restitué également les marques à la craie. Suivant ces signes, la restauration par injections a été faite. Toute la partie ainsi restaurée a été débarrassée des marques de craie. Dans quelques années, d'après le relevé photogrammétrique et une échelle, nous pourrions contrôler la stabilité de la fixation des parties qui avaient été détachées par le séisme. Il a même été possible de déterminer dans le relevé les parties exécutés journellement par le fresquistes (Fig. 18).

Plusieurs maisons déclarées caduques et vouées à la destruction ont pu être sauvées (à Stein, Steiner Landstrasse 66, par exemple) grâce au relevé exact qui a permis de déceler les déformations et de découvrir leur cause. Le remède était facile.

Il a même été possible, après les pluies, de déceler sous l'enduit des éléments de construction, par le séchage de rapidité différente suivant l'hétérogénéité de la maçonnerie, procédé généralement connu dans l'interprétation des photographies aériennes.

Des travaux qui comportaient autrefois des risques considérables peuvent désormais être réalisés sans danger. Songeons à toutes ces mesures prises depuis des échafaudages, à l'établissement de cheminements géodésiques sur des corniches, etc. Le relevé de la flèche de Saint-Etienne à Vienne en est un exemple. Une partie de ce relevé a été faite par deux personnes en 6 mois de travail. Un jour, une pierre qui servait d'appui à l'une d'elles s'est détachée, et c'est un miracle que cette personne ait pu se cramponner et ne soit pas tombée d'une hauteur de 60 m. Une partie 4 fois plus grande de cette même tour a été ensuite relevée par voie photogrammétrique en une journée, et sans aucun danger.

On procède de plus en plus, lorsqu'il s'agit de refaire les enduits, la peinture sur les façades, etc., aux mêmes recherches que pour le décapage des peintures. Pour de telles études, nous avons fait les relevés très exacts des façades des palais Trautson et Kinsky à Vienne, qui ont servi à inscrire, de façon très localisée, les résultats obtenus.

Arrêtons ici la liste des exemples, qu'on pourrait évidemment multiplier. Il est clair qu'une méthode aussi sûre, évitant tout danger, rapide, objective, plus exacte, et ne nécessitant pas de haute spécialisation supplémentaire du conservateur qui désire l'employer, est appelée à jouer un rôle considérable. Elle apporte enfin une solution rationnelle à l'inventaire, la documentation de la forme, la surveillance de l'état des constructions qui, faute de méthode de relevé à grand rendement, se voyaient si souvent compromis.

Laissons donc faire la majeure partie du travail par la lumière, comme le proposait dès 1900 Scheimpflug le grand pionnier autrichien de la photogrammétrie. Il faut, pour cela, payer les instruments, qui sont chers, mais une augmentation du rendement d'environ 130 fois en quantité, et de 10 fois en qualité, avec le même personnel, a rapidement fait

estimer en Autriche que l'achat avait été amorti en une seule année. Un pays petit et sans grandes ressources, tel que l'Autriche, doté d'un patrimoine artistique aussi considérable — lequel contribue d'ailleurs à équilibrer par le tourisme une balance commerciale sans cela fortement déficitaire — ne peut, selon l'appréciation officielle, s'offrir le luxe de ne pas acheter ou employer ces instruments! L'UNESCO elle aussi, comme le Comité International d'Histoire de l'Art et l'ICOMOS, s'est ralliée à cette appréciation, et propage notamment dans les pays en voie de développement où les nouveaux grands projets menacent un patrimoine culturel important, et où le personnel qualifié est peu nombreux, les méthodes actuellement employées en Autriche, que leur simplicité rend particulièrement adaptées à ces besoins.

Désireuse de participer à cette action, l'Autriche a proposé au Centre International pour la Conservation de Rome d'accepter des stagiaires, pour les familiariser avec les méthodes dont cet exposé ne peut évidemment donner qu'une idée générale. La seule condition posée est que les stagiaires, ou leur gouvernement, prennent à leur charge les frais de ce séjour.

Dr. Ing. HANS FORAMITTI  
*Conservateur aux Services Fédéraux  
des Monuments Historiques d'Autriche*

BIBLIOGRAPHIE SUR LES METHODES D'APPLICATION  
DE LA PHOTOGRAMMETRIE AU SERVICE DE LA CONSERVATION EN AUTRICHE

- 1) EPPEL F.: *Fotogrammetrische Aufnahmen in Eggenburg*. In: Amtl. Mitt. u. Kulturberichte d. Stadt Eggenburg, 7 Jg. (1962), Nr. 3-4.
- 2) FORAMITTI H.: *Fotogrammetrie in Eggenburg*. In: Id.
- 3) FORAMITTI H.: *Moderne Methoden im Bauwesen*. In: Bauindustrie, Jg. 1963, Nr. 3, S. 59-60.
- 4) FORAMITTI H.: *Bildmessung in der Denkmalpflege*. In: Österr. Zeitschrift f. Vermessungswesen, Jg. 51 (1963), Nr. 4, 1 f.
- 5) FORAMITTI H.: *Fotogrammetrische Verfahren in der praktischen Denkmalpflege*. In: Österr. Zeitschrift f. Vermessungswesen, Jg. 52 (1964), Nr. 3, S. 81-85.
- 6) BERLING D.: *Geräte für die Architektur-Photogrammetrie*. In: Österr. Zeitschrift f. Vermessungswesen, Jg. 52 (1964), S. 5-7.
- 7) FORAMITTI H.: *Übersicht über die Möglichkeiten der Bildmessung in der Archäologie*. In: Mitteilungen der Österr. Arbeitsgemeinschaft für Ur- u. Frühgeschichte, Bd. 15 (1964), Heft 3-4, S. 21-38. Verlag Institut für Ur- u. Frühgeschichte Wien I, Universitätsstr. 7-II-1.
- 8) FORAMITTI H.: *Nouvelles méthodes utilisées par le Bundesdenkmalamt de Vienne pour les relevés d'architecture*. In: 2ème Congrès International des Architectes et Techniciens des Monuments Historiques - Venise 1964.
- 9) FORAMITTI H.: *La Photogrammétrie appliquée aux travaux courants de la conservation des Monuments Historiques*. In: Société Française de Photogrammétrie. Bulletin N. 19 « La Photogrammétrie au service de l'Architecture », 1965, p. 19-39.
- 10) BERNHARD J.: *La Photogrammétrie au service des Monuments Historiques. Quelques idées sur la rationalisation des prises de vue et de la restitution*. In: Société Française de Photogrammétrie. Bulletin N. 19 « La Photogrammétrie au service de l'Architecture », 1965, p. 41-48.
- 11) WEIMANN: *Die 30. Photogrammetrischen Wochen in Karlsruhe*. In: Bildmessung und Luftbildwesen, Jg. 1965/4, S. 141. Bericht über Vortrag von Foramitti H.: Neue Tendenzen in der Europäischen Denkmalpflege und die Architekturphotogrammetrie in Österreich.
- 12) *Vermessungstechnik 13. Jg. 1965, Heft 7, S. 269*: Bericht über die österr. Ausstellung am Internat. Kongr. f. Photogrammetrie Lissabon 1965.
- 13) RASLAN M.A.M.: *Inwieweit erfüllt die Architekturphotogrammetrie die Forderungen der Bauforschung und wie weit ist sie vom Architekten anzuwenden? TU Berlin, Diss.* In: Deutsche geodätische Kommission bei d. Bayr. Akademie der Wiss. Reihe C. Dissertationen. Heft. Nr. 80. München 1965 (das vom Denkmalamt Wien angeordnete Verfahren, S. 4 und Anm. 3. Auswertung durch Entzerrung, S. 51).
- 14) FORAMITTI H.: *Neue Tendenzen in der europäischen Denkmalpflege und die Architekturphotogrammetrie in Österreich*. In: 30. Photogrammetrische Wochen in Karlsruhe, 1965.
- 15) FORAMITTI H.: *Diskussion zur Besprechung des Dissertation M.A.M. Raslan durch Prof. A. Tschira*. In: Bildmessung und Luftbildwesen, Jg. 34 (1966), Heft 1, S. 22-23.
- 16) ACKERL F.: *Neue Möglichkeiten für die Anwendung der Photogrammetrie mit Farbmessbildern im Denkmalschutz, in der Architektur und Archäologie*. In: Forschungen und Fortschritte. Nachrichtenblatt d. deutschen Wissenschaft und Technik, 1966 Jg. 40 Heft 7 S. 205-208.
- 17) *Katalog der Ausstellung « Österreichische Kunst. Forschung und Erhaltung »*, Bregenz, Vorarlberg Landesmuseum, 13. Juni bis 2. Oktober 1966. S. 83-90, Taf. 20. Österr. Bundesdenkmalamt 1966.

- 18) FORAMITTI H.: *Architekturbildmessung zur städtebaulichen Bestandserfassung aus der Sicht des Architekten, Städteplaners und Denkmalpflegers. Arbeitsunterlage - A-700 und Besprechungsunterlage d. 5. Arbeitstagung: «Die Erneuerung unserer Städte, Märkte und Dörfer»*, Wien 1-5 Juni 1966. der Forschungsges. f. den Wohnungsbau. 27 S. Masch. Schr. Vervielf. Verlag: Forschungsgesellschaft für den Wohnungsbau, im ÖIAV, Wien, I, Eschenbachg. 9. 1966.
- 19) FORAMITTI H.: *Die Bildmessung in der Hand des Baufachmannes*. In: Deutsche Bauzeitung Jg. 1966, Heft 9, S. 786-792, Heft 10, S. 874-880. Von diesem Aufsatz wurde eine englische, franz., portugis. und Japanische Übersetzung vorbereitet.
- 20) FORAMITTI H.: *La photointerprétation au service de la revitalisation des sites historiques*. Symposium de photointerpretation de la comm. VII de la Soc. Internat. de Photogrammétrie à Paris, Sept. 1966, Paris, Editions Techniques, 1967.
- 21) FORAMITTI H.: *Einsatz eines Wyssen-Diopter Kompasses für Architektur-Vermessungen*. In: Baumaschine - Baugerät - Baustoff Jg. 1966, Heft 7. S. 263-265.
- 22) FORAMITTI H.: *Rationalisierung im Zeichenbureau durch den Plan-Variographen*. In: Baumaschine - Baugerät - Baustoff Jg. 1967, Heft 1 S. 5-8.
- 23) FORAMITTI H.: *A fotogrammetria alkalmazása az ostrák műemlékvédelemben*. In: Geodózia és Kartográfia Jg. 19 (1967) Heft 1 S. 12-15.
- 24) JIRINEC, MILOSLAV: *Merická dokumentace V památkové péci*. In: Monumentorum Tutela-ochrena. Pamiatok - obzor 1966, No. 1, p. 113-133.
- 25) FREY, EGON u. MILOSLAV JIRINEC: *Soucasny stav merické dokumentace v památkové péci v Rakousku*. In: Památková péce. Jg. 27 (1967), Heft 4, S. 114-118.
- 26) KOVATS ATTILA: *az épületfelmérés újabb módszere in Műemlék Védelem*, 1967, 11. Jg., Nr. 2, S. 108-109.
- 27) FORAMITTI HANS: *Műemléképületek felmérésének módszere es eredményei ausríaban in Műemlék Védelem*. 1967, 11. Jg., Nr. 2, S. 109-118.
- 28) FORAMITTI HANS: *Fotogrametria w. Zostosawaniu do pomiarów Zabytków w Austrii*, in: Ochrona Zabytrów 1967, [2, (77), XX]. S. 24-38.
- 29) ACKERL FRANZ: *Zur Verwendung von Messbildern für photogrammetrische Auswertung und Interpretation im Denkmalschutz*. In: Internationales Archiv für Photogrammetrie XVI, V, S. 3-7.
- 30) ACKERL FRANZ: *Die Verwendung von Farbaufnahmen in der Photogrammetrie*, in: Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen. 55. Jg. (1967), Nr. 3, S. 1-6, verfasst im Jahre 1967, jedoch noch im erscheinen.
- 31) FORAMITTI HANS: *Praktische Erfahrungen beim Aufbau der Photogrammetrischen Abteilung des Bundesdenkmalamtes in Wien*, in: Photogrammetrie und Architektur. Voraussichtliches Erscheinen 1969, Verlag Werner, Düsseldorf.
- 32) *The use of Measured Drawings and Architectural Photogrammetry in the Programmes for the Restoration and Conservation of Monuments*, in: Manual on the Restoration of Monuments, Voraussichtliches Erscheinen, 1969.
- 33) FORAMITTI HANS: *Kulturgüterschutz (Kapitel Formdokumentation)*. Voraussichtliches Erscheinen, 1969.
- 34) FORAMITTI HANS: *Lecture in the Austrian Institute of Culture*. London, 1967.
- 35) FORAMITTI HANS: *Lecture in the Austrian Institute of Culture (London)*. Bericht in: Photogrammetric Record, Vol. 5, Nr. 30. Oct. 67, p. 507.
- 36) ALZINGER W. und FORAMITTI H.: *Zur Anwendung photogrammetrischer Messmethoden in der Archäologie*, in: Österreichisches Archäologisches Institut. Grabungen 1966. Bd. 47 der Jahreshefte der Österr. Archäol. Institutes 1964-1965, Wien 1965.
- 37) KOVATS ATTILA: *Építészeti hépmérés Bécaben (Architektonische Photogrammetrie in Wien)*, in: Geodézia és Kartográfia, Budapest 1968, Nr. 1, S. 63 f.
- 38) CZEDIK-EYSENBERG MARIA: *Photogrammetrie in der Denkmalpflege*, in: Bauforum, Jg. 1968, Heft 5-6, S. 47.
- 39) FORAMITTI HANS: *Die Photogrammetrie im Dienste der Osterreichischen Denkmalpflege*, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege, Jg. XXII, (1968), Heft 2, S. 112-123.
- 40) HAHNLOSER H.R.: *Sur l'utilité des Archives stéréo-photogrammétriques*, in: Bulletin du CIHA, année II (1967), Avril, Juin, Septembre. Paris: Institut d'Art et d'Archéologie, p. 30-31.

- 41) *Comité International d'Histoire de l'Art*. Colloque de Venise 19-21 Septembre 1967. Avec l'aide de l'UNESCO, sur recommandation du CIPSH: Les responsabilités de l'historien dans la conservation et la restauration des Monuments et Oeuvres d'Art. Résolution III adoptée par le CIHA au congrès de Venise, in: Bulletin du CIHA, Année II (1967), Avril-Juin-Septembre. Paris: Institut d'Art et d'Archéologie, p. 32.
- 42) ALZINGER WILHELM: *Bildmessung und Archäologie*, in: Österreichisches Archäologisches Institut. Jahreshefte des österreichischen Archäologischen Institutes. Graz 1967, Band 48, 1966-67. Wien 1968, S. 47-51.
- 43) FORAMITTI H.: *Die praktische Auswirkung des Neigungsrechners zum Terragraphen von C. Zeiss in der Denkmalvermessung*, Jg. 56, Nr. 5.
- 44) CARBONNELL MAURICE: *L'histoire et la situation présente des applications de la photogrammétrie à l'architecture*, in: Colloque sur l'étude de la photogrammétrie appliqué aux Monuments Historiques, St-Mandé 4-6 Juillet 1968 organisé par l'ICOMOS.
- 45) XIème Congrès International de Photogrammétrie, Lausanne 8-20 Juillet 1968. Commission V. Applications spéciales de la Photogrammétrie. Rapport sur invitation Maurice Carbonnell: L'Histoire et la situation présente des applications de la Photogrammétrie à l'Architecture S. besonders die Abschnitte II, B. 1, 2, Farbbilder zu Ende des Abschn. II/B; Abschnitt III, Autriche (S. 20 f.), Abschnitt IV, S. 26.
- 46) DIAZ-BERRIO SALVADOR: *Commentarios a la Carta Internacional de Venecia*. Universidad de Guanajuato, Mexico 1968, p. 11, 12 - Fig. 12, 13, 14.
- 47) FORAMITTI H.: *Expériences dans l'application courante de la photogrammétrie au service des Monuments Historiques*. In: ICOMOS. Colloque sur l'étude de la photogrammétrie appliquée aux Monuments historiques. St-Mandé, 4-6 Juillet 1968.
- 48) FORAMITTI H.: *Diskusni prispevek o fotogrammetrickém zaméro vām pamatkovych objektu v Rakousku*. Die Bildmessabt. des österr. Bundesdenkmalamtes. In: I. Geodetické symposium o zamerování pamatek. Praha 15-18 října 1968.
- 49) ANREND MARTIN: *Photogrammetrische Grossgeräte III. Photogrammetrische Auswertgeräte für Kartenherstellung und Koordinaten ermittlung, Abs.: Doppelprojektor DP 1, Stereoskop und Terragraph* in: Zeiss Informationen 1969, Nr. 71, S. 25, Abb. 35, 36a, 36b.

FIGURES



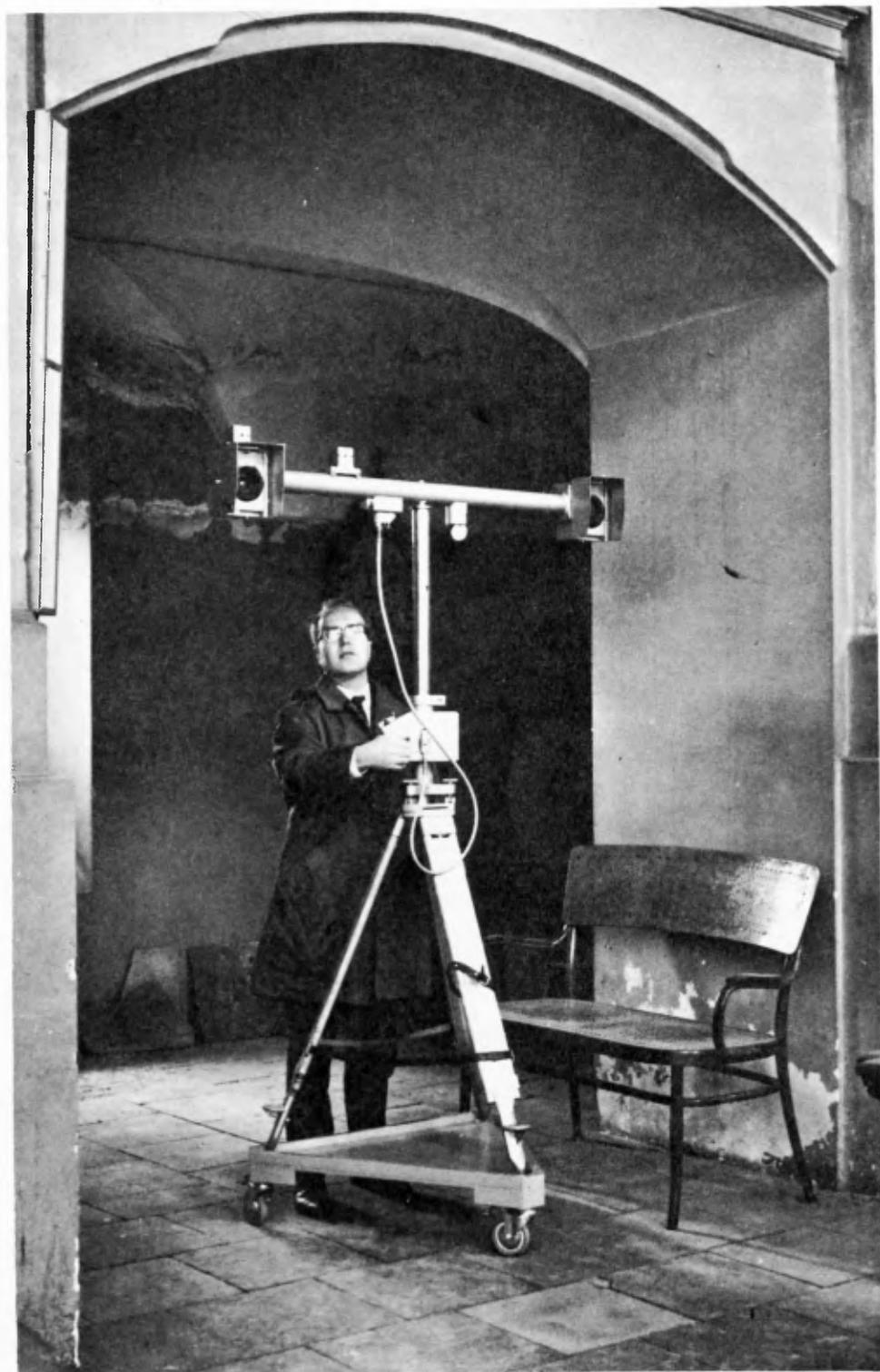


Fig. 1



Fig. 2/a



Fig. 2/b

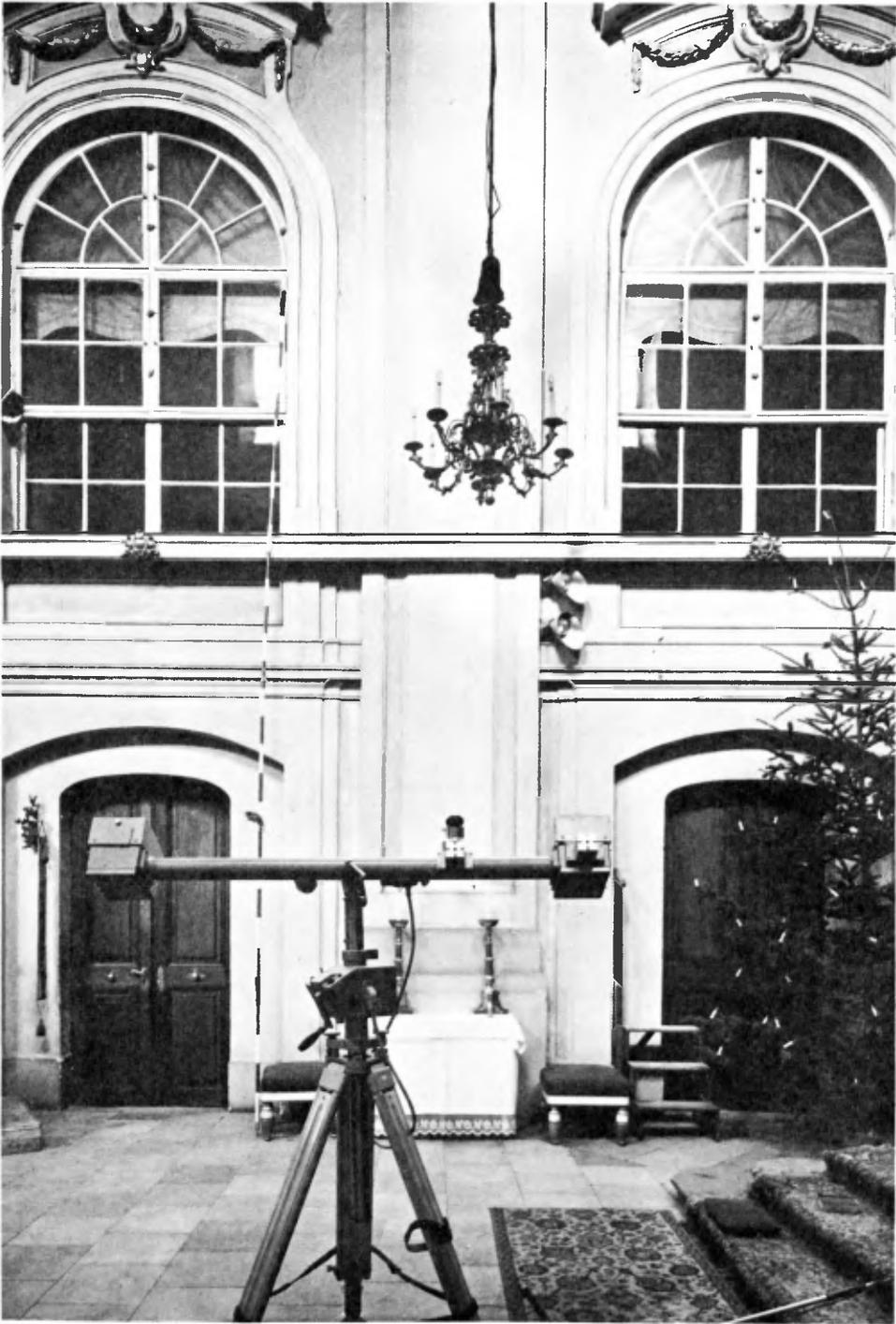


Fig. 2/c



Fig. 3



Fig. 4/a

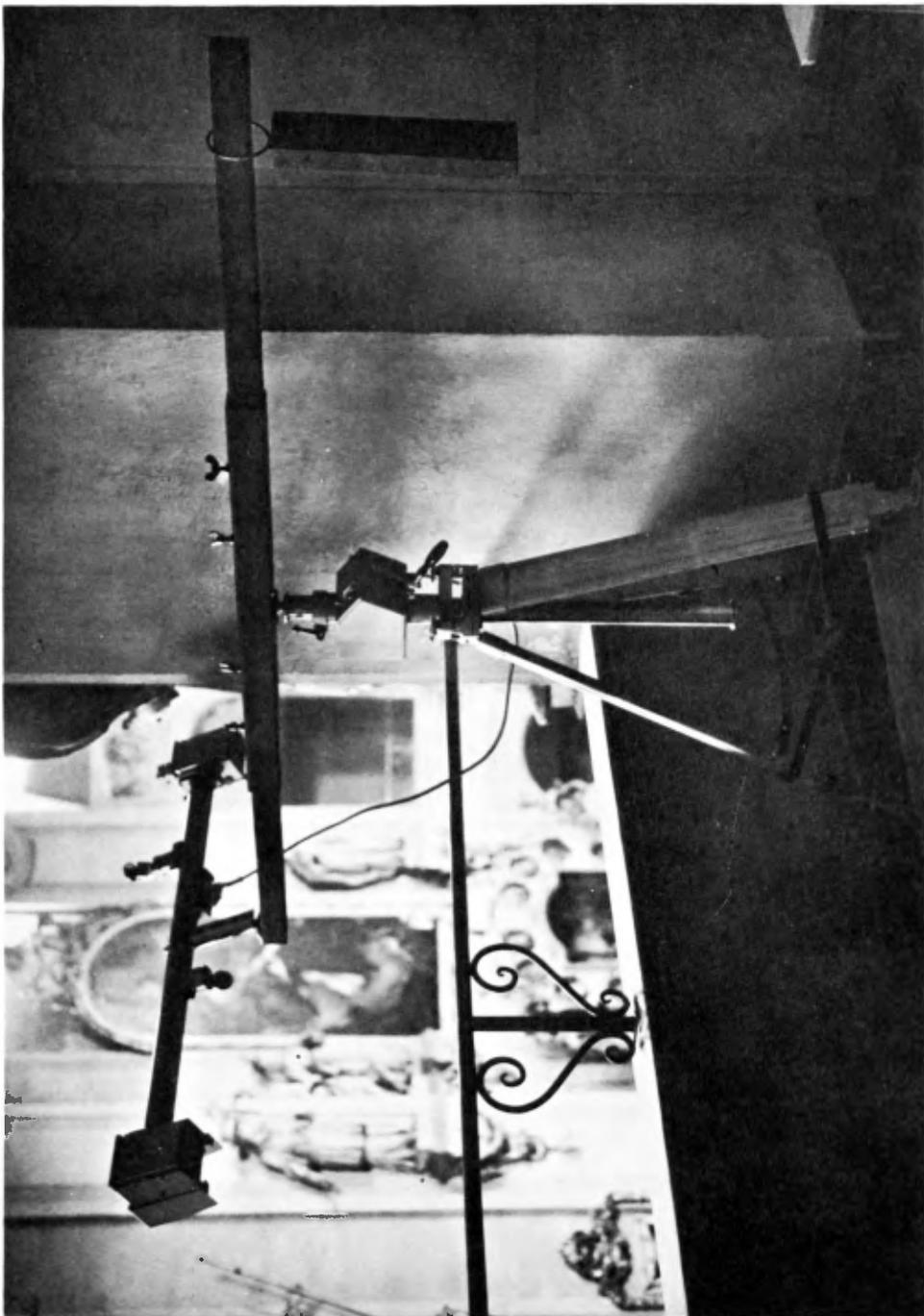


Fig. 4/b

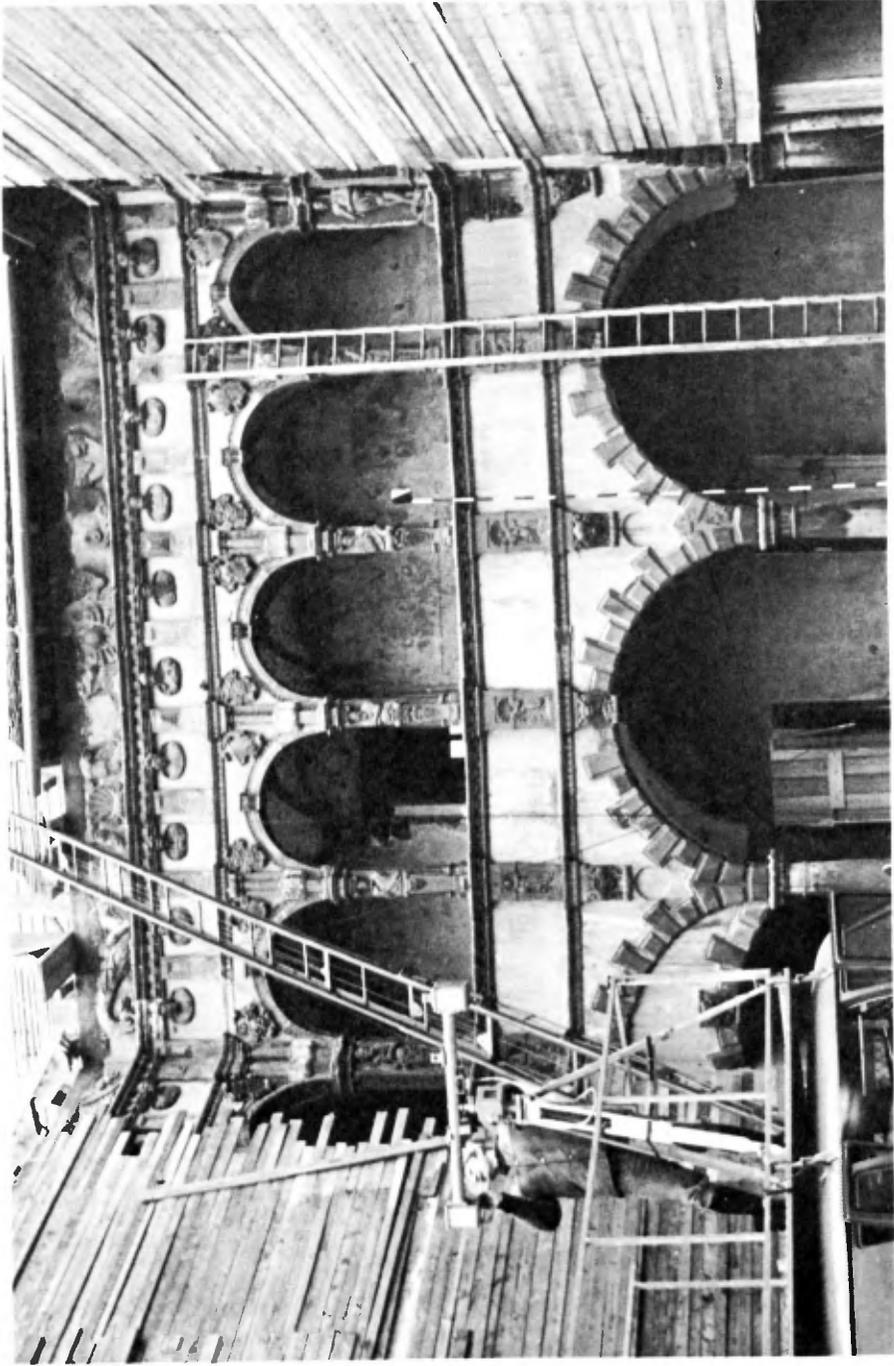


Fig. 5



Fig. 6

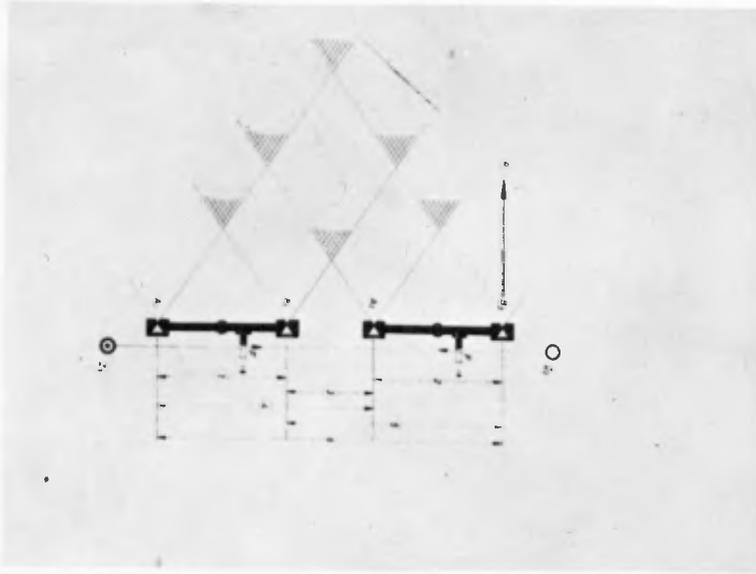


Fig. 7

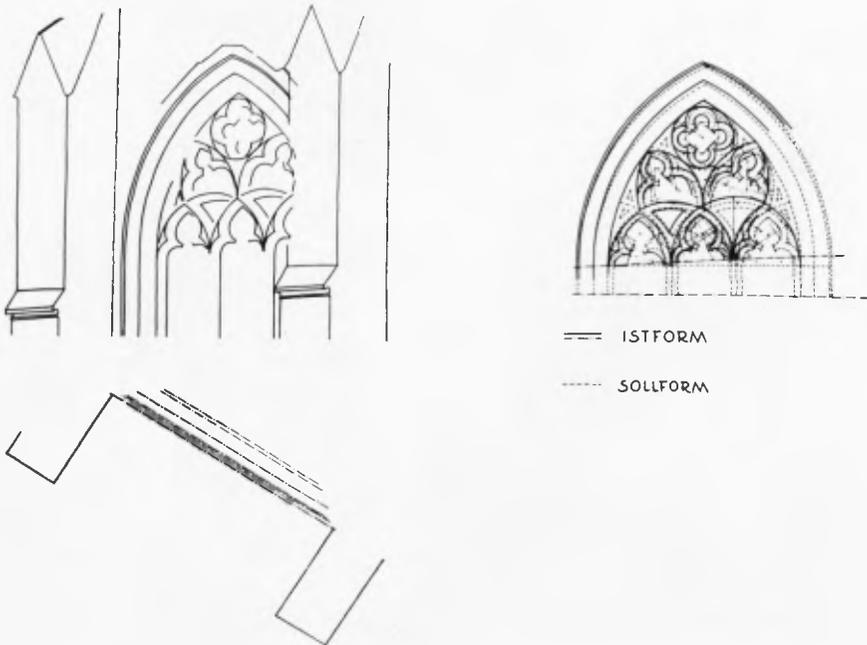
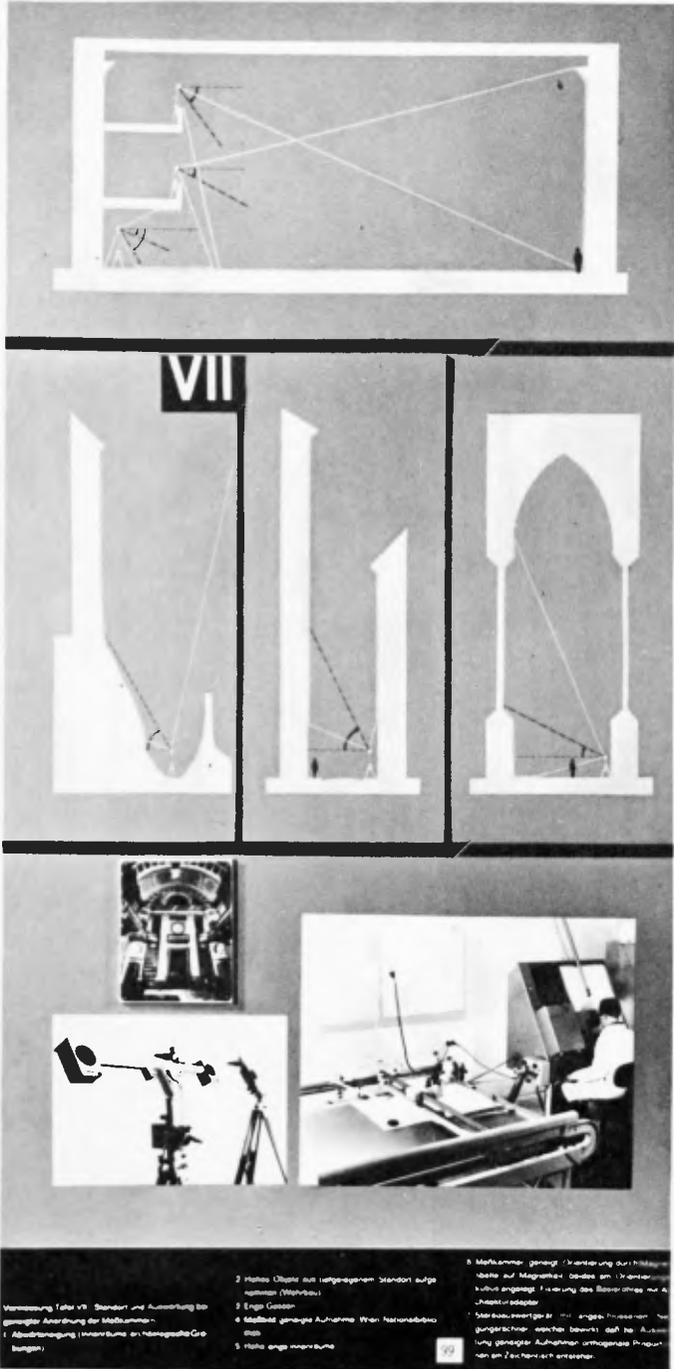


Fig. 8



Vermessung Table VII: Standort und Ausrichtung bei  
 geneigter Anordnung der Bildkammer  
 1. Abbildungsebene (Hauptkammer an Hagia Sophia, Gra-  
 benburg)

- 2. Halbes Objekt auf verlegbarem Standort aufge-  
 stellen (Wahrhaus)
- 3. Enge Gasse
- 4. Keilförmig geneigte Aufnahme-Wand, Nord-Süd-Ober-  
 mit
- 5. Halbes enge Hauptkammer

6. Markkammer geneigt (Drehung durch Hilfsgerä-  
 te) auf Magnetkraft, dabei am Transparenz-  
 schicht geneigte Fixierung des Bildschirms mit A-  
 chsenverstellung  
 7. Markkammer geneigt mit enger Fixierung, her-  
 gungsschicht, dabei bewirkt daß bei Ausrich-  
 tung geneigter Aufnahme umgekehrte Projektion  
 an ein Zeichen sich ereignet.

Fig. 9/a

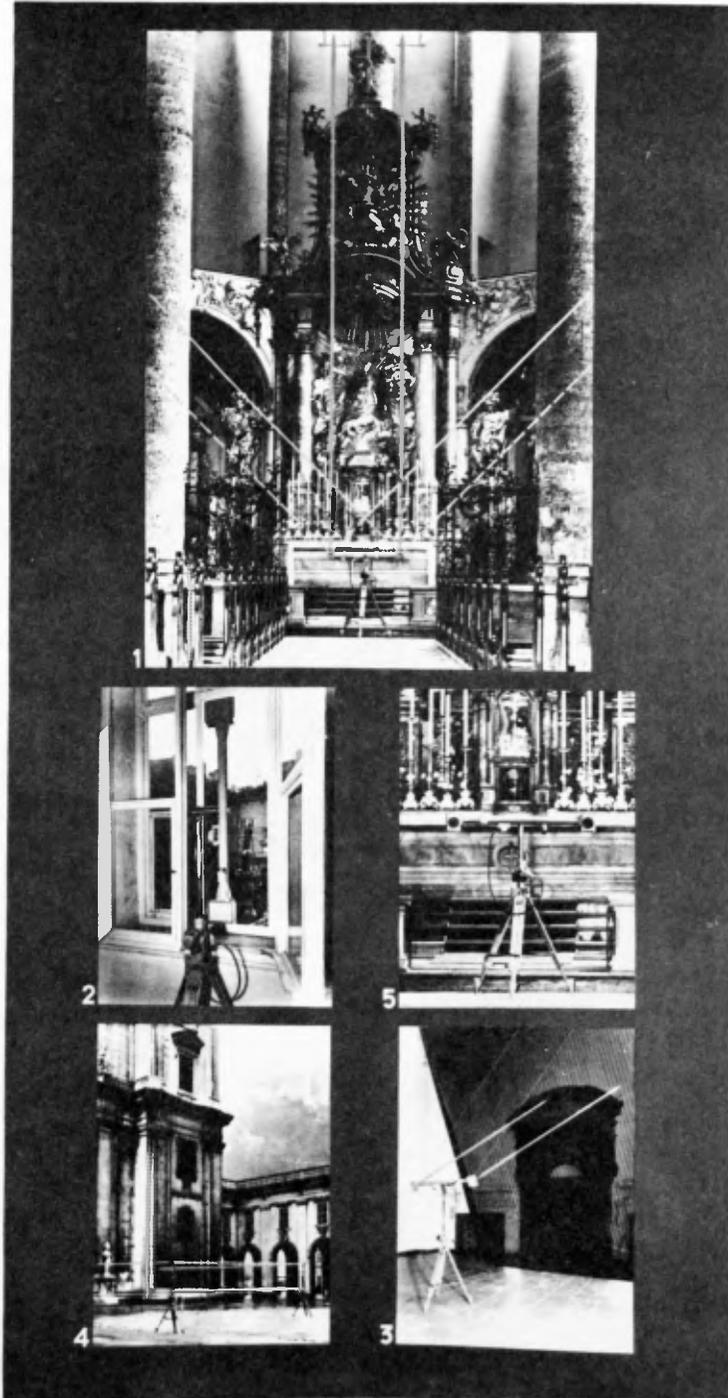


Fig. 9/b



Fig. 10



Fig. 11

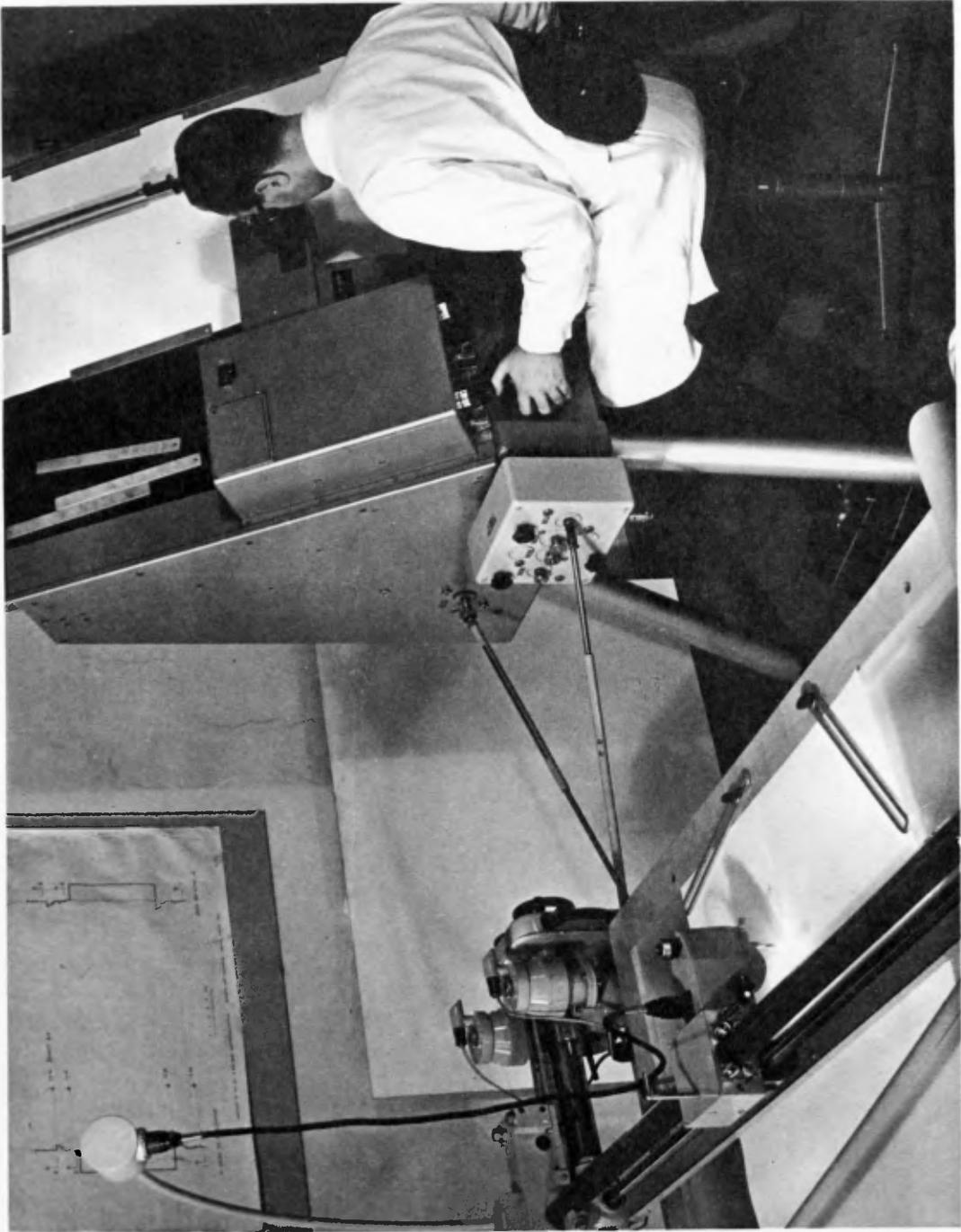


Fig. 12



Fig. 13

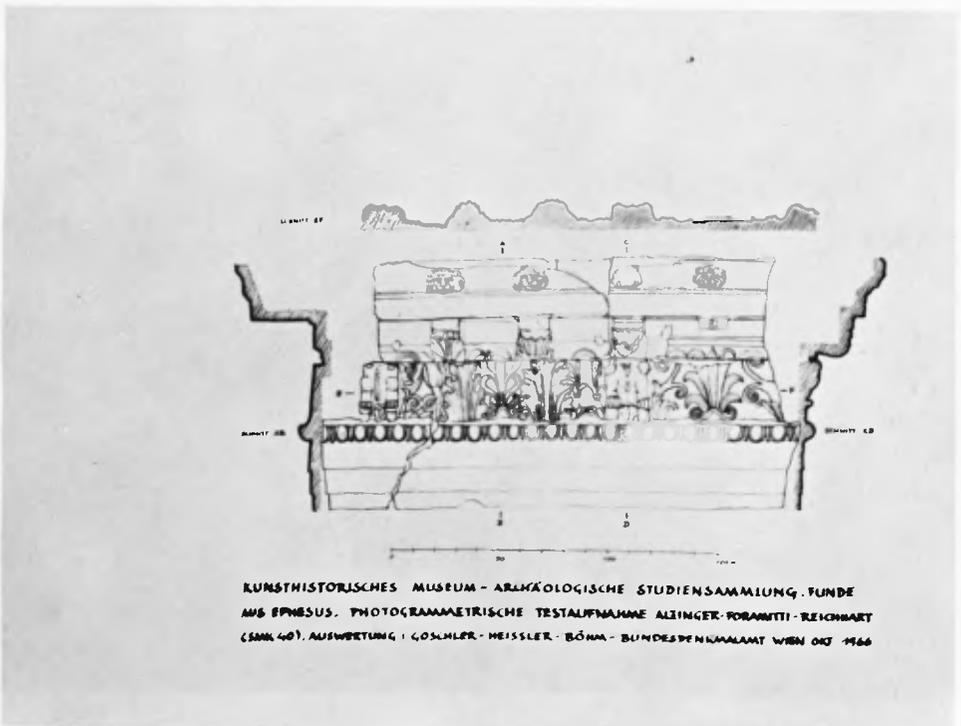


Fig. 14

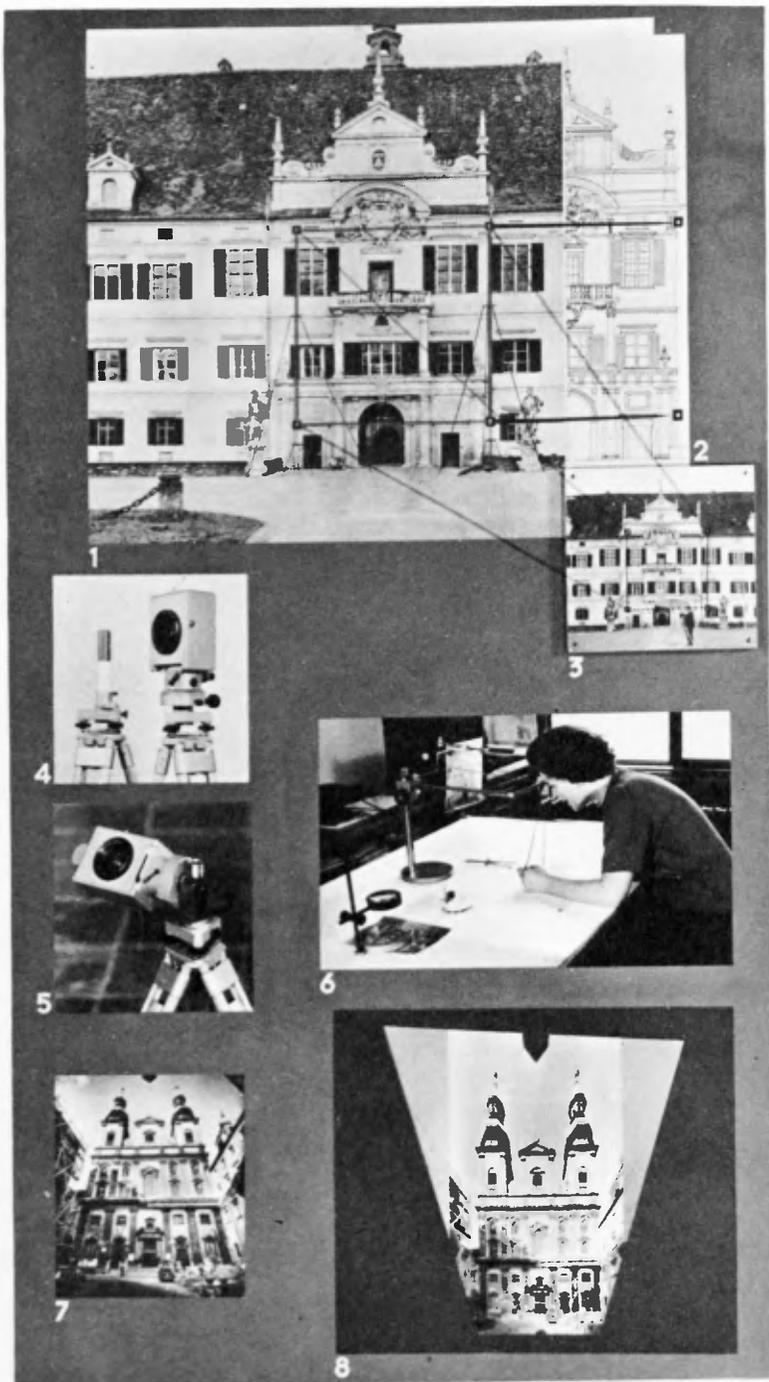


Fig. 15

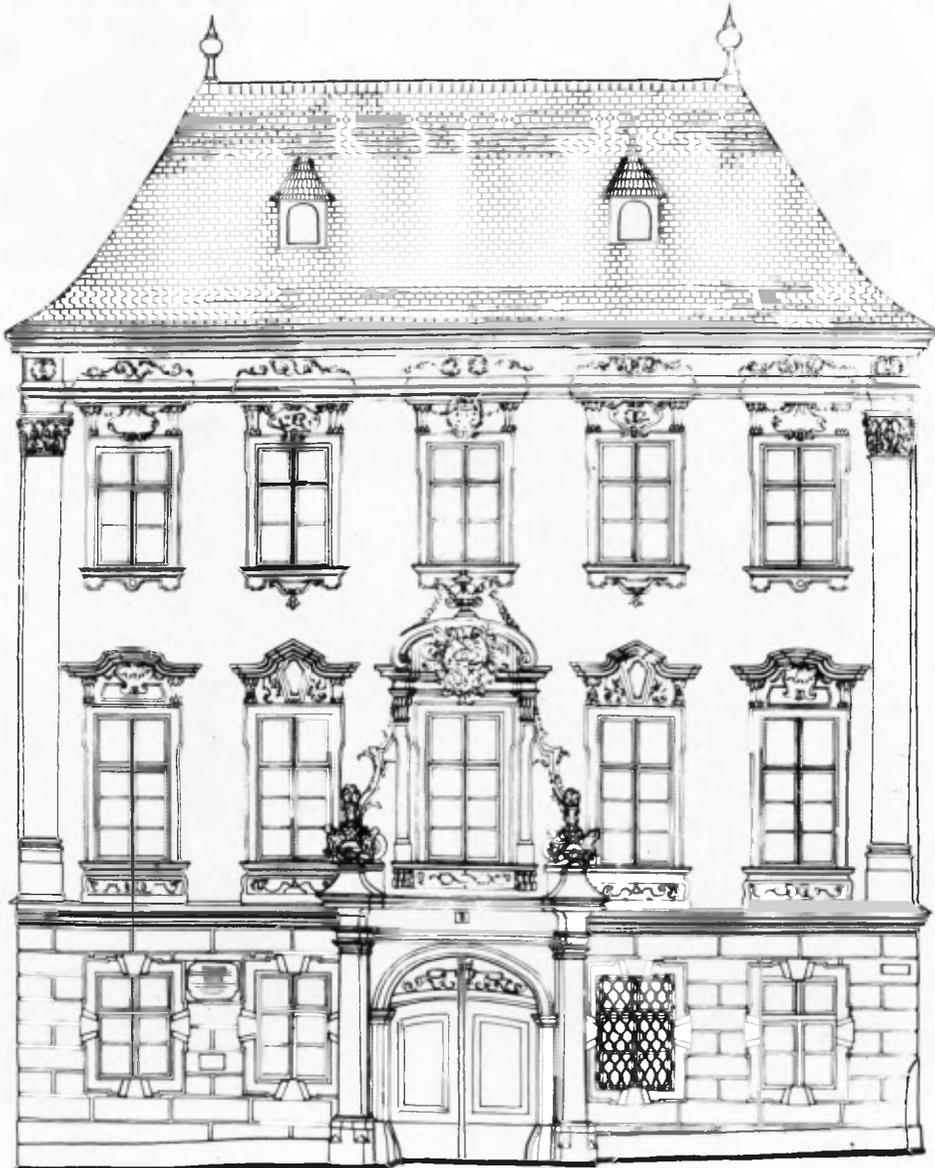
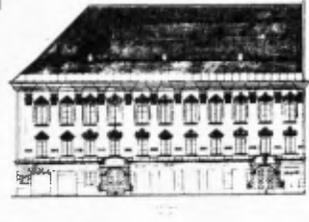


Fig. 16

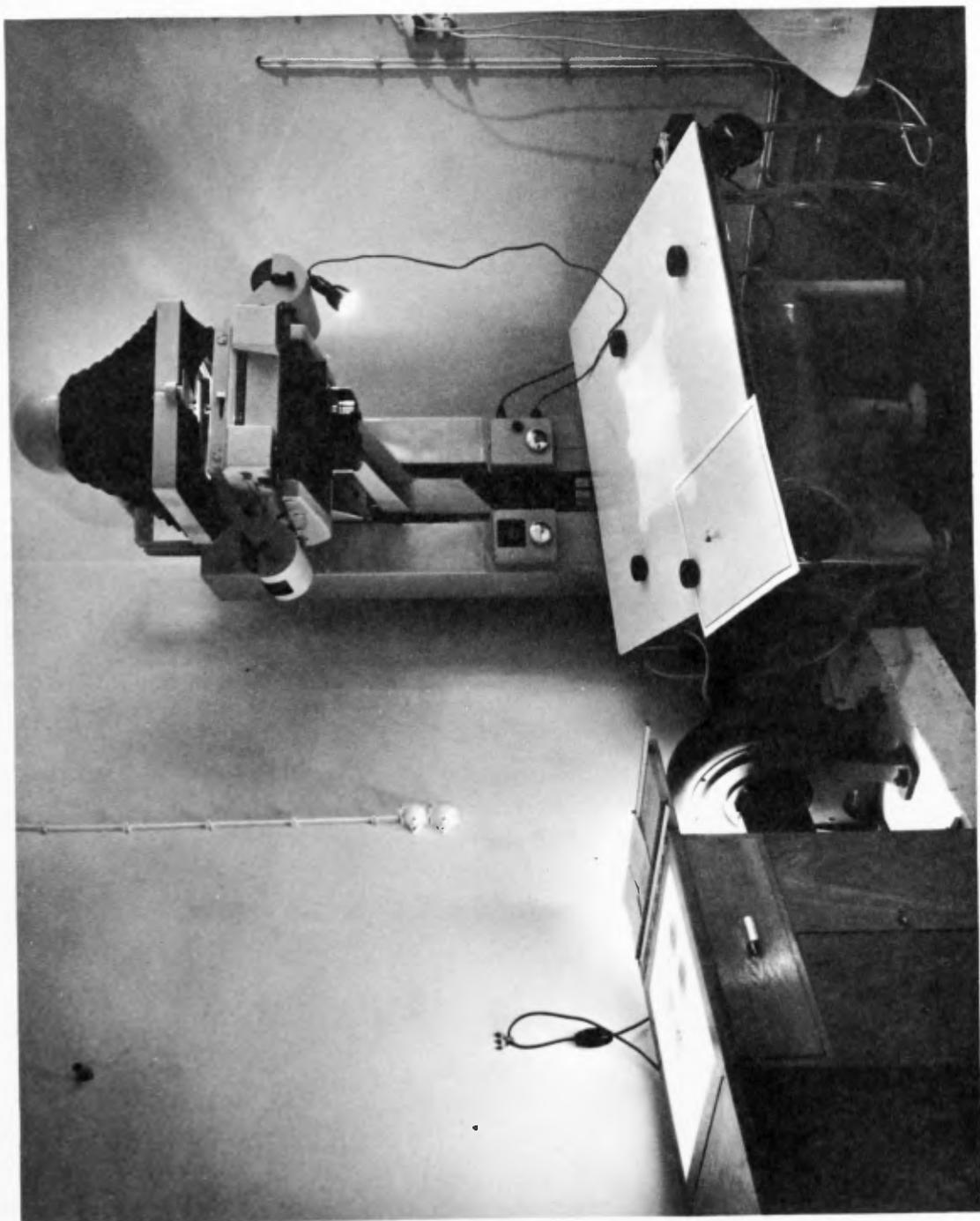


Fig. 17



INNSBRUCK — HOFBURG  
RIESENSAAL . DECKENFRESKO  
BUNDESDENKMALAMT  
NR 65 MAI 1967 H 1 5

FINITO DI STAMPARE  
APRILE 1973





