



1971

**SYMPOSIUM INTERNATIONAL
SUR LE MESURAGE DES MONUMENTS**

SYMPOSIUM
INTERNATIONAL
SUR LE MESURAGE
DES MONUMENTS

La Société Tchécoslovaque
Scientifico—technique
Le Comité tchécoslovaque
de géodésie et cartographie

et

Le Comité International
de Photogrammétrie Architecturale

SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LE MESURAGE DES MONUMENTS

Publié avec la coopération
de la Commission tchécoslovaque pour l' UNESCO

BRNO, JUIN — 1971

„La conférence générale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, réunie à Paris, du 12 octobre au 14 novembre 1970, en sa seizième session, ...

considérant que les biens culturels sont un des éléments fondamentaux de la civilisation et de la culture des peuples, et qu'ils ne prennent leur valeur réelle que si leur origine, leur histoire et leur environnement sont connus avec la plus grande précision, ...“

(Convention concernant les mesures à prendre pour interdire et empêcher l'importation, l'exportation et le transfert de propriété illicites des biens culturels — Adoptée à la 38^e séance plénière, le 14 novembre 1970.)

La documentation sur le mesurage des monuments historiques exploitant les méthodes géodésiques et photogrammétriques enrichit de beaucoup la protection des monuments. Cette activité entre dans le champ de l'intérêt des spécialistes de la protection qui élaborent la documentation nécessaire ou bien en profitent.

La Société Tchécoslovaque Scientífico-Technique, le Comité Tchécoslovaque de Géodésie et Cartographie et le Comité International de Photogrammétrie Architecturale ICOMOS-ISP organisent avec le concours du Comité National Tchécoslovaque de l'ICOMOS, de l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques et de la Nature, du Centre Régional de la Protection des Monuments Historiques et de la Nature de Brno, de l'Entreprise nationale Inženýrská geodézie de Brno, de l'Entreprise nationale Inženýrská geodézie de Praha et de la Faculté de Construction, branche geodézie et cartographie ČVUT — titulaire de l'Ordre du Travail à Praha

SYMPOSIUM INTERNATONAL SUR LE MESURAGE DES MONUMENTS HISTORIQUES

en continuant les travaux commencés de 1^{er} symposium geodésique sur le mesurage des monuments historiques organisé à Praha en octobre 1968. Nous espérons que l'échange des points de vue aidera à élever le niveau de la qualité et de l'économie de ces travaux. Nous souhaitons que les résultats de cette rencontre se manifestent dans la réalisation des buts et des tâches de la protection des monuments historiques.

le Comité Préparatoire

A propos de la documentation de levé d'ouvrages historiques

par le Dr. JAROSLAV PETRŮ,
Centre Régional de la Protection des Monuments Historiques
et de la Nature à Brno

Le premier symposium géodésique sur le „Levé d'ouvrages historiques“ qui s'est tenu à Prague il y a trois ans, exactement en octobre 1968, a révélé dans ses rapports et interventions (1), combien ces problèmes qui ont acquis, justement au cours de ces dernières années une ampleur quantitative et qualitative extraordinaire (2), étaient importants et traités à fond.

Si nous voulions résumer les raisons et les causes de cette évolution, nous dirions qu'à côté de l'aspect principal de l'essor brusque et automatique de la technique, il s'agit de l'exigence consciente de la conservation et de la protection du patrimoine culturel, exigence découlant intellectuellement de

la connaissance scientifique, rationnellement de notions économiques et aussi émotivement de la simple nécessité de vivre dans un monde dont la technicité est poussée jusqu'à l'absurde.

Comme l'indique déjà la racine grecque du mot, la géodésie est liée en premier lieu à la terre, donc à la matière, mais elle est également obligée de faire face à l'espace. Il s'agit donc, comme on le voit, de se familiariser avec les théories fondamentales. La protection des monuments, en tant qu'activité concrète et éminemment pratique, ne peut d'ailleurs être rien d'autre qu'un ensemble de soins voués aux monuments (3), mais au terme „monuments“ on ne peut pas attribuer une signification

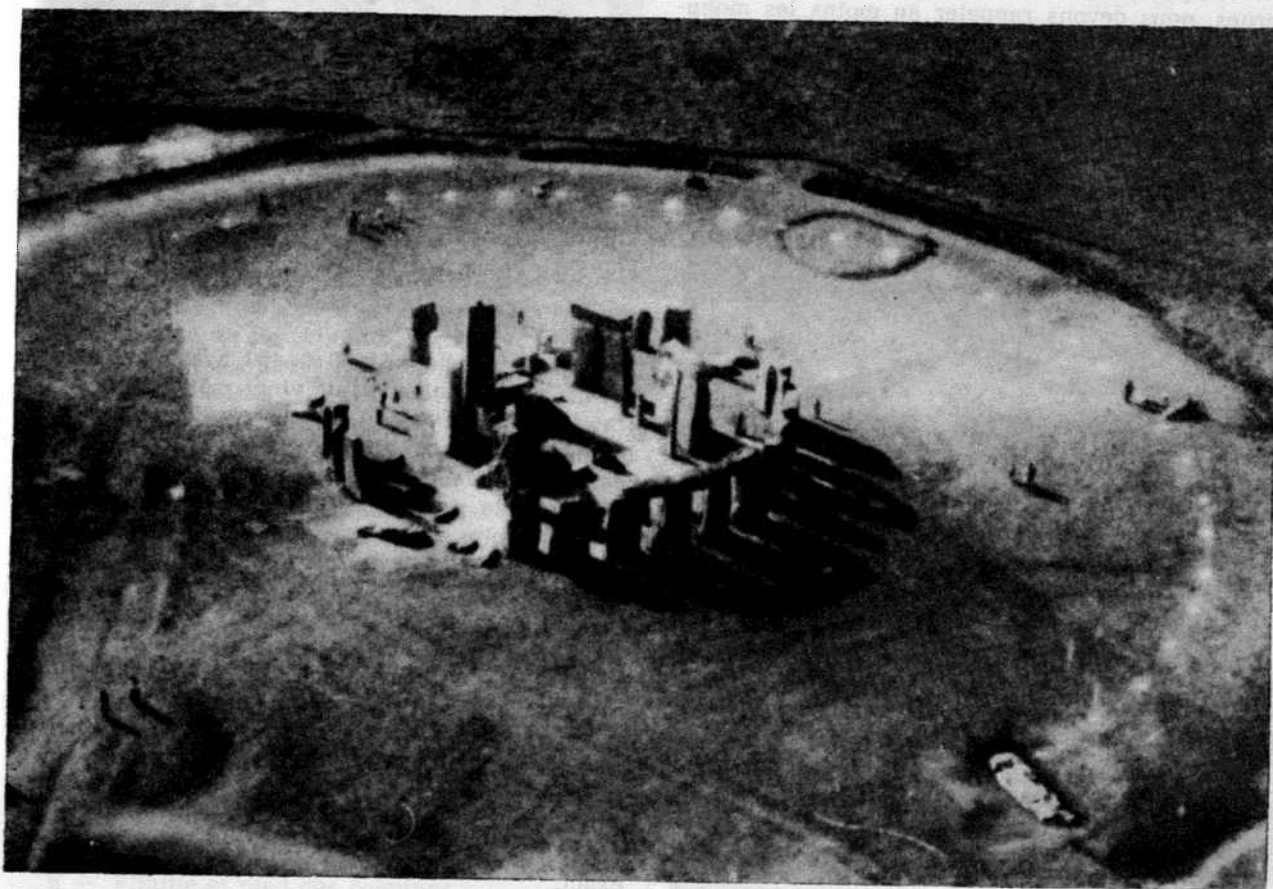


Fig. 1. Vue aérienne de Stonehenge, reproduction des archives du Centre régional de la Protection nature des monuments historiques et de la KSSPPOP de Brno (J. Secký).

univoque. C'est là, en général, qu'il faut voir la pomme de discorde due à la diversité de formation des travailleurs de la protection des monuments. Ceux qui ont reçu une éducation humaniste aux universités (en particulier les historiens de l'art) voient dans le monument surtout une œuvre d'art, ceux qui ont une instruction technique (en particulier les architectes) conçoivent le monument comme un ensemble de problèmes surtout techniques. La vérité, comme d'habitude, est bien moins simple et se trouve quelque part au milieu de ces points de vue. Même si notre revue internationale officielle porte le nom de MONUMENTUM, il ne faut pas oublier que pour connaître le monument, le document — DOCUMENTUM — est indispensable.

Nous savons tous qu'il y a une certaine limite et qu'il existe des circonstances inexorables dans lesquelles le document (au sens le plus large du mot depuis une mention dans le texte, rapport, contrat, compte, en passant par le croquis original, les plans du projet, le dessin ultérieur de l'étude, la gravure et, récemment, la photographie) n'existe pas. On dit alors que, dans ce cas, le monument tient lui-même lieu de document (4). Mais là, généralement, on a recours à la simple critique forfaitaire du style. Et pourtant la vérité qui dit qu'un tel monument sans documentation témoigne de lui-même est plus profonde qu'on ne le croirait. Sans entreprendre de grandes incursions dans l'histoire, depuis la protohistoire jusqu'aux temps modernes, nous devons rappeler au moins les monuments mégalithiques, dont le cromlech de Stonehenge (vers 1500 avant notre ère) est une preuve convaincante que la simple observation optique et l'examen du monument „in situ“ ne suffisent pas (figure n° 1). Le levé exact d'un monument de ce genre permet de s'engager sur la voie menant à la compréhension de son sens, surtout s'il est lié à un

temps cosmique comme c'est le cas de celui de Stonehenge (5). Il en est de même pour les monuments de la civilisation égyptienne où l'idée de la voie, l'idée du temps sont encore plus accusées.

Toutefois, comme on le sait, „la norme archaïque du temps a été surpassée dans la Grèce classique par la norme spatiale de la beauté transcendant l'expérience quotidienne du réalisme naïf“. Prenons dans la civilisation de l'Antiquité seulement l'exemple de Paestum en Italie, où toute „assimilation au sentiment“ n'est qu'un enthousiasme romantique pour autant que l'émotion ne découle pas d'une véritable connaissance. Et la véritable connaissance commence au moment où nous disposons d'un levé précis qui révèle, par exemple, que le

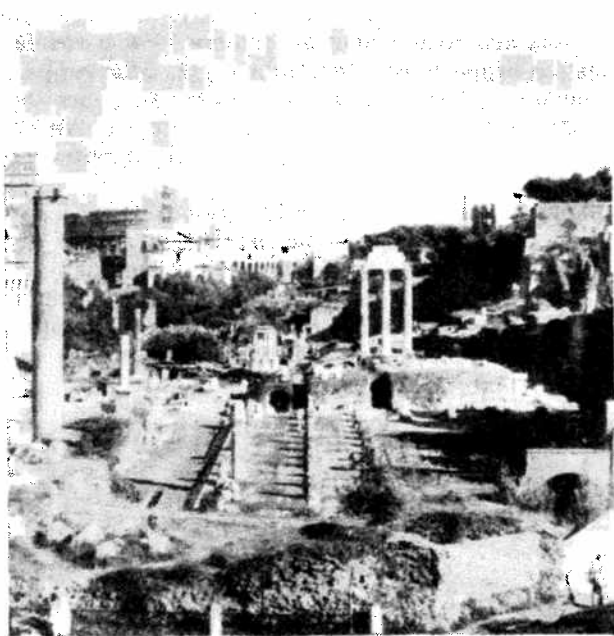


Fig. 3. Le Forum Romanum à Rome (photo de J. Petru).



Fig. 2. Façade principale du temple de Poséidon à Paestum (photo de J. Petru).

temple de Poséidon (460 à 450 avant notre ère) a dans son entablement de vingt mètres une architrave qui est en retrait sur les côtés et bombée au milieu de deux centimètres (figure n° 2). Seul le levé permet de comprendre pourquoi les colonnes de la façade principale du temple ont cinq centimètres de plus d'épaisseur que les colonnes latérales; en effet, le levé fait ressortir les colonnes d'angle qui compensent en plan les deux différences par leur forme elliptique aplatie dont découle, grâce à une cannelure plus dense, l'illusion de compacité désirable pour la création de l'espace et qui va jusqu'au décalage des chapiteaux (6). Là, on aboutit à l'expression et au sens de l'édifice par la connaissance des rectifications optiques des architectes grecs, c'est-à-dire par des détails techniques de construction qui ne peuvent être découverts et généralisés effectivement qu'au moyen d'un levé exact.

La connaissance surprenante des principes de la construction, de leur effet plastique et leur applica-

tion naturelle dans l'espace ne font que confirmer le sens „sculptural“ bien connu des Grecs qui, adopté, s'est développé dans un autre milieu en virtuosité „picturale“ des Romains, chez qui le traité bien connu de Vitruve (7) de l'époque de l'empereur Auguste documente pleinement la tendance encyclopédique au sens du canon pratique dans lequel sont résumées la théorie et la pratique architecturales, étant ainsi un témoignage latent de nombreux écrits théoriques helléniques (fig. n° 3).

Après la désagrégation du monde antique et la discontinuité dans l'évolution culturelle, la période du Moyen Age n'a abandonné que lentement la caractère spéculatif de la construction abstraite, surveillée au chantier des guildes et appuyée sur une explication mystique (8) (figure n° 4) pour en arriver à une forme un peu plus libre, étayée sur la connaissance du monde extérieur (9) (figure n° 5). En fait, ce ne fut que la Renaissance qui ouvrit pleinement cette voie et là, enchaînant avec l'Antiquité et Vitruve, les théoriciens italiens s'engagent sur le chemin conscient de la connaissance.

„... je me suis consacré à la recherche des vestiges de bâtiments anciens qui ont subsisté malgré le temps et la cruauté des barbares; ayant constaté qu'ils méritaient beaucoup plus d'attention que je ne l'avais supposé auparavant, je me suis mis à mesurer très en détail et avec le plus grand soin chacun de leurs éléments.“ C'est ce qu'écrivit Andrea Palladio (1508 — 1580) dans la préface à son Premier Livre d'architecture (10), et il me semble que le chapitre XXVI de son Quatrième Livre de l'architecture (11) soit le plus caractéristique pour notre thème et je me permets donc d'en faire une citation intégrale: „Le temple, sui suit, se trouve sur une place d'Assise, ville d'Ombrie, et il est d'ordre corinthien. Dans ce temple méritent l'attention les plinthes placées sous les colonnes du portique, car, comme je l'ai déjà dit plus haut, on voit sur tous les autres temples anciens que les colonnes des portiques partent directement du sol, et je n'en ai pas vu d'autre qui ait des plinthes. Entre deux plinthes il y a toujours des marches qui montent de la place vers le portique. Les plinthes ont une hauteur égale à la largeur de l'entrecolonnement médian qui est de deux pouces plus large que les autres. L'ordonnance de ce temple est celle que Vitruve appelle systyle, c'est-à-dire à deux diamètres. L'architrave, la frise et la moulure, toutes ensemble, ont une hauteur légèrement supérieure au cinquième de la hauteur de la colonne. La moulure qui forme le fronton a des feuilles à la place des mutules et, pour le reste, elle ressemble complètement à celle qui passe directement au-dessus des colonnes. La longueur de la cella du temple est d'un tiers plus grande que sa largeur. J'en ai fait trois tableaux. SUR LE PREMIER se trouve le plan. SUR LE DEUXIEME l'élévation de sa façade principale. SUR LE TROISIEME sont les ornements:

- A — Chapiteau, architrave, frise et moulure,
- B — Plinthe et pied des colonnes,
- C — Moulure formant le fronton,
- D — Pied divisé en douze pouces.“



Fig. 4. Jésus-Christ comme architecte, miniature française du XIIIe siècle, reproduction des archives de KS SPPPO de Brno (J. Secký).



Fig. 5. — Autoportrait de A. Pilgram à l'église Saint-Etienne de Vienne (photo de J. Petru).



Fig. 6. Temple de la déesse Minerve à Assise (photo de J. Petrů).

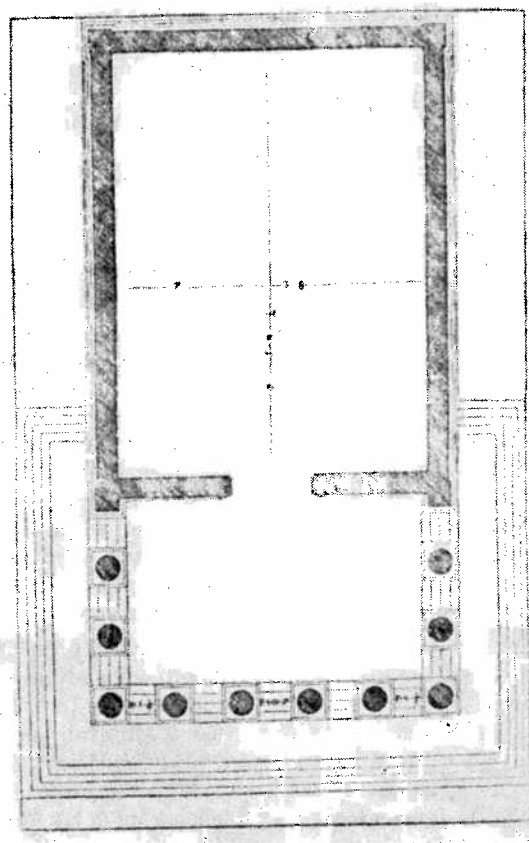


Fig. 7. Plan du temple d'Assise par Palladio, reproduction des archives de KS SPPOP de Brno [J. Secký].

(figures n° 6, 7, 8 et 9). J'abuse, exceptionnellement encore, de votre attention en citant, à nouveau, un passage de la préface au Quatrième Livre de l'architecture de Palladio: „Mais en ce qui concerne les ornements, c'est-à-dire les pieds, les colonnes, les chapiteaux, les moulures et choses analogues, je n'ai mentionné rien qui soit de moi, mais je les ai mesurés avec la plus grande attention pour tous les fragments trouvés aux endroits où avaient été ces temples" (12).

Déjà, aux symposiums précédents, on a attiré l'attention sur la véritable forme du système de voûtes de l'église jésuite de Vienne (13) qu'Andrea Pozzo (1642 — 1709) a recouvertes de peintures „en trompe-l'œil" si parfaites qu'elles rendaient impossible, pendant de longues années, de déceler la forme exacte de l'architecture. Nous avons un exemple analogue dans la voûte de l'église Sant-Nicolas au quartier de Malá Strana à Prague (14) et nous savons que sans photogrammétrie il serait impossible de connaître et d'étudier ces finesses de l'architecture du style baroque culminant dans toute son étendue.

Et il faut encore signaler une circonstance qui complique souvent l'étude nécessaire de l'évolution

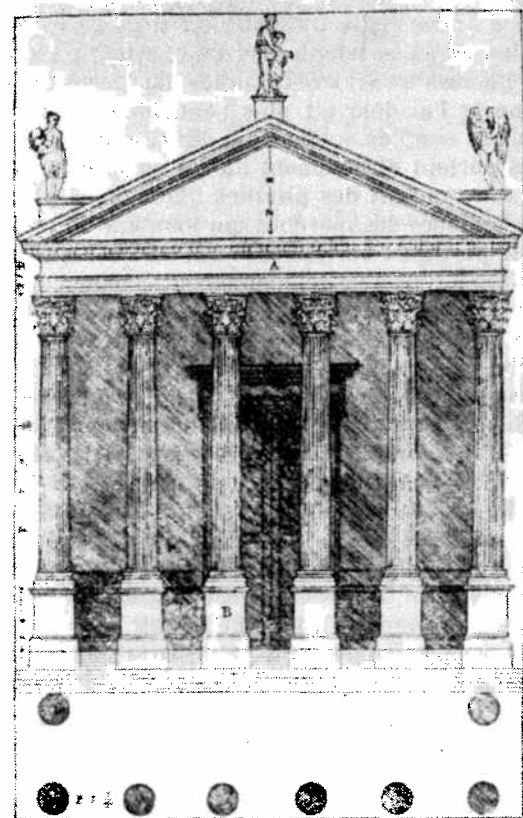


Fig. 8. Plan en élévation de la façade principale du temple d'Assise par Palladio, reproduction des archives de KS SPPOP de Brno [J. Secký].

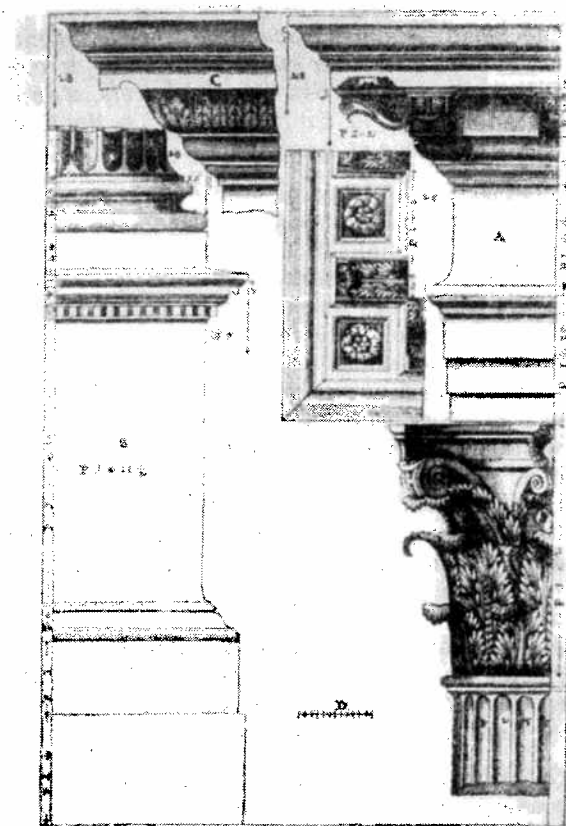


Fig. 9. Dessin des détails architecturaux du temple d'Assise par Palladio, reproduction des archives de KS SPPOP de Brno [J. Secký].

et de l'importance de l'ouvrage, à savoir les changements de plan. Nous les connaissons pratiquement à chaque période de style, mais peut-être le plus souvent au Moyen Age, et ils s'opéraient généralement parallèlement aux successions de générations. Le chœur de la cathédrale Sant-Guy au château de Prague, auquel ont participé Matthias d'Arras et Peter Parler, en est l'exemple le plus probant (15). Mais il existe aussi des changements que les auteurs ont entrepris sur leur propre plan et les changements de réalisateurs dans la polarité architecte-constructeur, dans lesquels intervenait aussi quelquefois le maître d'œuvre. Rappelons, à ce propos, le chef-d'œuvre du grand créateur virtuose du baroque de l'Europe centrale à son apogée, Giovanni Santini, qui a dessiné les plans de l'église de pèlerinage Saint-Jean-Népomucène au Mont Vert (Zelená Hora) de Žďár nad Sázavou, dont l'analyse a été faite d'après les plans du projet conservés par feu le professeur V. Richter (16) et dont le levé nous a été présenté au premier symposium géodésique par l'ingénieur V. Pohanka (figures n° 10, 11, 12 et 13). Ce qui est intéressant, c'est que les plans originaux ont été conservés dans la succession de la famille d'architectes Grimm, dont F. A. Grimm, un homme qui a beaucoup voyagé et éduité (1710 — 1784), était déjà orienté, par le ca-

ractère de sa création, vers l'expression classique française qui devait aboutir au Louis XVI.

Enfin comme dernier exemple de l'époque récente, citons la Villa Tugendhat de Brno, œuvre de l'architecte Mies van de Rohe (1886 — 1969), dont les plans d'exécution remontant à 1930 (17) ont été complétés d'un levé précis de l'état actuel en vue de l'exécution d'une restitution parfaite de l'état original (figure n° 14).

Les exemples précédents avaient pour objectif, en dehors de l'évocation de l'atmosphère, nécessaire, d'attirer l'attention sur les principaux aspects qu'on rencontre dans le levé des monuments. Ils ont été choisis de manière qu'il soit possible, en complétant intérieurement, d'aboutir aux conclusions suivantes:

1. *Quels que soient les projets architecturaux ou plans d'exécution qui se soient éventuellement conservés, il est absolument indispensable, pour connaître parfaitement l'ouvrage historique, d'exécuter une documentation de levé sans laquelle il serait souvent impossible de procéder à la protection active désirable des monuments.*

En même temps il va de soi, qu'à quelques nuances de spécialisation près, on range dans les limites de cette thèse aussi les problèmes du levé topogra-

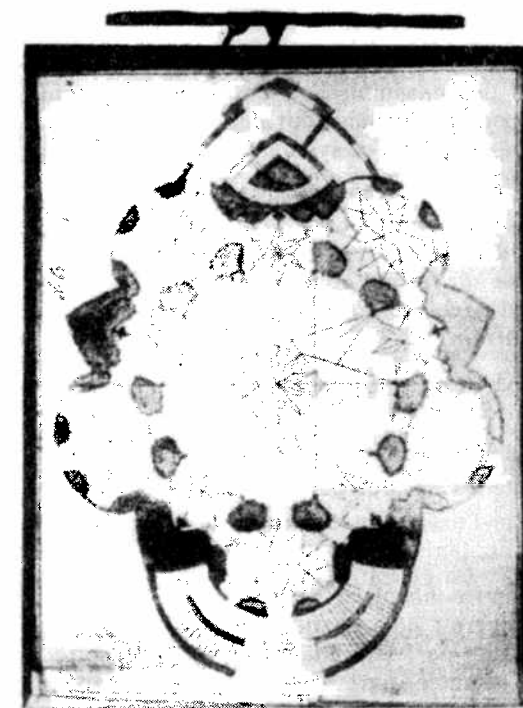


Fig. 10. Projet original de G. Santini: plan de l'église Saint-Jean-Népomucène au Mont Vert (Zelená hora) près de Žďár nad Sázavou, reproduction des archives de KS SPPOP de Brno [J. Secký].

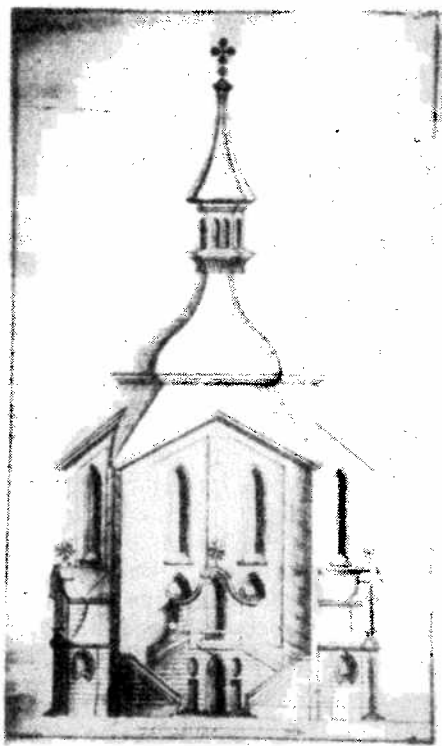


Fig. 11. Projet original de G. Santini: frontispice de l'église Saint-Jean-Népomucène au Mont Vert (Zelená hora) près de Žďár nad Sázavou, reproduction des archives de KS SPPPOP de Brno (J. Secký).

phique des ensembles ou des groupes urbains, les levés pour le déplacement de monuments ainsi que les levés partiels et systématiquement répétés pour la sécurité statique, etc.

2. *La documentation de levé des monuments doit toujours être d'une précision absolue, qu'elle soit basée sur les méthodes des travaux de levé géodésiques ou photogrammétriques ou sur leur combinaison.*

La répartition appliquée jusqu'à présent en documentation,

- a) pour les besoins scientifiques,
- b) pour les besoins d'archives,
- c) pour l'exécution pratique de la protection des monuments,

avec une conception différenciées de la précision (18), devrait être abandonnée, car la pratique révèle d'une part le dualisme objectif de cette répartition, d'autre part l'accroissement inadéquat et indésirable des frais occasionnés par des mesures répétées de conceptions différentes, car on ne peut jamais envisager qu'une seule fin. La même chose s'applique à la documentation de levé prescrite dans les cas où l'on renonce à poursuivre la protection des monuments (19). L'évolution technique des travaux de levé est incontestable, dans certains pays on utilise par exemple la photogrammétrie (20).

3. *En vertu de l'article 16 de la Charte de Venise sur la documentation des travaux sur les monuments, il est nécessaire d'unir aussi les mesures de contrôle et d'assurance des biens culturels, d'après la résolution de la conférence de La Haye, en activité planifiée et systématique.*

Enchaînant avec le point précédent 2, il est nécessaire d'attirer l'attention sur l'économie, l'efficacité et la rationalisation nécessaire du travail. Permettez-moi de me référer, pour ces problèmes, aux ouvrages publiés du docteur H. Foramitti (21) et de rappeler son intervention faite au premier symposium géodésique en 1968, dans laquelle il nous a renvoyés à une phrase du temps de la Révolution française disant que „les biens culturels sont un héritage de toute l'humanité“, qu'„ils n'appartiennent pas seulement à la nation“. Je suis d'accord avec sa déduction d'alors que c'est le premier pas jour l'accomplissement de la thèse que les biens culturels forment une république du monde entier —la république de l'esprit et de la connaissance.

4. *Le levé planifié et systématique des monuments, effectué par des équipes qualifiées de spécialistes, devrait être synchronisé avec la prospection des monuments en profondeur.*

L'occasion unique de la concentration onéreuse de travail serait fructifiée par la collaboration étroite désirable des travailleurs de la protection des monuments avec ceux de la géodésie. La pratique révèle également le besoin d'un contact de travail avec des spécialistes tels que les staticiens, les restaurateurs, etc. Les travaux géodésiques demandent donc une coopération de spécialistes et, au contraire, les spécialistes ont besoin pour leurs travaux de documents géodésiques. L'harmonisation planifiée de ces rapports dialectiques pourrait conduire enfin à la protection préventive si nécessaire des monuments.

5. *La documentation de levé effectuée devrait être relevée centralement et, dans l'esprit de la Charte de Venise, il est nécessaire de veiller à ce qu'elle soit accessible aux spécialistes et dûment publiée.*

Déjà au cours du premier symposium géodésique nous avons été informés de la fondation des archives de documents photogrammétriques des principaux monuments architecturaux de Belgique en 1950 et, de manière analogue, aussi dans certains autres pays (22). Depuis lors, cette question est devenue encore plus brûlante et demande une solution convenable. L'établissement général de l'état des sources des archives va si loin que, très prochainement, une nouvelle trouvaille de projets architecturaux ou de plans d'exécution ne sera qu'un événement exceptionnel et unique. Le public professionnel en arrivera probablement à la nécessité de l'étude de la documentation de levé d'ouvrages historiques et il faudra que ceci s'effectue à la base d'un certain accord international (23). La revue MONUMENTUM devrait envisager la publication

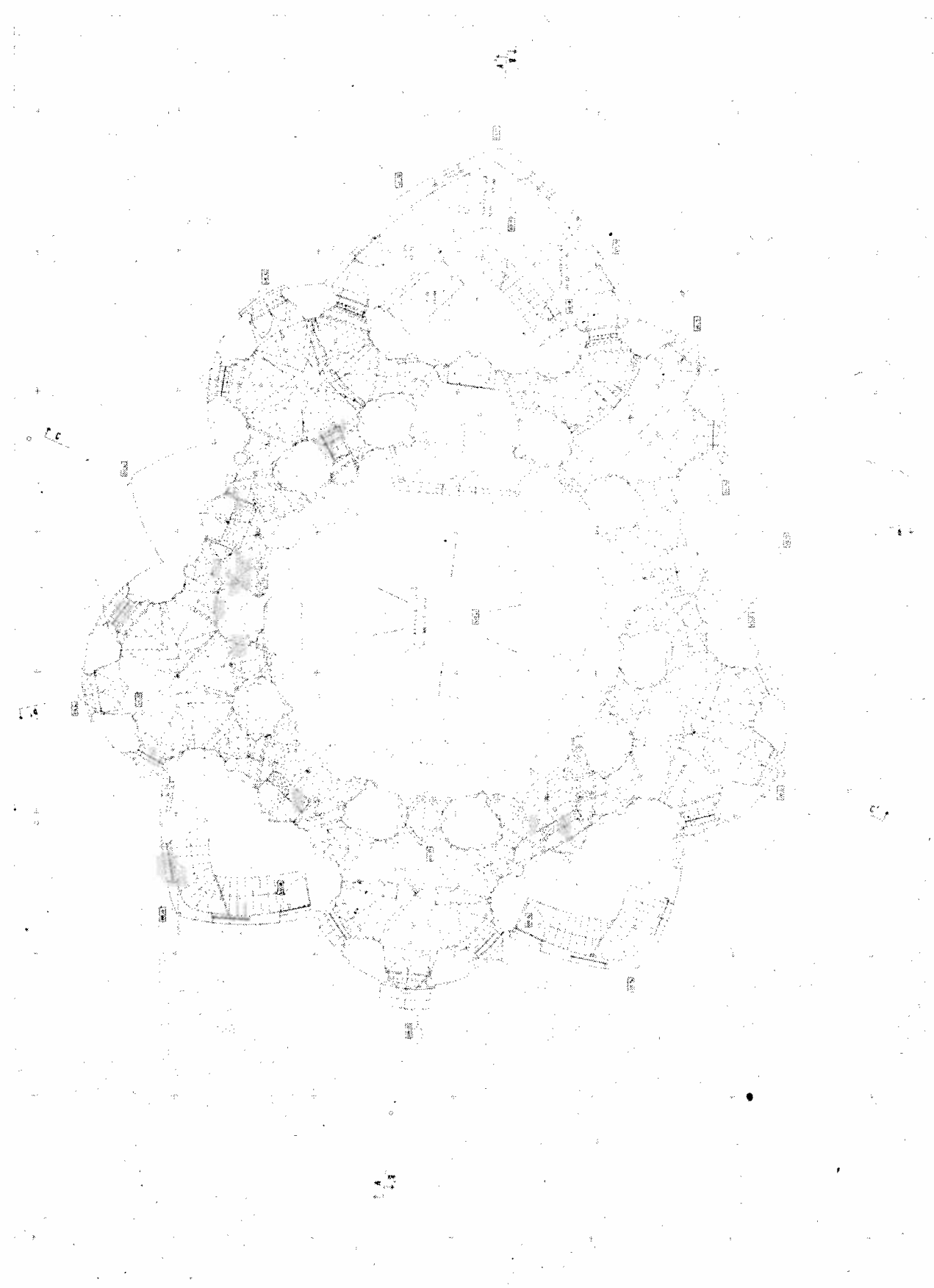


Fig. 12. Levé de l'état actuel: plan de l'église Saint-Jean-Népomucène au Mont Vert (Zelená hora) près de Žďár nad Sázavou, reproduction des archives de KS SPPPOP de Brno (J. Secký).

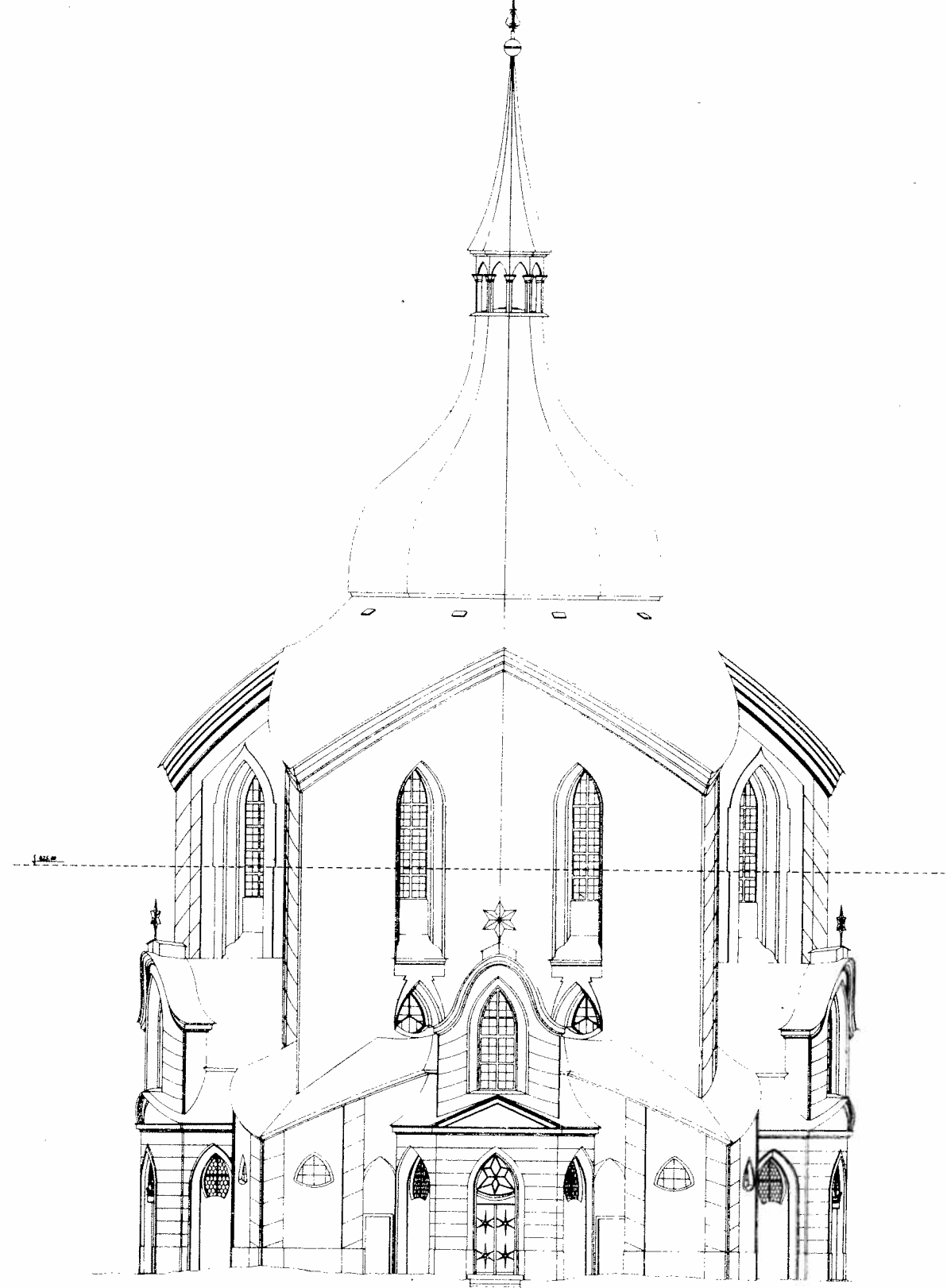


Fig. 13. Levé de l'état actuel: frontispice de l'église Saint-Jean-Népomucène au Mont Vert (Zelená hora) près de Žďár nad Sázavou, reproduction des archives de KS SPPPOP de Brno (J. Secký).

ZELená HORA KOSTEL

PROJEKT A B. ZÁZNAM ČÁSTI KOSTELA		ÁR. ČÍS.	DR. ÚČ.
KRAJ	OP. ÚČ.	OP. ÚČ.	DR. ÚČ.
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000
Středočeský územní úřad	121 000 000 000	121 000 000 000	121 000 000 000

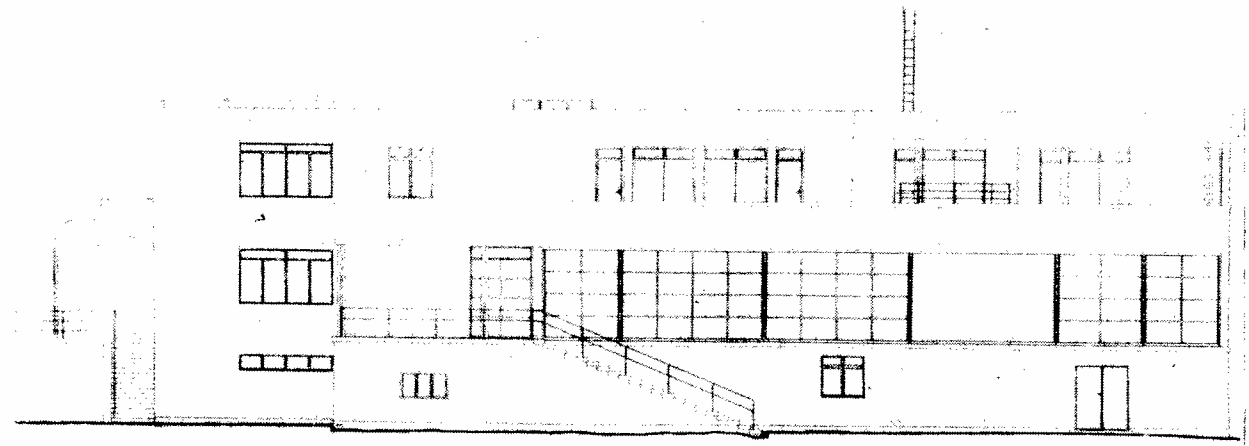


Fig. 14. Levé de l'état actuel de la Villa Tugendhat à Brno: façade sur le jardin, reproduction des archives de KS SPPPOP de Brno (J. Secký).

de l'annexe DOCUMENTUM. La documentation de levé sera dans doute utilisé de plus en plus souvent par les spécialistes, sans aucun doute au profit de leurs branches scientifiques. Certainement on imposera des exigences plus sévères aux travailleurs de la géodésie, mais il semble que ceux-ci auront d'ici là une préparation technique suffisante.

Nous nous trouvons toujours dans la sphère de l'activité pratique qui a pour but de protéger les monuments. Nous avons essayé de montrer qu'une protection efficace du monument — monumentum — exige inévitablement les pièces techniques nécessaires — documentum. Le monument a été créé par un homme historique, c'est aussi pourquoi la documentation est historique tout comme le processus des soins qu'on vous au monument (24). On peut en déduire que la protection des monuments est une activité historique; son sens peut être analysé par les philosophes (25).

Ce qui est caractéristique, c'est que la matière, l'espace et le temps — ces formes essentielles de l'existence — sont, il est vrai, des catégories philosophiques par excellence, mais qu'elles sont en même temps les notions élémentaires des sciences mathématiques et techniques spéciales par lesquelles on exprime le travail géodésique.

Lu par: Miloslav Jiřinec, ingénieur, SÚPPOP Praha
 Aleš Vošahlík, ingénieur architecte, SÚPPOP Praha

Bibliographie et remarques

1. Premier symposium géodésique sur le levé d'ouvrages historiques, Prague, octobre 1968, publié comme recueil l'exposés par l'Institut d'Etat de la protection des monuments historiques et de la nature de Prague.

2. A propos d'un aperçu général des problèmes, voir: M. Jiřinec, La documentation de levé dans la protection des monuments, Monumentorum Tutela I, Ochraňa pamiatok 1, Bratislava 1966, pp. 113 — 133.
3. V. Richter, La Protection des monuments, dans Monumenta Moraviae I, Brno, recueil du Centre régional de la Protection des monuments historiques et de la nature de Brno, sous presse.
4. L'auteur a parlé de ce sujet dans l'article „Une chapelle du haut gothique au chaâteau de Buchlov“, Monumentorum Tutela V, Ochraňa pamiatok 5, Bratislava 1969, pp. 341 — 354.
5. Je laisse de côté la question éventuelle de l'influence de l'art égyptien. La reproduction est établie d'après de livre de A. Lommel: „Vorgeschichte und Naturvölker, Schätze der Weltkunst, Band I, p. 67.
6. J. Neumann, l'Italie, un voyage à la recherche de l'art, Prague 1959, pp. 33 et suiv.
7. Vitruve, Dix livres de l'architecture, Prague 1953, passim.
8. La reproduction de Jésus-Christ comme architecte est établie d'après de livre de N. Zasko, Gotische Backsteinkirchen Norddeutschlands zwischen Elbe und Oder, Leipzig 1968, p. 5.
9. L'autoportrait de A. Pilgram est choisi à dessein pour documenter l'étendue de cette époque jusqu' à la désagregation du style gothique.
10. A. Palladio, Quatre livres de l'architecture, Prague 1958, p. 9.
11. A. Palladio, idem, p. 331.
12. A. Palladio, idem, p. 222.
13. H. Foramitti, Rapport au premier symposium géodésique sur le levé des monuments historiques, Památková péče XXIX, 1969, p. 47, fig. 6.
14. M. Pavlík, J. Šíma, A propos de la voûte coiffant la nef de l'église Saint-Nicolas de Prague III, Umění XVII, 1969, p. 76 — 83.

15. Voir également O. Kietzl, Originalpläne der Dom-bauhütte zu Prag, Forschungen und Fortschritte, XII, 1937.
16. V. Richter, Santinis Pläne für die Kirche auf der Zelená Hora (Grüner Berg) bei Saar, Recueil de thèses de la faculté de lettres de l'Université de Brno 1966, F 10, pp. 25 — 38.
17. Ces plans sont conservés aux archives du Musée de la Ville de Brno.
18. J. Pavel, Levé des monuments architecturaux, dans Ochrana kulturních památek, manuel de l'Université Charles de Prague, Prague 1969, p. 38.
19. M. Jiřinec, Conditions imposées à la documentation géodésique des ouvrages historiques, Památková péče XXVIII, 1968, pp. 5 — 10.
20. J. Šmidrkal, Quelques remarques au sujet de l'utilisation de la photogrammétrie dans la protection de monuments, Památková péče XXV, 1965, pp. 233 — 237.
21. H. Foramitti, L'économie dans la protection des monuments, Památková péče XXX, 1970, pp. 1 — 9, où se trouvent encore d'autres références.
22. M. Carbonnell, Rapport au premier symposium géodésique sur le levé de monuments historiques, Památková péče XXIX, 1969, pp. 42 — 43.
23. L'auteur a déjà effleuré cette question dans la conclusion de son article „Le problème de la documentation à trois dimensions dans la protection des monuments“. Le manuscrit a été demandé en 1968 par la rédaction du recueil Monumentum Tutela, Ochrana pamiatok.
24. Cette thèse est formulée à partir des opinions de M. Heidegger, résumées surtout dans l'ouvrage de Holzweg, Frankfurt a. M. 1950, Cf. aussi O. Pöggeler, Der Denkweg Martin Heideggers, Pfullingen 1963 et L. Landgrebe, La philosophie de l'époque actuelle, Prague 1968, notamment le chap. 4: Le monde en tant qu'histoire.
25. V. Richter, La protection des monuments, dans: Monumenta Moraviae I, Brno (sous presse). L'auteur considère le passage cité de V. Richter comme essentiel pour l'opinion contemporaine de la protection des monuments.

SUMMARY

Contribution to Service Survey Documentation of Historical Monuments

The paper starts from the need of surveying documentation for preservation of historical monuments, for the mere optical investigation of a monument will not often do, which is exemplified by a great deal of both ancient and medieval monuments. The necessary active care is often impossible without any surveying documentation. That is why it should be quite precise whether compiled by geodetic or photogrammetric procedures. The surveying documentation of historical monuments ought to be serviceable and skilled workers should share in its compilation. The surveying documentation is suggested to be centrally registered, according to the Venetian Chart it should be made available for the experts as well as published in a suitable form.

РЕЗЮМЕ

Заметка по съемочной документации памятников старины

В своем докладе автор исходит из потребностей съемочной документации для охраны памятников старины, так как очень часто только оптическое исследование памятника не хватает, что доказывается на ряде примеров древних и средневековых памятников. Без съемочной документации обыкновенно невозможна ни желаемая активная охрана памятников и поэтому надо иметь съемочную документацию

точную, хотя для ее изготовления применяются геодезические или фотограмметрические методы. Съёмочная документация памятников должна быть сознательная, должны ее совершать квалифицированные специалисты. Являлось бы целесообразным, чтобы производить ее центральный учет и в духе Венецианской хартии сделать ее доступной специалистам и подходящим способом опубликовать.

ZUSAMMENFASSUNG

Beitrag zur Vermessungsdokumentation der Denkmalobjekte

Der Bericht ist auf der Notwendigkeit der Vermessungsdokumentation für die Denkmalpflege aufgebaut, weil grösstenteils eine gewöhnliche optische Untersuchung des Denkmals nicht hinreichend ist, was auf einer Reihe von Beispielen altertümlicher sowie mittelalterlicher Kunstwerke bewiesen wird. Ohne Vermessungsdokumentation ist regelmässig keine wünschenswerte aktive Denkmalpflege möglich. Deshalb muss eine genaue Vermessungsdokumentation vorhanden sein, gleich ob sie mittels geodätischer oder photogrammetrischer Verfahren ausgearbeitet wurde. Die Vermessungsdokumentation der Denkmäler soll zielbewusst von qualifizierten Bearbeitern durchgeführt werden. Es wäre zweckmässig, sie zentralerweise zu evidieren sowie ihre Zugänglichkeit den Fachmännern im Geiste der Venetianer Charta zu applizieren und geeigneterweise zu publizieren.

Etude économique des travaux de documentation métrique dans le domaine de la protection des monuments

par MILOSLAV JIŘINEC, ingénieur,
Institut d'Etat de la Protection des Monuments
Historiques et de la Nature à Prague

Le fait, que les opérations de levé topographique font partie des tâches de base incombant aux services de la Protection des Monuments, est devenu de nos jours une vérité de La Palice et nous estimons qu'il est inutile de revenir une fois de plus sur ce point. L'état dans lequel se trouve aujourd'hui la technique de l'exécution de la documentation métrique en Tchécoslovaquie n'a pu être atteint que progressivement; cet état est le fruit du labeur incessant de nombreux spécialistes au cours des dernières décennies — pratiquement à partir de 1920. A l'heure actuelle les méthodes géodésiques et les méthodes photogrammétriques sont couramment utilisées et ce, non seulement en Tchécoslovaquie, en vue d'obtenir les meilleurs résultats. Bien entendu, le côté économique des méthodes de travail, compte tenu des exigences concernant la qualité, la précision et l'aspect esthétique des dessins exécutés, fait également l'objet d'études suivies.

Les édifices historiques construits il y quelques siècles comportaient, dès leur naissance, quantité d'irrégularités, auxquelles sont venues s'ajouter successivement, au cours des siècles suivants, de nouvelles irrégularités dues en partie aux déformations architectoniques. Ces déformations, dues à l'inégale répartition, des pressions (la statique n'était pas bien connue à cette époque) ainsi qu'à d'autres facteurs, ne peuvent être mesurées uniquement par des méthodes simples de levé. On peut même affirmer, en l'occurrence, que les irrégularités architectoniques sont d'autant plus importantes que les méthodes de construction étaient moins évoluées. Il découle de cette constatation que les méthodes de levé topographique utilisés devront être d'une haute précision, de manière à obtenir une représentation graphique aussi fidèle que précise des irrégularités en question. Compte tenu du fait qu'il s'agit, dans la majorité des cas, de dessins d'édifices historiques, il s'avère impossible de procéder selon les normes actuellement en vigueur.

C'est à l'architecte Chalupníček que revient le mérite d'avoir introduit, vers 1940, les méthodes géodésiques lors des opérations de levé de vues en plan, de coupes et de façades. Ces méthodes, moyennant certaines modifications et compléments, donnent encore de nos jours entière satisfaction. L'architecte Chalupníček s'est délibérément écarté

des normes du Bâtiment partout où ces normes ne convenaient pas à la représentation graphique d'édifices ou de parties de constructions. Même de nos jours, l'on ne peut guère s'attendre à ce que les normes du Bâtiment puissent s'appliquer à tous les cas rencontrés dans la pratique lors de l'élaboration de plans de monuments architecturaux et constituer une sorte de vade-mecum de tout repos à l'usage de l'architecte spécialisé dans le domaine des monuments historiques. Les monuments histo-



Fig. 1. Spécimen de comble de structure complexe. (Phot. prise par Č. Šfla)

riques comportent un grand nombre d'éléments faisant défaut dans les normes du Bâtiment (comble, voûtes, constructions de plafonds, portes, fenêtres, corniches, façades de style, etc. . . Voir à ce sujet les figures 1, 2 et 3). Ces normes du Bâtiment donnent lieu, au cours de leur représentation graphique, à des inexactitudes individuelles souvent assez contradictoires. Je suis d'avis qu'une motion devrait être adoptée, à la présente conférence, en faveur de l'élaboration de normes ou d'instructions très détaillées qui devraient apporter, à l'échelle nationale, une solution satisfaisante à ce problème. Il serait également fort souhaitable d'élaborer également un tel projet de normes à l'intention de l'ICOMOS. Cette tâche pourrait être confiée au Comité international de photogrammétrie architecturale ce qui permettrait, du moins dans ses aspects fondamentaux, de réaliser de manière unitaire la documentation métrique des monuments historiques.

Pour ce qui est des méthodes, trois méthodes sont en principe utilisées pour ces travaux en Tchécoslovaquie ainsi que dans d'autres pays. Il est évident qu'une de ces trois méthodes est toujours préférée aux autres, conformément à la tradition en cours dans le pays considéré. Dans ce domaine, la Tchécoslovaquie ne fait pas exception à la règle

générale. Une fois terminée la réorganisation du domaine de la Protection des Monuments historiques et après la création de l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la Nature, les différents centres régionaux de la protection des monuments historiques et de la nature commencèrent à commander l'exécution de travaux de levé de monuments historiques. Le centre départemental de la Moravie du Sud a été l'un des premiers à s'engager dans cette voie; il confie l'exécution de tous les travaux de levé de monuments historiques à l'entreprise nationale Inženýrská geodézie [Géodésie industrielle] dont le siège est à Brno. Cette entreprise a, entre-temps, mis sur pied une équipe spécialisée dans les opérations de levé de monuments historiques. Les spécialistes de l'entreprise Inženýrská geodézie n. p. Brno commencèrent à établir, selon un plan d'ensemble, la documentation métrique des plus importants monuments historiques de Moravie du Sud dont le château-fort de Pernštejn (figure 4), les ruines des châteaux-forts de Cornštejn et de Zubštejn, les châteaux de Jaroslavice, Lednice (figure 5), Valtice, Bučovice, la citadelle de Špilberk à Brno, les parties souterraines des villes ainsi que d'autres monuments historiques encore (figure 6).

Une autre entreprise exécute également d'excel-



lents travaux de documentation métrique. C'est l'Institut d'Etat pour la reconstruction des villes et monuments historiques qui utilise, il est vrai, d'autres méthodes pour l'élaboration des plans et des dessins. A l'heure actuelle, cet Institut est en train d'exécuter, pour le compte du Centre régional de la protection des monuments historiques et de la nature de Moravie du Sud, des travaux de documentation métrique de l'architecture folklorique (figure 7).

La liste ne serait pas complète si l'on ne mentionnait pas la coopérative industrielle GEODETA qui, créée en 1968, a dû depuis fusionner avec l'Entreprise INVESTIS à Prague (il y a 3 mois de cela) en raison du manque d'attributions et de difficultés d'ordre administratif et technique. Cette coopérative ne comptait que quelques spécialistes, mais dont l'enthousiasme joint à leurs hautes qualités professionnelles était la garantie d'une documentation impeccable. Leur domaine d'activité était en grande partie limité aux départements de Bohême du Centre et de Bohême du Nord, ce qui ne les empêchait point d'exécuter des travaux de documentation métrique dans d'autres départements, en

Fig. 3. Façade baroque de l'Eglise Saint-Nicolas à Prague (quartier de Malá Strana). La façade se fait remarquer par son somptueux décor tout en profondeur. (Phot. prise par Č. Šíla)



Fig. 4. Le château-fort de Pernštejn. (Phot. prise par V. Hyhlík)

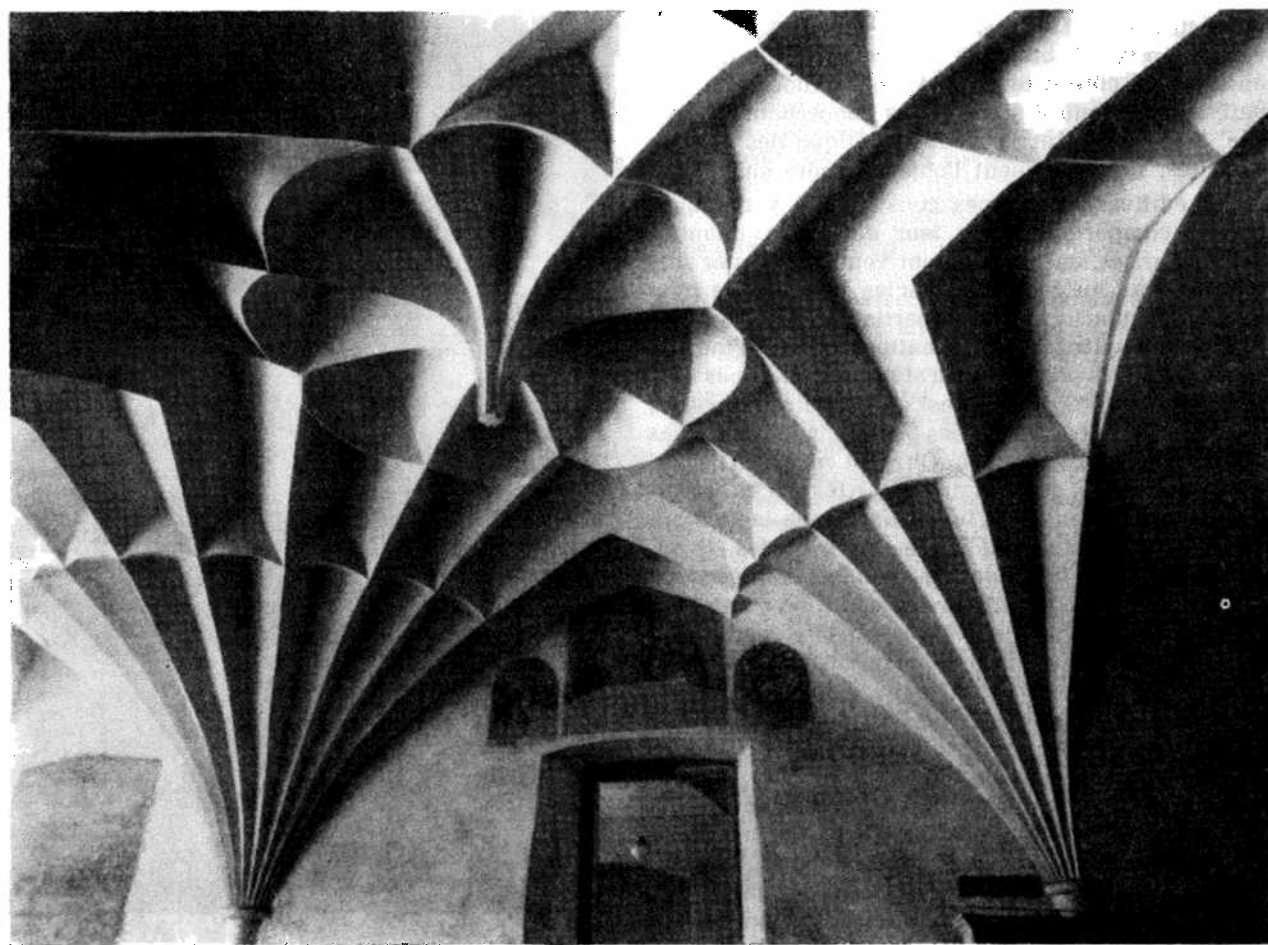
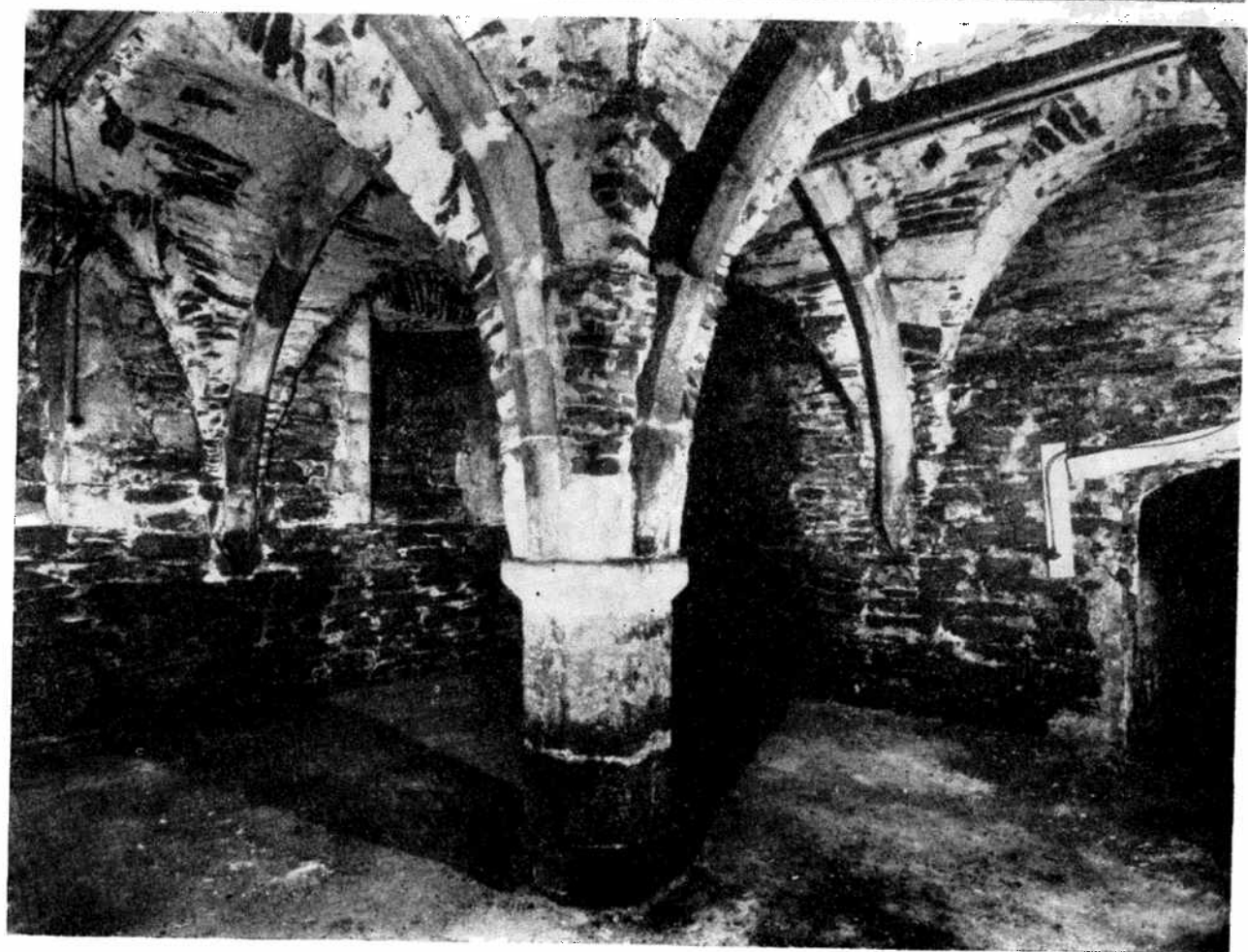
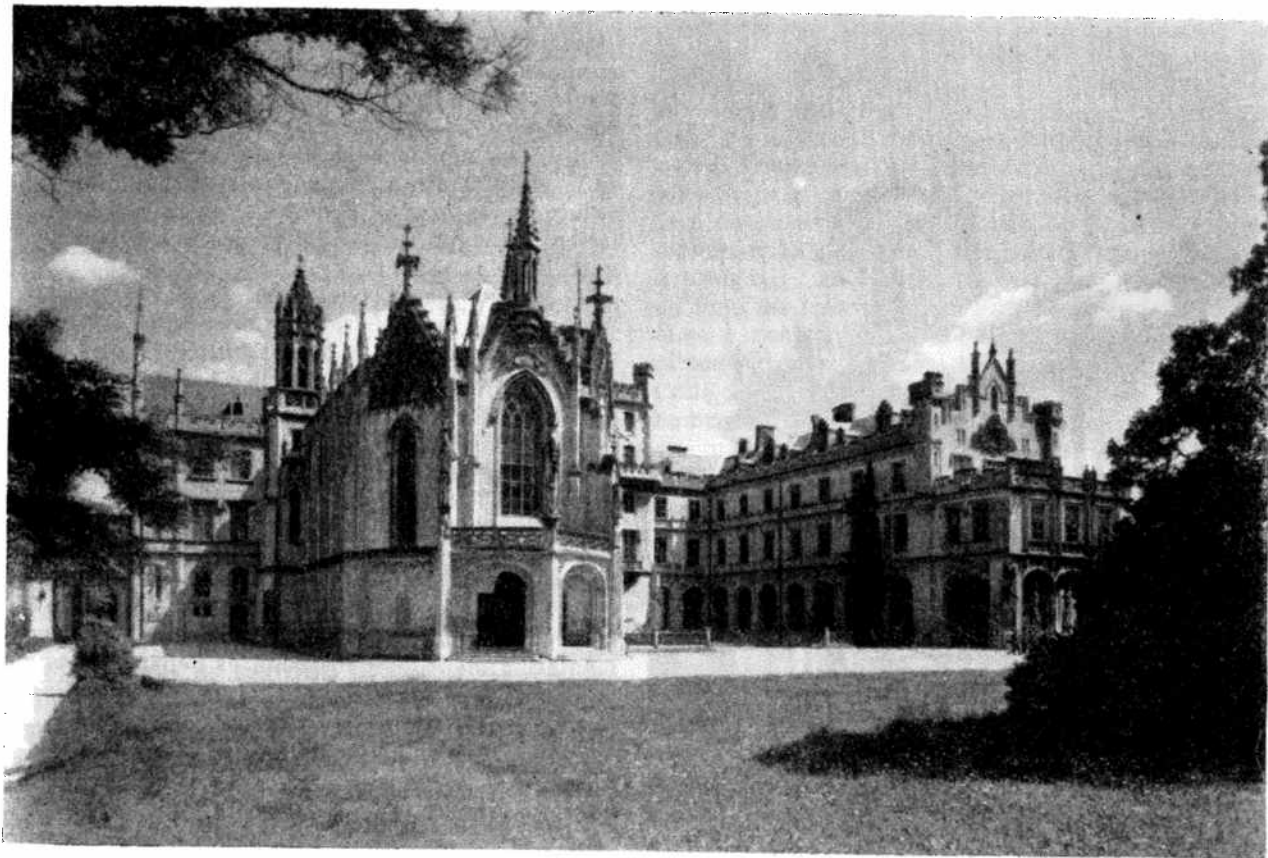


Fig. 2. Spécimen de voûte de structure complexe à Slavonice, N° 46. (Phot. prise par V. Pospíšilová)



particulier dans le département de la Moravie du Sud où ils ont effectué les opérations du levé et dressé les plans de la villa Tugenhat (figure 8), œuvre moderne due à l'architecte bien connu du monde entier, Mies van der Rohe.

Je ne pourrais clore cette liste sans mentionner la section de levé de l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la Nature à Prague, dont les spécialistes exécutent les plus divers travaux de documentation métrique. En effet, ces travaux vont du levé de simples croix de campagne au levé d'édifices de structure extrêmement complexe (églises, ruines de châteaux-forts).

Les travaux de documentation métrique sont exécutés en Tchécoslovaquie également par d'autres organismes dont les plans et dessins sont largement utilisés par ses services de la protection des monuments historiques.

Comme je l'ai déjà fait remarquer au début de ma conférence, tous ces organismes et entreprises utilisent en principe trois méthodes de levé qui sont les suivantes:

1. Les méthodes simplifiées basées sur l'emploi d'étalons de longueur et du niveau à bulle d'air, telles qu'on les utilise couramment pour les levés de vues en plan, de coupes et de façades. Ces méthodes sont appliquées au levé de bâtiments de petites dimensions, de structure simple et de moindre importance.

2. Les méthodes géodésiques basées sur l'emploi d'un réseau métrique préétabli; ces méthodes sont utilisées dans le cas d'édifices de structure complexe, de grandes dimensions et d'édifices de grande valeur historique. La méthode polaire a donné d'excellents résultats dans le cas des levés de précision et ce, tant du point de vue économique que du point de vue précision. La méthode polaire est d'ailleurs à la base des mesures de précision et les autres méthodes utilisées (méthode orthogonale, méthode des intersections, etc...) ne font, selon le cas, que la compléter plus ou moins avantageusement. Dans le cas de coupes et de façades, la méthode de base est celle du nivellement; les méthodes de nivellement trigonométrique et d'intersection ne sont, ici aussi, que des méthodes destinées à compléter la méthode de base.

3. La photogrammétrie avait déjà fait une apparition, sporadique sur notre territoire avant 1918. Le levé photogrammétrique du monument devant l'ancienne Maison des Allemands à Brno, exécuté par le professeur Löchner en 1914 peut être considéré comme le premier travail de ce genre effectué sur le territoire de notre pays. La période entre 1918 et 1960 n'apporte aucune modification à l'état des choses existant. Il est vrai que de temps à autre des levés photogrammétriques de façades d'édifi-

Fig. 5. Le château de Lednice. (Phot. prise par Vl. Hyhlík)

Fig. 6. Partie du sous-sol du château Horšovský Týn. (Phot. prise par Vl. Hyhlík)



Fig. 7. Spécimen d'architecture folklorique (Moravie du Sud). (Phot. prise par Vl. Hyhlík)

ces sont exécutés; d'autres applications de la photogrammétrie dans le domaine de la protection des monuments historiques font entre-temps également leur apparition. Dans tous ces cas, il est impossible toutefois de parler d'introduction de méthodes photogrammétriques dans ce domaine des activités humaines. Ce n'est qu'un peu avant 1960 et au cours des années 1960 — 1970 que les laboratoires de photogrammétrie de l'Ecole polytechnique de Prague et de l'Ecole polytechnique de Bratislava s'occupent de manière systématique des applications de la photogrammétrie. A l'heure actuelle, on peut d'ores et déjà affirmer que la photogrammétrie est une méthode couramment employée par les entreprises Inženýrská geodézie de Prague et de Brno dans le domaine de la protection des monuments historiques.

Le présent symposium a pour thèmes centraux les méthodes de levé de zones souterraines de villes, les applications de la photogrammétrie à l'architecture et les méthodes de levé de bâtiments de l'architecture folklorique. Le choix de ces sujets n'a pas été laissé au hasard. D'autres problèmes sont également d'actualité: de levé d'édifices religieux

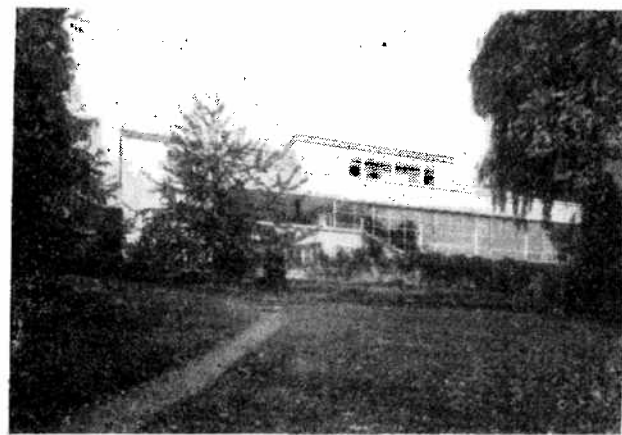


Fig. 8. La villa Tugenhat à Brno (architecte — Mies van der Rohe). (Phot. prise par Č. Štá)

gothiques, de structure complexe caractérisée par un système d'appui non moins complexe; le levé de ruines de châteaux-forts, d'édifices industriels et de leur équipement mécanique, la détermination des formes de voûtes, le levé et la représentation graphique d'anciens combles et mansardes ainsi que d'autres problèmes encore. Les sujets, déjà mentionnés, ont été choisis pour la simple raison que de nombreuses villes historiques, en Tchécoslovaquie comme à l'étranger, possèdent d'importantes zones souterraines qui n'ont pas encore fait l'objet de levé systématique. L'état de ces zones, souvent à plusieurs étages et dotées de réseaux de communications extrêmement compliqués, est parfois critique, sinon alarmant. La sauvegarde d'une ville, dont la valeur historique est souvent unique et incalculable, nécessite donc en premier lieu la remise en bon état de son sous-sol, opération impossible à réaliser sans levé de précision de cette zone. L'importance acquise par la photogrammétrie dans le domaine de la protection des monuments historiques n'a plus besoin d'être plaidée entre spécialistes. C'est une méthode d'un grand avenir et son introduction à tous les échelons de notre activité est un devoir dont nous devons nous acquitter tous qui sommes ici présents. Ce disant, je ne perds pas de vue le fait que cette méthode a, elle aussi, ses limites d'application. La photogrammétrie permet d'effectuer, dans le cas de façades, l'ensemble des travaux de documentation nécessaires presque à 100 % et ce à l'aide de photothéodolites courants, de n'importe quelle marque (façades donnant sur les places et sur les boulevards) ou de chambres photogrammétriques doubles minues d'objectifs à large ouverture (façades donnant sur les rues et ruelles de villes et quartiers historiques). La photogrammétrie est une précieuse méthode de travail, même dans le cas de travaux de documentation métrique concernant de vastes intérieurs d'églises et de hautes salles de palais. Au fur et à mesure que les dimensions des intérieurs diminuent, l'intérêt financier des opérations de levé photogrammétrique diminue. Dans le cas de petits intérieurs de maisons médiévales bourgeoises ou de petites pièces et caves dans les maisons folkloriques, il est donc plus avantageux d'utiliser les méthodes géodésiques ou les méthodes simplifiées. Dans les pays capitalistes où l'on établit surtout la documentation de façades dans les quartiers historiques des villes, d'édifices religieux et de bâtiments administratifs, la méthode photogrammétrique est une méthode très efficace. Dans les pays socialistes où la documentation a pour objet également les intérieurs de maisons bourgeoises, de maisons folkloriques et d'autres édifices de dimensions modestes détenus par des particuliers (autre les façades, également les vues en plan et coupes), cette méthode sera nécessairement d'une efficacité moindre, tout en conservant son efficacité dans un grand nombre de cas. Parfois même, elle constitue l'unique méthode pouvant être appliquée.

Le fait que les techniques du levé de bâtiments folkloriques aient trouvé leur place à ce symposium

n'est pas un fait dû au hasard. En effet, la Tchécoslovaquie possède un nombre extrêmement important de bâtiments folkloriques de divers types (constructions de pierre, maisons de glaise, maisons de bois, constructions en treillis). Leur conservation est au-dessus des forces de chaque nation et dépasse de loin les possibilités financières des pays industriels les plus évolués. Un grand nombre d'édifices pourra être conservé sur place; reste à leur choisir un usage convenable et par là une raison d'être sociale ou culturelle. Ce sera là l'une des tâches les plus ardues, mais aussi des plus passionnantes. D'autres édifices pourront être transférés pour être installés dans des Skansens; dans ce cas, la documentation métrique devra être des plus soignées pour permettre non seulement le démontage de l'édifice en question, mais aussi, après le transfert et la conservation des pièces individuelles, la reconstitution intégrale de l'édifice sur un autre emplacement. Les autres édifices seront vraisemblablement condamnés à terminer leur existence sur place; dans ce cas également, il est nécessaire d'exécuter leur levé et leur documentation photographique, de manière à laisser aux générations à venir une documentation aussi complète que possible de l'évolution de l'architecture dans les diverses provinces de notre pays. Je suis persuadé que ces problèmes sont déjà à l'étude dans d'autres pays ou le seront sous peu.

La documentation métrique n'est pas une activité purement théorique, bien que dans certains cas elle ne soit utilisée qu'aux fins d'archives. On distingue, selon leur utilisation future, trois types de documentation métrique:

- a) Documentation réalisée avant la démolition ou la destruction du monument en question (documents d'archives),
- b) Documentation réalisée aux fins de travaux de réfection et de réparation,
- c) Documentation réalisée à des fins spéciales.

Dans le cas de documents de levé aux fins d'archives, il s'agit souvent de documents de type très simple mais parfois aussi de dessins et de documents de qualité exceptionnelle. La décision prise par l'architecte, à savoir le type de documentation exigée, dépendra dans une grande mesure de sa qualification et de son expérience professionnelles. Dans le cas d'édifices de type courant, édifice qu'il est possible de trouver plus fréquemment, le tracé de la disposition de l'édifice et plusieurs clichés photographiques seront plus que suffisants. Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'un édifice unique en son genre (ou dont on ne possède qu'un nombre restreint de spécimens), il est alors absolument indispensable d'exécuter une documentation aussi détaillée que précise de l'édifice en question, complétée par un nombre suffisant de dessins de détail.

Dans le cas de documentation aux fins de travaux de réfection et de réparation, il s'agira surtout de dessins et de plans de type standard dont l'exécution est basée uniquement sur l'existence de prescriptions et de normes en vigueur.

Passons enfin à la documentation réalisée à des fins spéciales. Il s'agit ici de documentation destinée aux fins d'édition (publications scientifiques, publications techniques). Dans le cas de publications et de monographies scientifiques, la documentation devra toujours faire l'objet d'une discussion approfondie entre l'éditeur, l'auteur et le cas échéant le directeur du projet, car la même documentation peut être, dans certains cas, des plus simples et, dans d'autres cas, extrêmement difficile à réaliser. J'aimerais illustrer cette situation par un exemple. Si l'on désire montrer les différents types de voûtes existant dans un édifice, la tâche sera des plus simples; si, par contre, on a à représenter en détail les archivoltas et les éléments de pénétration de ces mêmes voûtes, la tâche sera des plus difficiles.

Parmi les problèmes d'ordre pratique, on trouve notamment le problème de la détermination des déformations (en particulier le problème de la déformation de l'affaissement des fondations d'un édifice), qu'il s'agisse d'affaissement anciens stabilisés ou bien d'affaissements récents. Tous ces affaissements peuvent être relevés et contrôlés à l'aide de méthodes géodésiques et photogrammétriques. Les méthodes de mesure simplifiées sont à exclure dans ce cas. Cette catégorie de problèmes comprend encore le repérage et le levé de cavités, de locaux murés, le repérage des canalisations électriques encastrées — sans avoir à pratiquer des sondes dans les murs, ces dernières étant au plus haut point indésirables dans le cas d'édifices de grande valeur culturelle — ainsi que d'autres travaux de ce genre. Je suis néanmoins persuadé que la documentation, exécutée aux fins d'archives et utilisée aux travaux de réfection, devrait vérifier certains paramètres de fiabilité, paramètres qui devraient être atteints dans tous les cas considérés.

L'exécution de la documentation métrique a été précisée en 1960 par la publication d'Instructions méthodiques concernant le levé de monuments historiques et de sites naturels protégés. Les méthodes mises en œuvre lors de l'élaboration des plans établis par l'architecte Chalupníček et d'autres architectes et géodésiens, ainsi que de l'expérience acquise dans ce domaine au cours des années 1960 — 1965, ont servi de base à la rédaction des Instructions concernant le levé de monuments historiques et de sites naturels protégés par la loi. Ces Instructions constituent encore aujourd'hui une des prescriptions légales de base, toujours en vigueur sur le territoire tchécoslovaque, réglementant la documentation métrique de tout genre dans ce domaine, l'exécution des travaux de planimétrie et d'altimétrie: des jardins et des parcs faisant partie des châteaux et des cloîtres, d'enceintes de châteaux, de ruines et d'autres édifices classés historiques. Mais ces Instructions sont déjà périmées aujourd'hui. Un règlement technologique a été élaboré et publié par l'entreprise nationale Inženýrská geodézie Praha; il est du reste extrêmement probable que d'autres règlements d'entreprise ont été publiés par d'autres sociétés. Il existe encore un grand

nombre d'entreprises qui exécutent des travaux de documentation métrique pour leurs propres besoins (entreprises départementales de travaux publics, bureaux d'études) et l'utilisent aux travaux de réfection commandés. Or la documentation réalisée par ces organismes n'est pas toujours de nature à répondre aux besoins des services de la protection des monuments historiques. On peut donc dire que cette documentation ne possède pas les paramètres de fiabilité nécessaires. Il serait souhaitable que les futures prescriptions soient rédigées de manière à satisfaire les besoins des services de la protection des monuments historiques (en ce qui concerne le contenu et la qualité de la documentation) et en second lieu les besoins des entreprises (en ce qui concerne les prix), de manière à satisfaire les désirs du client. Les désirs du client devraient être „raisonnables“ pour permettre une utilisation rationnelle des moyens financiers mis à sa disposition.

Même dans le cas de deux organismes, dont la collaboration sur le plan technique est des plus étroites (l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la Nature et l'Institut d'Etat pour la Reconstruction des Villes et des Monuments historiques), on observe d'assez sensibles différences dans les méthodes de documentation utilisées ainsi que dans les résultats obtenus. Ces différences s'expliquent facilement du fait que l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la Nature s'occupe en premier lieu de documentation aux fins d'archives, tandis que l'Institut d'Etat de la Reconstruction des Villes et des Monuments historiques s'intéresse surtout aux travaux de réfection et de réparation, donc à la production. Il en sera de même si l'on examine la documentation métrique élaborée par d'autres entreprises. Il peut même arriver que certaines entreprises désirent exécuter des documentations très détaillées, favorisant au maximum la mise en valeur de leurs propres capacités de production, faute d'autres possibilités de travail. Il arrive aussi que l'entreprise en question remette au client une documentation métrique pouvant être encore utilisée, mais dont les paramètres de fiabilité sont faibles et facturent le travail exécuté selon les catalogues de prix nationaux.

Notre activité a pour but de mettre en œuvre toutes les possibilités, dont dispose la technique moderne, afin de rationaliser notre travail et d'en améliorer la qualité. Nous devons, pour cette raison, collaborer étroitement avec d'autres spécialistes, en premier lieu avec ceux de la technique de reproduction. Ces spécialistes peuvent fortement influencer les procédés technologiques utilisés (depuis les résultats des calculs jusqu'au tirage des documents). Leur influence se fait sentir aussi bien dans les méthodes simplifiées et géodésiques que dans les méthodes photogrammétriques.

J'avoue ne pas être suffisamment versé dans les techniques de reproduction pour pouvoir en parler en spécialiste ou préconiser tel ou tel procédé. Je suis pourtant persuadé que l'emploi de certaines techniques (plastiques, tracé sur couche, méthodes

photographiques, etc.) peut grandement contribuer à l'amélioration et à rationalisation des travaux.

La rédaction et la mise au point de nouveaux règlements, englobant les techniques de reproduction, les normes et les catalogues de prix, seraient de la plus haute importance pour l'unification de tous les travaux exécutés dans ce domaine.

La qualité des travaux est très inégale, même dans le cadre d'une seule entreprise. Dans le cas de l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la Nature de Prague, de l'entreprise Inženýrská geodézie, n. p., Brno et de l'entreprise INVESTIS (anciennement GEODETA), la qualité des travaux est sensiblement la même, qu'il s'agisse de travaux exécutés par la même entreprise ou de travaux exécutés par les différentes entreprises mentionnées ci-dessus. Ceci est principalement dû au fait que ces organismes collaborent étroitement depuis le début de leurs activités et au fait que leurs cadres de spécialistes n'ont subi aucune modification. La situation diffère légèrement dans le cas de l'Institut d'Etat de la Reconstruction des Villes et des Monuments historiques, de celle des entreprises mentionnées ci-dessus. En effet, l'Institut d'Etat de la Reconstruction de Villes et des Monuments historiques possède plusieurs studios et ses services de contrôle utilisent des critères différents pour l'appréciation de la documentation exécutée. En dépit de toutes ces différences, je suis à même de confirmer que la qualité des plans et dessins documentaires est en moyenne pratiquement identique à celle de la documentation exécutée par les trois organismes déjà mentionnés. C'est délibérément que j'ai choisi et cité ici ces trois organismes, car ces organismes exécutent des plans et dessins de documentation métrique complets de nature très complexe (vues en plan, coupes, façades depuis les caves jusqu'aux faîtes du toit). Il existe encore en Tchécoslovaquie un grand nombre d'autres organismes exécutant des travaux de caractère spécial tels que GEOINDUSTRIA, INTERPROJEKT, KONSTRUKTIVA, etc. Ces entreprises, spécialisées dans les travaux de levé de zones souterraines, ne peuvent être valablement comparées avec les entreprises déjà mentionnées. Souvent le client et l'entreprise spécialisée chargée des travaux de documentation, ne sont pas toujours fixés quant au choix des méthodes de levé et de documentation à adopter et quant à la nature des résultats obtenus.

Il est clair que la solution d'un si grand nombre de problèmes ne pourra être obtenue d'un jour à l'autre. L'étude de ces problèmes exige d'ailleurs la collaboration très étroite d'un grand nombre de spécialistes — architectes, ingénieurs des travaux publics, historiens d'art, géodésiens, spécialistes des techniques photogrammétriques, spécialistes des techniques de reproduction — auxquels devront probablement s'associer encore naturalistes, juristes, ingénieurs mécaniciens et d'autres spécialistes. Le premier effort tenté dans cette direction devrait porter sur l'étude comparative des différents types de documentation métrique actuellement élaborés.

En second lieu, la rédaction d'instructions détaillées, concernant les méthodes utilisées au levé de monuments historiques, devrait être entreprise sans tarder. Enfin, la formation professionnelle de cadres spécialisés, chargés de l'exécution de ces travaux, devrait faire l'objet d'une attention toute particulière. Il existe déjà un grand nombre de pays où le programme d'études a été complété par l'introduction de cours spécialisés consacrés aux méthodes de levé des monuments historiques. La formation systématique de ces cadres de spécialistes est l'une des conditions de base de la haute qualité des documentations réalisées.

La qualité d'une documentation métrique peut être définie comme le degré de conformité de son exécution aux normes techniques. Ce degré caractérise ainsi ses possibilités maximales d'utilisation auxquelles viennent encore s'ajouter le degré de fiabilité et l'aspect esthétique du travail exécuté. La fiabilité peut être déterminée en tenant compte de l'ensemble des propriétés concourant à la réalisation de certaines exigences concernant à leur tour l'utilisation de la documentation sous certaines conditions. Ces propriétés, appelées aussi paramètres principaux de fiabilité, sont les suivantes: précision, intégralité et conformité à la réalité. La présentation esthétique de l'ensemble de la documentation (présentation graphique, libellé et assemblage des plans et dessins) constitue également un des autres paramètres considérés. Tous ces paramètres possèdent leurs limites de réalisation. Lorsqu'on exige des paramètres de fiabilité plus élevés, les frais de réalisation de la documentation montent rapidement. Il est impossible, dans la pratique, de réaliser un levé réunissant, au plus haut degré, tous les desiderata considérés. Un tel travail nécessiterait la mise en œuvre de moyens financiers extrêmement élevés, souvent dépassant de loin la valeur du résultat. Un résultat satisfaisant ne peut être obtenu que sous la direction d'un spécialiste de valeur, à condition d'employer des méthodes de levé appropriées et des instruments de mesure convenables et soigneusement choisis.

Le prix des travaux de levé, en vue de l'exécution d'une documentation métrique, est donné par la formule suivante:

$$y^2 = ax$$

où y est le prix calculé, a le paramètre de la courbe et x le nombre de mètres carrés entrant dans la documentation.

Cette équation peut être utilisée à la détermination du prix des travaux exécutés sur le terrain et dans les bureaux d'études (travaux de levé proprement dits et exécution des plans). (Figure 9, 10.)

Le paramètre de la courbe a dépend du nombre des mètres carrés entrant dans la documentation (égal à x), de la classe de difficulté d'exécution (T), du tarif horaire (S), de l'échelle des plans résultants (M) et de la constante (k). La valeur du paramètre a est exprimée par l'équation suivante:

$$a = k \sqrt{\frac{T \cdot x}{S \cdot M}}$$

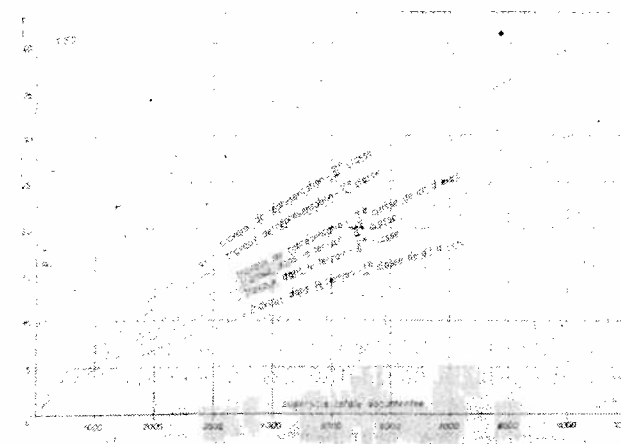


Fig. 9. Graphique des prix d'exécution de documentation métrique à l'échelle de 1/50.

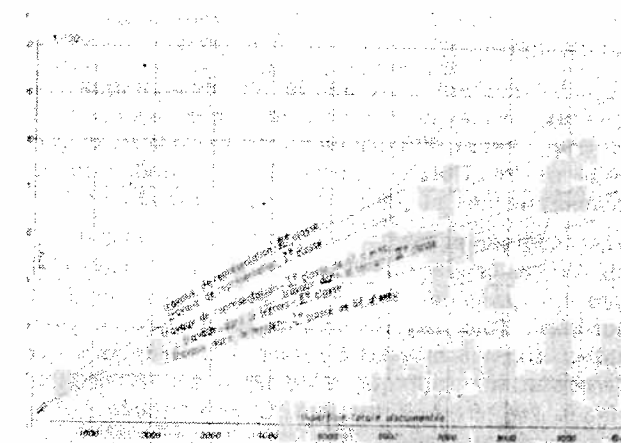


Fig. 10. Graphique des prix d'exécution de documentation métrique à l'échelle de 1/100.

Les classes de difficulté d'exécution sont déterminées selon le caractère et la nature des travaux exécutés sur le terrain et des travaux de représentation graphique. Aux termes du projet du catalogue des prix des travaux de levé exécutés dans le domaine de la protection des monuments historiques, on dispose de trois classes de difficulté des travaux sur le terrain et de trois classes des travaux de représentation graphique.

Le tarif est donné par la somme des tarifs horaires moyens des spécialistes formant l'équipe de travail considérés (composition standard: 2 techniciens et un aide), des frais administratifs, des frais de production ainsi que de la moyenne de tous les autres frais directs (transports, frais de déplacements, bénéfices).

L'échelle donnée par son rapport numérique (1/50 ou 1/100 dans la plupart des cas) entre dans les calculs sous forme de coefficient (50 ou 100 selon le cas).

La constante k sert à la conversion du résultat

des calculs en couronnes tchécoslovaques (Kčs); la valeur numérique de k est égale à $0,35 \cdot 10^5$.

L'équation considérée est utilisée pour le calcul du prix d'une documentation complexe (exécution de dessins, de plans, de coupes et de façades de l'édifice en question). La méthode utilisée pouvant être choisie de manière arbitraire, on entend par documentation complexe, une documentation de qualité standard caractérisée par ses paramètres (degré de précision, intégralité, degré de conformité à la réalité et présentation esthétique). Une documentation métrique de type courant est constituée par des plans et dessins caractérisés par un degré de précision planimétrique intérieur, de l'ordre de ± 3 cm, affectant les points de détail représentés sur les plans, coupes et façades; les dessins devront, en plus, posséder toutes les propriétés requises par les prescriptions ou normes en vigueur. Les dessins devront être encore, dans les limites admissibles, conformes à la réalité. Dans ce cas, le degré de conformité sera donné par le pourcentage de concordances ou de non concordances des détails examinés au cours des opérations de contrôle. On aura également à apprécier la présentation d'ensemble et l'assemblage de la documentation finale. En mettant l'accent sur la qualité de l'exécution, on ne fait qu'exiger des paramètres de fiabilité plus élevés. Les exigences susceptibles d'améliorer la qualité des documentations sont les suivantes:

A) Le paramètre de précision A est défini par le formule

$$A = \left(\frac{3}{P}\right)^2$$

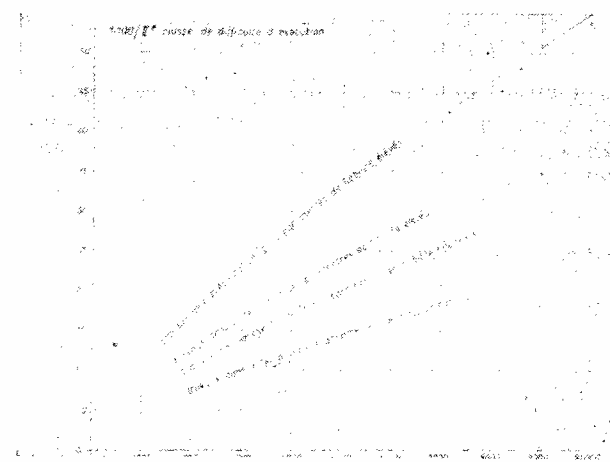


Fig. 11. Graphique des prix d'exécution de documentation métrique, compte tenu des paramètres de fiabilité (conditions exigées: degré de précision ± 2 cm, $Z\% = 85$, intégralité conforme à la norme, présentation esthétique standard). Les comparaisons portent sur des travaux de documentation de classe de difficulté 2 (travaux de levé sur le terrain et travaux de représentation graphique) à l'échelle de 1/100.

Il ne faut jamais perdre de vue que, dans ce cas, on néglige délibérément les frais dus à la commande elle-même, car comparés aux frais dépendant des unités spécifiques, ils sont quantité négligeable. Le degré de précision fondamental est donné par la valeur $P = \pm 3$ cm pouvant affecter la position des points de détail. Dans ce cas, la valeur du paramètre est égale à l'unité. L'appréciation du degré de précision se fait en déterminant le nombre de points satisfaisant aux conditions de précision définies ci-dessus. Lorsque les deux tiers du nombre des points considérés sont compris entre les limites des écarts admissibles et lorsqu'en plus les écarts relevés, dans 10 % des cas restant, ne dépassent pas le triple des valeurs admises et, dans 20 % le double de ces mêmes valeurs, le degré de conformité à la réalité est égal à l'unité. Matématiquement

$$D = \frac{Z \%}{66}$$

la vérification de cette condition est donnée par la formule où Z est le nombre de cas vérifiant le degré de précision exigé (exprimé en %). Cette formule tient pratiquement compte du paramètre de conformité à la réalité, car l'appréciation des opérations de levé et de représentation graphique donne en même temps une bonne idée du „rendu“ graphique des différentes formes représentées. Chaque fois que D sera inférieur à 0,9 la documentation présentée devra être qualifiée d'insuffisante.

B) L'appréciation de l'intégralité se fait en confrontant le contenu des dessins et plans avec les exigences spécifiées par la norme. Lorsque le contenu est conforme aux exigences de la norme, ce paramètre sera égal à l'unité. Lorsque le contenu s'écarte des prescriptions de la norme, ce coefficient est donné par la relation

$$B = 1 + \frac{n}{10}$$

où n est le nombre des éléments nécessaires aux opérations de levé et de représentation graphique (éléments excédentaires par rapport au nombre d'éléments fixés par la norme).

C) Le paramètre définissant la présentation esthétique d'une documentation métrique est exprimé par un coefficient dont les valeurs sont les suivantes:

- jusqu'à 1,2 dans le cas de dessins de documentation de qualité exceptionnelle,
- 1 dans le cas de dessins et de plans d'exécution standard,
- de 1 à 0,8 dans le cas de dessins de moindre qualité.

Lorsque la valeur du paramètre est inférieure à 0,8 les dessins en question devront être qualifiés d'insuffisants. Le calcul des prix des travaux effectués sur le terrain englobe tous les paramètres indiqués; la détermination des prix des travaux de représentation graphique ne présuppose que la connaissance des paramètres B, C et D.

Lorsque les conditions fondamentales sont vérifiées (c'est-à-dire lorsque $A = 1$, $B = 1$, $C = 1$, $D = 1$), le prix des travaux de levé est donné par la formule suivante:

$$y^2 = k \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot \sqrt{\frac{T \cdot x}{S \cdot M}} \cdot x$$

Cette formule permet de calculer le prix des travaux en fonction du degré de qualité exigé des différents paramètres. On en conclut que l'augmentation des prix sera bien plus rapide que l'accroissement du degré de qualité des paramètres (Figure 11).

L'ensemble des arguments, mis en œuvre au cours de l'appréciation économique de la documentation métrique de monuments historiques, ne font que corroborer certaines constatations que j'aimerais résumer en quatre points que voici:

1 — Etablir, à titre indicatif, un aperçu des monuments historiques dont on a déjà dressé la documentation métrique.

2 — L'exécution rationnelle et économique des travaux de documentation métrique nécessite la mise en œuvre d'instruments de mesure et d'appareils de restitution appropriés (méthodes photogrammétriques et méthodes géodésiques).

3 — Rédiger et mettre au point une norme détaillée (le cas échéant des instructions détaillées) ainsi que les procédés technologiques basés sur cette dernière. Tous ces documents devraient, en particulier, fixer la marche à suivre dans les cas de représentation graphique d'éléments d'édifices historiques, cas passés actuellement sous silence par les normes en vigueur.

4 — Création de cours spécialisés (documentation métrique d'édifices historiques) à l'intention des futurs spécialistes dans ce domaine, de façon à leur donner une formation professionnelle aussi vaste que rationnelle. Ce n'est que sous la direction de spécialistes éprouvés, ayant reçu une formation professionnelle appropriée, qu'il sera possible d'exécuter économiquement des documentations métriques de grande qualité et de grande précision.

Je suis persuadé que la réalisation, de toutes ces conditions, serait du plus grand intérêt dans le domaine de la protection des monuments historiques.

Bibliographie

Čálek František et al.: Parametry kvality geodetických prací pro investiční výstavbu. (Paramètres définissant la qualité des travaux géodésiques effectués) — Recueil de travaux publiés à l'occasion de la 1ère Conférence sur les facteurs influant sur la qualité des travaux effectués en géodésie appliquée, 1969, p. 23 — 44.

Foramitti Hans: Hospodárnost v památkové péči. (L'économie des travaux exécutés dans le domaine de la protection des monuments historiques). Památková péče, 1970, N° 1, p. 1 — 9, 3 figures.

Jirinec Miloslav: Požadavky na měřickou dokumentaci památkových objektů. (Exigences concernant la documentation métrique des édifices et monuments historiques). Památková péče, 1968, N° 1, p. 5 — 10, 10 figures. — Zaměřování fasád. (Le levé des façades). Obnova památek, 1970, N° 1, p. 15 — 32, 33 figures, 5 tableaux. — Použití ceníku projektových prací pro zaměřování památkových objektů. (L'emploi du catalogue des prix de travaux d'études concernant le levé d'édifices historiques). Obnova památek, 1970, N° 1, p. 33 — 35. — Geodézie v památkové péči. (Les applications de la géodésie dans le domaine de la protection des monuments et édifices historiques). Geodetický a kartografický obzor, 1971, en cours d'impression.

Pospíšil Vladimír: Hmotné podněty a jejich vztah ke kvalitě práce. (Les stimulants matériels et leur importance dans la qualité des travaux exécutés). Recueil de travaux publiés à l'occasion de la 1ère Conférence sur les facteurs influant sur la qualité des travaux effectués en géodésie appliquée, 1969, p. 60 — 66.

Šilar František: Úvod do teorie kvality geodetických prací. (Introduction à la théorie de la qualité des travaux géodésiques). Recueil de travaux publiés à l'occasion de la 1ère Conférence sur les facteurs influant sur la qualité des travaux effectués en géodésie appliquée, 1969, p. 5 — 22.

SUMMARY

Economy of Survey and Documentation Procedures in Preservation of Historical Monumentes

The author opens his paper by dealing with the convenience of the methods used. He calls for standards in this field of preservation procedures and describes the present state of it in Czechoslovakia. Further he explains why the discipline of photogrammetry, surveying underground areas as well as that of public architecture have been chosen for the International Symposium on Surveying Historical Monumentes.

The survey documentation procedures are divided into two classes, i. e. those for renovation and those for special purposes (publication, science and practice). Further, the author quotes regulations accepted in the CSSR and suggests that new thorough regulations should be compiled. The second part of the paper deals with the economy of work, which depends upon close cooperation of specialists, esp. of architects and surveyors. The quality of work is characterized as a certain degree of harmony between work accomplishment and technical standards.

The authors presents an equation for calculating the price of compiling the whole basic materials. In the conclusion he presents some requirements on rationalization and economy of work.

РЕЗЮМЕ

Экономика съёмочных документационных работ в охране памятников старины

Свою статью вводит автор удобностью применяемых методов и требованием разработать нормы для этой области работы в охране памятников старины, дальше современным состоянием этих работ в ЧССР. В дальнейшем автор обосновывает почему была избрана тема фотограмметрии, измерения подземных пространств и народной архитектуры для Международного симпозиума по озмерению памятников старины. В сущности он разделяет съёмочную документацию в две категории — для обновления и для специальных целей (публикаций, науки и практики). Дальше автор

приводит предписания действительные в ЧССР и предлагает разработать новые исчерпывающие директивы. Вторую часть статьи автор направляет совершенно на экономику работ, которая зависит от тесного сотрудничества специалистов, особенно архитекторов и геодезистов. Качество работ он характеризует как степень согласия с произведениями с техническими нормами. Для определения цены из измерения составил автор уравнение, которое имеет силу для вычисления цены при составлении комплексной документации. В заключение своего доклада приводит автор требования, удовлетворением которых являлось бы выполнение этих работ рациональным и высоко экономическим.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Wirtschaftlichkeit der Arbeiten für die Vermessungsdokumentation in der Denkmalpflege

Der Verfasser leitet seinen Beitrag mit der Anführung der Vorteile der angewendeten Methoden mit der Anforderung einer Erarbeitung von Arbeitsnormen für diesen Arbeitsabschnitt der Denkmalpflege sowie mit dem gegenwärtigen Stand dieser Arbeiten in der ČSSR ein. Er begründet weiter, warum die Thematik der Photogrammetrie, der Vermessung unterirdischer Räume und der Volksarchitektur für das internationale Symposium über die Vermessung der Denkmäler auserwählt wurde. Die Vermessungsdokumentation teilt er in zwei Kategorien: für die Erneuerung und für besondere Zwecke (Publikationszwecke, wissenschaftliche und praktische Zwecke). Weiter führt er die in der ČSSR geltenden Vorschriften an und empfiehlt eine Ausarbeitung neuer ausführlicher Richtlinien. Der zweite Teil des Beitrags ist ausdrücklich auf die Wirtschaftlichkeit der Arbeiten gerichtet, die von der engen Zusammenarbeit der Fachmänner, insbesondere der Architekten und Geodäten abhängt. Die Qualität der Arbeit charakterisiert er als Übereinstimmungsstufe ihrer Ausführung mit den technischen Normen. Für die Preisbestimmung durch Vermessung hat er eine Gleichung zusammengestellt, die für die Preisberechnung der Herstellung einer komplexen Dokumentation gilt und schliesst seinen Bericht mit Anforderungen ab, bei deren Realisierung diese Arbeiten rationell und hoch ökonomisch wären.

La mise à profit du relevé et des dessins documentaires des monuments architecturaux dans l'enseignement de l'architecture à l'école supérieure des arts et métiers de Prague

par MIROSLAV CHALUPNÍČEK, architecte,
Professeur chargé de cours à l'École supérieure
des Arts et Métiers de Prague

Notre pays est situé au coeur de l'Europe, au carrefour des courants commerciaux, politiques et culturels de ce continent. Au cours de leur histoire plus que millénaire, les peuples tchèque et slovaque ont su pleinement profiter de cette situation particulière, et cela avant tout dans le domaine de la culture. Ils acceptaient des impulsions relevant du domaine de l'art et les traduisaient en formes concrètes avec une profonde sensibilité. Ces impulsions lui venaient avant tout de la sphère culturelle avoisinant la Méditerranée, de sa partie occidentale et orientale. Mais certaines manifestations de la culture nordique, de même que celle des autres pays européens orientaux et occidentaux, ont connu une répercussion sur notre territoire.

En dépit de bien des immenses pertes survenues au cours de l'histoire politique mouvementée de nos pays, cette activité culturelle reposant sur une base aussi large a laissé derrière elle un nombre immense de monuments culturels. Dans le domaine de l'architecture, il s'agit de dizaines de milliers de constructions — châteaux, châteaux forts, églises, maisons, parcs. Et si l'on leur ajoute encore des constructions de moindre importance et des œuvres de l'architecture folklorique, on devra les compter par centaines de milliers.

Cette grande richesse culturelle et surtout les efforts déployés en vue de la conserver pour les générations à venir soulève toute une série de problèmes difficiles à résoudre. Le problème fondamental découle de la nature même de l'architecture, qui est une manifestation de l'époque qui lui a donné naissance, correspond à toutes les relations sociologiques de la société de jadis et vit par cette époque. Considérée sous cet angle, l'architecture nous apparaît presque comme un organisme vivant qui vit avec l'homme et qui reflète tous les changements sociologiques de son évolution. C'est pourquoi dans le passé les monuments architecturaux ont connu la plupart du temps un sort néfaste. Une œuvre d'architecture, qui à suite du développement de la société ne convenait plus, était ou bien désaffectée et tombait en ruines (il en était ainsi, par exemple, pour la plupart des châteaux

forts médiévaux que les féodaux quittèrent pour aller habiter les châteaux de style Renaissance), ou était reconstruite et cela souvent sans égard pour les valeurs artistiques de l'œuvre originale, ou encore était démolie pour faire place à un édifice nouveau, de sorte qu'aujourd'hui, ce n'est qu'au sous-sol — là où l'ancien édifice ne constituait pas d'obstacle — que nous trouvons les vestiges de la construction originale. S'il est vrai que nombre de ces transformations aient donné naissance à des œuvres que l'on trouve charmantes à l'heure actuelle (comme par exemple les ruines romantiques de châteaux forts, constructions où s'amalgament plusieurs styles différents, fruit de quelques siècles tout en créant une rare harmonie, ou édifices construits sur l'emplacement des vieilles constructions démolies et dont la valeur est supérieure à celle de l'œuvre originale) nous ne pouvons pas cependant adopter une telle attitude devant l'héritage des époques révolues.

C'est une tâche des plus difficiles: Faire revivre le monument dans la vie actuelle et l'y adapter de manière à conserver le plus grand nombre de ses traits caractéristiques originaux. Les adaptations et modifications artistiques apportées ultérieurement devraient, par contre, ajouter à sa valeur et à son charme. Si l'on donne au monument sa vraie raison d'être, il pourra remplir la mission qui lui revient, à savoir, d'enrichir la vie culturelle de l'homme moderne. Dans la réalisation de cette immense tâche qui a une si grande importance dans notre pays, la part du lion revient aux architectes qui, bien entendu, devront posséder des connaissances spécialisées et avoir reçu une formation artistique orientée vers l'art ancien.

La chaire d'architecture à l'École supérieure des Arts et Métiers de Prague possède toutes les conditions permettant de mener à bien la formation des étudiants en architecture, en vue de leur activité créatrice dans le domaine des monuments. Elle fait partie d'une école où l'on cultive en même temps, à côté de la création plastique et de la peinture, tous les secteurs des arts appliqués: textiles, céramique, verre, métaux et autres. Les étudiants vivent

ainsi dans une atmosphère chargée d'évocations architecturales du passé, toute imbuée d'œuvres relevant de tous les secteurs de l'art.

La formation des étudiants se destinant à travailler dans le domaine de la protection des monuments repose sur les principes fondamentaux suivants: Une des matières importantes enseignées à l'école d'architecture est l'histoire des arts où une place importante est réservée à l'histoire détaillée du développement de l'architecture. Cette matière (enseignée par plusieurs spécialistes) fait l'objet, avant la terminaison des études, d'un examen d'ensemble spécial. Une autre matière est également enseignée: les cours sur la protection des monuments. Les cours sont naturellement complétés chaque année par des excursions obligatoires où les étudiants apprennent à connaître les monuments d'art dans nos pays et à l'étranger. Or, ces formes plutôt globales à l'aide desquelles les étudiants se familiarisent avec les monuments ne peuvent, à cause de leur caractère encyclopédique, avoir pour résultat une connaissance approfondie. J'en viens, à cet instant même, au point crucial de mon exposé, à savoir, à l'utilisation des méthodes de levés topographiques et des plans de documentation des monuments architecturaux dans le cadre de l'enseignement donné aux étudiants d'architecture.

Sous la conduite du chargé de cours et de ses assistants, les étudiants en première année visitent un édifice historique et cela pendant trois semaines de septembre avant leur entrée aux ateliers. La première tâche consiste à dessiner l'œuvre architecturale historique à l'échelle de $1/50$ jusqu'à $1/1$ (profils utiles) et cela en plans horizontaux, en sections et en élévations. Le dessin donne des résultats extrêmement utiles à maints points de vue. Le dessin réalisé permet à l'étudiant de se rendre compte des relations existant entre le plan horizontal, la coupe verticale et la façade de l'édifice et, bien entendu, de l'impression d'ensemble donnée par son volume et son échelle. Le dessin concrétise les relations existant entre le volume architectural réel et la masse de l'édifice, entre leur représentation en perspective et leur projection orthogonale. On est souvent frappé par la différence entre les proportions vues, déformées par la perspective, et les proportions réelles. Ainsi par exemple, dans le cas des tours, „les casques à étage“ peuvent atteindre jusqu'à la moitié de la hauteur des tours et il existe encore un grand nombre d'autres relations de ce genre. L'expérience acquise, dans la perception de l'espace et de la matière, sera d'un grand profit pour le futur architecte non seulement dans le domaine de la protection des monuments, mais aussi dans les travaux d'études. Le dessin d'après nature est également utile pour l'étude pratique de l'harmonie des proportions longitudinales et volumétriques. C'est pourquoi on étudie les façades par le dessin non seulement en tant qu'ensembles reproduits à l'échelle de $1/50$, mais également dans les détails d'une travée rendue à une échelle de $1/20$. Les profils de tous genres fournissent une riche source de sujets d'étude de l'harmonie des propor-

tions volumétriques et des proportions des lignes. L'alternance des surfaces convexes, concaves, planes, composées pour faire jouer les lumières et les ombres et pour favoriser la déformation perspective des vues, atteint dans les profils une maîtrise raffinée dans toutes les périodes de style. Les adeptes inexpérimentés de l'architecture trouvent souvent difficile de rendre exactement par le dessin leurs déformations intentionnelles dans les courbures, dans la perpendicularité troublée des surfaces. Dans ces cas, on va jusqu'à adopter l'échelle de $1/1$ pour pouvoir comparer, par la suite, le dessin au gabarit moulé directement sur profil. La confrontation avec la réalité se fait, non seulement dans le cas des profils dessinés, mais aussi dans le cas d'autres plans, à savoir les plans obtenus après levé exact, et construits à l'aide de cotes. Ces expériences sont de la plus grande utilité pour l'étudiant, qui en tire une source d'expérience de valeur. Dans le cas général, le dessin et le plan diffèrent beaucoup, surtout dans les proportions et les courbures. Les proportions et les courbures réelles, provenant d'une époque historique caractérisée par son style, sont toujours plus harmonieuses, plus riches et plus parfaites du point de vue plastique. L'œil de l'homme moderne qui ne parvient par toujours à saisir toutes ces nuances raffinées est plutôt enclin à simplifier.

Il découle, de tout ce qui vient d'être dit, que les étudiants, après s'être familiarisés par le dessin avec l'architecture, devront poursuivre leur travail, corriger le fruit de leur imagination de dessinateurs par un levé parfait et par la construction de plans de l'édifice à partir de cotes dans des proportions et lignes précises. Or, pour mener à bien ce travail, ils doivent posséder du moins les connaissances fondamentales du domaine de la technique des mesures et de la géodésie. Cette formation est assurée pendant la première année de leur études sous forme de cours tenus deux heures par semaine et complétés par une visite à la chaire de géodésie de l'École polytechnique de Prague. Les cours ont pour but de donner aux étudiants des informations encyclopédiques concernant l'appareillage de mesure, appareils angulaires, goniomètres ainsi que les appareils utilisés dans les techniques photogrammétriques. Dans un aperçu d'ensemble, on explique également aux étudiants les différentes techniques de mesure des longueurs directes et indirectes (optiques), de même que les techniques de la mesure et du jalonnement des angles. Ils se familiarisent avec la manipulation pratique d'appareils de mesure et d'autres instruments; les assistants leur expliquent les erreurs et les écarts possibles. On explique les principes des méthodes fondamentales de mesure, le nivellement en ligne et de surface, la méthode polaire, la méthode orthogonale, la tachéométrie à visée horizontale et oblique et leur rattachement à l'ensemble de points de même que la construction d'un tel champ, les cheminements polygonaux et leur rattachement aux points d'ordre supérieur, la photogrammétrie terrestre et aérienne, les métho-

des de restitution, les informations globales sur les calculs de mesures les plus importants. Ces exposés sont toujours complétés par les renseignements nécessaires sur les cartes et plans actuels, sur leurs prédécesseurs historiques ainsi que sur les photoplans. Autant de matériaux d'information, dont aucun architecte digne de ce nom ne saurait se passer dans l'exercice de sa profession. Les photoplans des monuments, dont la valeur n'est jamais assez reconnue, peuvent servir de point de départ pour les solutions urbanistes.

Le but de ces cours n'est pas de faire des architectes des arpenteurs, mais de leur fournir des informations détaillées sur les possibilités et les procédés corrects utilisés dans le levé d'une œuvre d'architecture. Et, s'ils travaillent dans le secteur des monuments, ces cours doivent les inciter à exiger toujours un levé exécuté par un spécialiste.

Ignorant les possibilités d'une telle documentation exacte, les architectes, dans le récent passé, et certains encore de nos jours, exécutaient et continuent à exécuter le levé des édifices en plan horizontal uniquement à l'aide d'éталons de longueur et essaient de reproduire les irrégularités par la technique du levé des diagonales. Ce mode de travail laborieux, où l'on joint une pièce à l'autre et où l'on additionne et multiplie les fautes, donne, malgré tous les efforts déployés, un résultat imprécis; l'ensemble s'en trouve considérablement déformé et le plan perd ainsi beaucoup de sa valeur. La mesure longitudinale des hauteurs exige en plus des tours d'équilibre pour ce qui est des parties inaccessibles et sa précision laisse à désirer.

Or, il est d'une extrême importance que le plan d'un monument historique soit d'une haute précision, qu'il reflète toutes les déformations et les irrégularités, dont la plupart ont leur importance pour la prospection de constructions historiques. La proposition sert, à son tour, de point de départ aux études d'adaptation et d'utilisation des édifices. Le bâtiment proprement dit, à savoir sa documentation exacte donnée par les plans, fournit ainsi les informations authentiques les plus sûres sur son histoire. Ces informations complétées par les connaissances acquises lors des sondages, dont l'emplacement est également donné par le plan et par l'étude des textes conservés, servent à retracer très exactement l'histoire de l'édifice, de sa naissance, à travers son évolution et ses reconstructions. Bien entendu, l'analyse architectonique du monument ne constitue pas une étude purement théorique dont le rôle serait uniquement de classer l'édifice dans son contexte historique (ensemble avec les plans du monument), elle est entre les mains des architectes un puissant instrument de travail et le point de départ pour la reconstruction de l'édifice et pour son adaptation actuelle.

Ainsi, les étudiants de l'architecture qui ont terminé leur première année d'études, qui ont suivi les cours sur les techniques du levé et qui ont appris à connaître le degré de précision exigé au cours des opérations de levé, visitent une seconde

fois le même monument, pour en exécuter, cette fois-ci, le levé. Ils disposent de leurs dessins qui leur servent de croquis et y tracent les cotes relevées à l'aide d'éталons (mesure périmétrale) et à l'aide d'instruments. Les étudiants se servent ensuite de ces croquis pour dessiner les plans définitifs, pour calquer les matrices, pour effectuer les reproductions — exactement comme ils le feraient avec n'importe quel ensemble de plans élaborés. Ce second stage dure également trois semaines et a lieu vers la fin des grandes vacances d'été. Ceci ne suffit naturellement pas à la réalisation complète de tout le plan, mais nous estimons qu'il est inutile d'occuper les étudiants au détriment de leurs études par un travail qui se répète ensuite souvent. C'est pourquoi il existe auprès de la direction de l'école un petit groupe de travail (la section du dessin documentaire des monuments) où les employés de l'école, spécialisés dans l'architecture et la géodésie, terminent et contrôlent en même temps les travaux entamés par les étudiants.

Le concours des étudiants et des spécialistes des techniques du levé des monuments donne de très bons résultats. D'une part, on choisit pour les étudiants un travail intéressant qui est de la plus grande utilité pour leurs études et, d'autre part, on les dispense de travaux plus compliqués dépassant leurs possibilités. Les travaux ainsi réalisés sont également d'une haute précision. Une telle pratique permet ensuite de tirer profit de tout le plan. L'école conclut des contrats avec les institutions d'Etat travaillant dans le domaine de la protection des monuments et leur fournit, contre paiement, les documents de mesure élaborés. Les bénéfices réalisés servent à couvrir les frais de stages des étudiants; ces derniers touchant, en plus, de petits honoraires. Déduction faite de ces frais, il reste encore une certaine somme à l'école dont elle dispose pour ses activités. Ce côté économique positif du système de travail qui vient d'être cité, permet à l'école de choisir avec une grande liberté les sujets convenables et de faire des investissements rationnels (achat de matériel). L'organisation actuelle du levé des monuments, dont on vient de parler, est le fruit d'un développement de longues années. Depuis longtemps déjà, les professeurs titulaires de la chaire d'architecture: l'architecte Adolf Benš, ingénieur, et l'architecte Pavel Smetana chargeaient les étudiants, dans les ateliers, de la solution de problème du domaine des monuments et ceci également en tant que sujets de diplômes. Pour la plupart du temps, ces travaux comprenaient également le levé des édifices en question. Actuellement, le professeur titulaire de la chaire d'architecture, Josef Svoboda, artiste national, poursuit cette tradition tout en l'approfondissant: le levé est devenu une pratique obligatoire pendant deux années d'études et, par là aussi, une partie obligatoire des études d'architecture. Dans les ateliers du professeur Svoboda, les étudiants ont étudié l'année dernière les modifications à apporter aux dispositions architectoniques de plusieurs parcs. Ce faisant, ils se servent en partie de plans exécutés,

par d'autres étudiants, à l'aide de levés faits sur place.

Il serait erroné de croire, à la base du présent exposé, que seule la chaire d'architecture auprès de l'Ecole supérieure des Arts et Métiers s'occupe de l'appréciation et de la mise à profit du patrimoine artistique des temps révolus. Dans l'atelier des arts plastiques, le professeur et sculpteur Jan Kavan, recteur actuel de l'Ecole et le maître de conférences L. Pícha restaurent avec leurs étudiants des sculptures historiques ainsi que les ornements plastiques des édifices. Dans l'atelier des arts textiles appliqués, le professeur Antonín Kybal et le maître de conférence Bohuslav Felcman ont entrepris la formation spécialisée d'un certain nombre d'étudiantes, en partie, dans la restauration de tapisseries. On trouverait d'autres exemples de ce genre dans les autres ateliers. Bien entendu, le but

du présent exposé est exprimé dans son titre: comment amalgamer aux études d'un architecte moderne les études de l'architecture historique et les techniques du levé pour que le travail créateur du futur architecte puisse être orienté non seulement vers le passé, mais encore vers le présent.

Pour ce qui est des techniques du levé des monuments, j'aimerais souligner en guise de conclusion qu'il existe très peu de spécialistes possédant ce secteur à la perfection, secteur relevant de deux domaines: l'architecture et la géodésie. La seule solution possible est la synthèse harmonique d'un architecte et d'un spécialiste en géodésie. Dans ce cas, l'architecte doit au moins comprendre les méthodes géodésiques pour pouvoir coopérer avec succès avec le spécialiste en géodésie. Or, à l'Ecole supérieure des Arts et Métiers de Prague, on tient compte de ce problème en organisant les études dans ce sens.

SUMMARY

The Use of Survey Procedures and Drawing Materials of Architectural Monuments in Lecturing Architecture at the College of Applied Arts in Prague

There are lots of cultural monuments on the territory of this country. This cultural wealth and the efforts to preserve it for further generations bring about a great deal of problems difficult to solve, a. o. the compilation of thorough and good survey basic materials. The College of Applied Arts in Prague considers this purpose since the first-year's studies, during which the students take up drawing architectures and get acquainted with fundamental geodetic and photogrammetric instruments and methods. The school should train and educate architects-specialists who would master geodetic methods well enough to create as valuable works as to comply with the needs of preservation of historical monuments.

РЕЗЮМЕ

Использование измерения и документации изображения архитектурных памятников для обучения архитектуры на Высшей школе прикладных искусств в Праге

На территории нашего государства находится большое количество культурных памятников. Это большое культурное богатство и стремление сохранить это богатство и для дальнейших поколений вызывают ряд трудных проблем, кроме другого и составление исчерпывающей и качественной съемочной документации. На Высшей школе прикладных искусств в Праге воспитываются для этой цели сту-

денты уже с первого курса, в котором они занимаются черчением архитектуры и знакомятся с основными геодезическими и фотограмметрическими приборами и методами. Задачей школы является воспитание специалистов-архитекторов, обладающих геодезическими методами настолько, чтобы совместно смогли создать высококачественное произведение, удовлетворяющее нужды охраны памятников старины.

ZUSAMMENFASSUNG

Ausnutzung der Vermessung und der zeichnerischen Dokumentation architektonischer Denkmäler für den Architekturunterricht an der Hochschule für Kunstindustrie in Prag

Auf unserem Staatsgebiet finden wir eine grosse Menge Kulturdenkmäler. Dieses grosse kulturelle Reichthum und die Sorge es den weiteren Generationen zu bewahren, rufen eine ganze Reihe von Problemen hervor, ausser anderem auch der Ausarbeitung einer ausführlichen qualitätshohen Vermessungsdokumentation. An der Hochschule für Kunstindustrie in Prag werden für diese Arbeiten die Hörer bereits ab dem 1. Jahrgang ausgebildet, also in der Zeit, in der sie sich dem architektonischen Zeichnen und der Kenntnis geodätischer und photogrammetrischer Hauptgeräte und -methoden widmen. Die Aufgabe der Schule beruht in der Ausbildung solcher Fachleute in der Architektur, die die geodätischen Methoden soweit beherrschen würden, um gemeinsam ein wertvolles, den Bedürfnissen der Denkmalpflege entsprechendes Werk schaffen zu können.

Levé d'espaces souterrains dans la reconstruction et l'entretien de Monuments

par l'Ingénieur ZDENĚK KOUTNÝ,
Inženýrská geodézie, n. p., Brno

Le monde culturel entier et, dans la même mesure, la République Tchécoslovaque affectent chaque année d'énormes sommes à la sauvegarde, la reconstruction et l'entretien des monuments historiques. Chacune de ces activités devrait être dirigée naturellement à partir de recherches minutieuses, de connaissances approfondies des conditions locales et d'une documentation métrique précise. A l'heure actuelle, la protection s'applique aux divers phénomènes naturels, monuments, fouilles, édifices et, surtout, aux vastes ensembles territoriaux. La protection des sites et des monuments culturels est d'une importance capitale au point de vue culturel et scientifique. C'est un fait qu'avaient déjà présent à l'esprit nos ancêtres médiévaux car, en effet, aux XIVe et XVe siècles ont été publiés les premiers édits royaux relatifs à la protection des sites et des monuments.

De nombreux et longs siècles se sont écoulés à partir du moment où le premier homme vint se fixer sur le territoire de notre patrie et y forgea ses conditions de vie. En suivant cette longue évolution, nous constatons que certaines régions ou villes ont connu, au cours d'une période historique relativement courte, des changements plus importants que d'autres pendant des siècles. Les raisons de ce fait étaient en général économiques, militaires ou politiques. Le développement paisible et uniforme de certaines villes est caractéristique par le fait que le plan de ces villes resta le même pendant des siècles, bien que de nombreuses usines aient été fondées à leur proximité et que moyens de communications modernes aient relié tous les villages et villes les uns aux autres et les aient raccordés au monde entier. La vie, qui bat ici son plein, aspire toujours à une existence calme, à la joie et au savoir qu'une génération transmet à la génération suivante.

L'histoire, au sens propre du mot, ne commence cependant pas par le peuplement de la région par l'homme. Son origine remonte bien loin dans les temps, dans l'ère des plissements hercyniens et carpat-alpins. C'est à cette époque que commença à se former la géologie des régions tchèque et slovaque qui réunit la Bohême et la Moravie à la Slovaquie, pour en former un ensemble harmonieux créé à recevoir les peuples de notre patrie. L'énorme activité géomorphologique, les conditions climatiques spécifiques, l'influence des courants maritimes et continentaux et, pour ne pas oublier, mêm-

me la situation géographique de notre patrie, ont donné naissance à de nombreux types régionaux sur le territoire relativement peu étendu de notre pays. A cette époque, se sont aussi formées de nombreuses cavernes qui, aux temps lointains, servaient de refuge et d'habitation naturelle à nos ancêtres. Il y a relativement peu de temps que l'homme a découvert les richesses extraordinaires et la beauté naturelle qu'abritent ces espaces souterrains. En effet, quel pays du monde peut se vanter d'une telle quantité de cavernes karstiques où la calcite a créé et créé toujours des concrétions calcaires d'une beauté inimaginable. Mais, non seulement les cavernes karstiques à concrétions calcaires, l'eau, elle aussi, a créé des formes analogues dans les carernes dans lesquelles la température ne s'élève jamais au-dessus du point de la glace fondante, même pendant les jours les plus chauds de l'année. Il paraît que tout ce que nous venons de dire est du ressort d'études d'autres branches scientifiques. Mais ce n'est qu'une simple apparence. Une représentation irréprochable de ces espaces, que ce soit au point de vue vertical ou horizontal, est indispensable aussi bien au savant qu'au sportif ou au touriste. Une connaissance parfaite des espaces souterrains, qui se trouvent au-dessous d'édifices historiques ou de quartiers urbains, joue un rôle prédominant dans les activités de nombreux spécialistes et, surtout, dans celles des travailleurs de la protection des monuments. Leurs recherches se heurtaient, au début, contre les difficultés de ce genre. Le manque absolu de toute documentation, apte à offrir une idée de l'étendue des espaces souterrains et de leur topographie, constituait un obstacle énorme.

Le présent article ne se propose pas de s'occuper du levé des espaces souterrains créés par l'activité minière, qui sont documentés conformément aux „Dispositions de topographie minière publiées par l'Office central des Mines, n° 5700/1962“. Ce qui nous intéressera, ce seront les espaces souterrains naturels ou artificiels, qui se trouvent à une profondeur relativement faible sous la surface terrestre, qui ne possèdent jusqu'à présent aucune documentation métrique et dont l'existence peut exercer une influence néfaste, directe ou indirecte, sur l'état des édifices de surface. On aura présent à l'esprit les cavernes, les formations karstiques, les tunnels, les galeries de canalisation ou de conduite d'eau, les vastes caves, etc. Dans l'élaboration

de la documentation métrique d'espaces souterrains, les plus grands efforts ont été consacrés au levé de galeries souterraines dans les centres des villes antiques: Znojmo, Jihlava, Vysoké Mýto, Brno et autres. Une des premières villes de notre pays, dont on a dressé une bonne documentation métrique était Tábor. Les plans des souterrains de cette ville ont été dressés dès 1924. Le labyrinthe des galeries, souterraines est constitué, parfois dans ces villes, par trois étages superposés. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que la terrasse de l'étage le plus profond se trouve même à plus de 15 mètres au-dessous du sol. Nous ne savons pas pour quelle raison ces souterrains ont été creusés. Il semble que c'était le plus souvent le besoin de défense en temps de guerre. On suppose que, pendant le siège de la ville, tout le monde déménageait dans les souterrains; non seulement les familles entières, mais probablement aussi les artisans avec leurs ateliers; il est même possible qu'on y cachait des bestiaux. La forme, les profils et la répartition des divers locaux sont assez probants. Les galeries possèdent aussi un certain système de ventilation. Il est cependant difficile d'assurer que tous les trous d'aération sont du même âge ou s'ils ont été ménagés plus tard. Au cours de la Seconde Guerre mondiale, on prévoyait aussi l'utilisation de ces espaces comme abri pour la population urbaine. Ainsi à Jihlava, pendant la Seconde Guerre mondiale, certaines galeries autonomes ont été réunies ensemble de sorte qu'il était pratiquement possible de circuler au-dessous de tout le centre historique de la ville. Le problème de l'origine des souterrains fut l'objet d'une étude approfondie de l'ingénieur Kamil Jurajda, qui s'en occupa dans son article „Levé d'espaces souterrains à Znojmo“. L'auteur y constate qu'à Znojmo, aussi bien que dans d'autres villes médiévales, la construction du souterrain était une œuvre organisée, collective et de longue haleine qui visait un but bien déterminé. Tous les travaux de construction devaient être planifiés et dirigés par un seul centre. Il semble que ces travaux étaient effectués de façon continue et à une époque donnée. Il est difficile d'imaginer le grand nombre d'ouvriers nécessaires pour construire ces vastes locaux et dans quelles conditions de travail et de vie ces ouvriers devaient travailler. Pour s'en faire une idée, n'oublions pas, que pour construire une vingtaine de kilomètres de passages et galeries souterrains, il a fallu enlever ou utiliser, d'une façon ou d'une autre, 80 000 m³ de terre. Tout ceci prouve l'art des constructeurs de ces souterrains et la peine inimaginable des ouvriers. Dans la conclusion de son article, l'ingénieur Jurajda démontre que la fonction de ces galeries souterraines était militaire et défensive, et date leur origine au XVIe siècle. Il serait utile de noter, à ce propos, que les autres villes, qui possèdent aussi d'immenses souterrains et ne peuvent se flatter d'un passé militaire et politique aussi varié que Znojmo, ne diffèrent nullement de Znojmo par l'étendue des galeries et du système individuel de leur construction. Au contraire, on peut observer une analogie remarquable même dans la forme, la dis-

position et le profil des galeries, bien que leur plan d'ensemble soit moins régulier. Les divers étages se trouvent sensiblement au même niveau, seules les longues galeries sont un peu inclinées. Les galeries ont une largeur de 120 à 200 cm et une hauteur de 180 à 200 cm. La voûte part de la moitié environ de leur hauteur.

Ces immenses souterrains étaient construits sans doute encore pour d'autres buts. On peut même supposer l'exploitation médiévale de mines d'argent et l'extraction d'autres minerais. On peut même présumer la construction d'un réseau de canalisations souterraines destinées à l'écoulement des eaux souterraines et pluviales; dans certains cas, on prévoyait déjà au Moyen Âge l'alimentation de la ville en eau potable, au moyen de galeries souterraines. L'opinion selon laquelle ces espaces étaient exploités au Moyen Âge comme locaux de stockage ou, en Moravie du Sud, comme caves à vin nous paraît toutefois insoutenable. Il est vrai que ces espaces bénéficient de nombreuses entrées, mais celles-ci sont incommodes et accessibles toujours par les corridors principaux des maisons ou par les caves, au moyen d'un escalier étroit et serré. A l'heure actuelle, ces espaces n'ont aucune fonction, bien qu'après un nettoyage et certaines petites reconstructions ils puissent servir de magasins. Les étages supérieurs de ces galeries sont généralement pourvus de murs de revêtement en briques et leurs plafonds sont voûtés. Dans certains cas isolés, les briques sont remplacées par du simple béton. Le deuxième et le troisième étage sont creusés directement dans la roche et ne comportent aucun murage.

Comment se fait-il qu'on porte tout à coup un tel intérêt à ces espaces souterrains, qui restaient pratiquement inaperçus pendant de longs siècles? Les raisons peuvent être multiples, mais le motif principal est sans doute le besoin de sauvegarder et de reconstruire les monuments rares et estimés au point de vue historique. Dans de nombreux cas, il s'agit de quartiers urbains entiers qui constituaient jadis la superficie totale de la ville et qu'on appelle aujourd'hui le noyau historique de la ville. Au cours des dernières décennies, dans de nombreuses villes, certains édifices ont été détériorés, les chaussées se sont effondrées, les canalisations souterraines ont été endommagées. Tout ceci a été causé par des galeries souterraines. Si nous comparons la vie dans une ville médiévale à la vie d'aujourd'hui, la réponse est très simple. Les chariots des anciens rouliers avec traction animale n'étaient point capables de compromettre la stabilité des maisons et des chaussées dans les rues, au-dessous desquelles se trouve le labyrinthe souterrain. Par contre, les camions surchargés d'aujourd'hui et le trafic ininterrompu les ébranlent fortement. Les murs des étages supérieurs des galeries souterraines ne sont pas suffisamment solides et se détériorent par de constantes secousses, de sorte qu'à de nombreux endroits les plafonds s'effondrent et que le terrain baisse. Il est vrai que l'injure du temps y joue aussi son rôle. La désagrégation des

roches et l'infiltration des eaux de surface ont compromis la cohésion du toit des galeries souterraines. Dans certains cas, il faut incriminer le manque de responsabilité des constructeurs et les interventions néfastes dues à la construction d'immeubles modernes dans ces quartiers de la ville. Depuis le début de ce siècle jusqu'à une époque toute récente, on y construisait des maisons de commerce, banques, hôtels etc. Ces immeubles doivent avoir naturellement un fondement solide et comme, très souvent, ces fondements s'enfoncent jusqu'à l'encroût où se trouvent les galeries souterraines, ils doivent donc être poussés jusque dans le fond rocheux, au-dessous de ces galeries. Il en résulte, que les murs de fondation interrompent la continuité des galeries et l'écoulement automatique de l'eau; celle-ci envahit certaines parties du souterrain, suinte dans les environs et les inonde selon la perméabilité du terrain. Les cas où l'eau monte jusque dans la maçonnerie des anciennes maisons ne sont pas rares. Il en est de même des excavations pratiquées en vue de la pose de canalisations souterraines; de telles excavations sont aussi de nature à compromettre la continuité des galeries souterraines.

Il ne faut pas s'étonner lorsqu'on lit, un beau jour, dans les journaux qu'on a affecté des „millions à la sauvegarde des monuments historiques“. Oui, à Jihlava il a fallu reconstruire et consolider 20 km de galeries souterraines qui se trouvent sous le noyau historique de la ville. Ces travaux ont coûté 46 millions et demi de couronnes tchécoslovaques. Peut-être que le titre de cette nouvelle n'était pas tout à fait bien trouvé. Il ne s'agit pas seulement de sauvegarder des monuments, alors que chaque visiteur s'imagine, sous le terme de monument, une église majestueuse, un célèbre hôtel de ville ou tout autre édifice remarquable. Ce qui importe, c'est de sauvegarder le caractère total de la ville et de ne pas compromettre le charme si intimement lié à son histoire.

Jusqu'ici, le levé d'espaces souterrains était en Tchécoslovaquie l'objet de l'activité de nombreuses institutions et chacune effectuait ces opérations à sa guise. Il n'existant aucune réglementation obligatoire. La précision, l'échelle et l'ajustement des résultats différaient, par conséquent, d'un cas à l'autre. L'Office tchèque de Géodésie et de Cartographie, qui dirige tous les travaux géodésiques en Tchécoslovaquie, animé du désir d'unifier toutes les activités dans ce domaine, a chargé l'Entreprise nationale Inženýrská geodézie (Géodésie de Génie) de Brno d'élaborer un procédé technologique de levé d'espaces souterrains. La publication de cette réglementation doit paraître sous peu, son texte n'est cependant pas encore définitif. Le texte, issu de l'expérience acquise par les travailleurs de l'Office tchèque de Géodésie et de Cartographie, a été corrigé après plusieurs amendements et complété d'après les exigences des spécialistes travaillant dans les autres domaines et, surtout, d'après les exigences des clients et des utilisateurs. Les méthodes de mesure et le levé d'espaces souterrains

ne diffèrent pas en principe, des méthodes de levé appliquées à ciel ouvert. Seules les circonstances changent et il faut donc adapter les méthodes aux nouvelles conditions. On se trouve en général en présence de galeries étroites dont les profils changent d'un cas à l'autre, d'éboulements dus aux galeries dont la continuité a été compromise, de divers obstacles et, surtout, de l'obscurité. C'est à cause de tout cela qu'il a fallu élaborer une nouvelle méthode photogrammétrique progressiste, la méthode de sections lumineuses dans le levé de profils transversaux. La méthode a été mise au point à l'Institut de Recherches des Minerais de Prague.

Le levé d'espaces souterrains ne se propose pas seulement d'obtenir des cartes planimétriques et altimétriques de ces espaces; sa fonction est de permettre d'établir, avec précision, la position de ces souterrains par rapport aux bâtiments que se trouvent à la surface. C'est ce qui importe le plus au point de vue de la protection de monuments. La base géodésique de la planimétrie est le réseau trigonométrique cadastral. Dans les régions ou dans les villes où on a effectué le levé de la situation à la surface, d'après un système de représentation différent, le levé d'espaces souterrains peut être fait d'après le même système. Le rattachement au canevas d'ensemble des points de surface s'effectue par cheminements polygonaux. Pour leur établissement et leur mesure, il est impossible de procéder conformément aux règles valables dans les mesures faites à ciel ouvert. Au contraire, ici les distances courtes alternent avec les longues, les distances horizontales avec les inclinées. Les cheminements ne sont pas directs et, en passant d'un étage à l'autre, peuvent même se croiser selon les besoins. Le repérage des points polygonaux s'effectue dans le plancher aussi bien que dans le plafond. Les angles horizontaux et verticaux sont mesurés par un théodolite donnant la seconde (Wild T2 ou Zeiss 010). Les longueurs des côtés polygonaux sont mesurées en millimètres, soit directement au ruban, soit indirectement à l'aide d'une stadia de précision employée dans la position soit horizontale soit verticale. Les divers éléments doivent être mesurés avec une précision telle que la précision planimétrique des points polygonaux ne soit pas inférieure à ± 3 cm.

Une grande attention doit être accordée à la mesure et au calcul des cheminements polygonaux orientés seulement à l'une des extrémités; ce genre de cheminements se présente très souvent. S'il est possible de viser à partir de l'extrémité d'un tel cheminement polygonal un point déterminé par les coordonnées d'un autre cheminement polygonal, il suffit de lever les deux cheminements une seule fois. De tels cas peuvent se présenter si, par exemple, à l'extrémité d'une galerie souterraine se trouve une cheminée d'aération verticale, à travers laquelle on peut faire descendre un fil à plomb. Dans ce cas, on peut déterminer les coordonnées du point projeté aussi bien à surface que dans le sous-sol. S'il est impossible de faire ce contrôle, il faut mesurer et calculer le cheminement polygonal deux

fois et de manière séparée. Ce n'est que lors du levé des points de détail que s'effectue la vérification du levé et du calcul des cheminements polygonaux; à cet effet, on effectue, de deux points polygonaux voisins, le levé d'un point de détail identique au moins. On calcule ensuite les coordonnées du point de détail à partir de deux points polygonaux et on compare les résultats. Une telle vérification doit être faite successivement sur tous les points polygonaux.

Les mesures de détail se font par la méthode polaire ou orthogonale. Les objets à lever doivent être choisis de la même manière qu'à la surface. C'est en général la ligne d'intersection de la maçonnerie et du „terrain“. On désigne par une abscisse la limite entre le matériau utilisé pour les murs de revêtement des galeries ou le genre de la roche dans laquelle la galerie est creusée; cette abscisse doit couper le dessin des galeries à l'extérieur et à l'intérieur. Entre ces abscisses, on indique le genre du matériau (brique, ciment, granit, grès, etc.). Chaque changement de forme des galeries doit être désigné et levé par un nombre suffisant de sections transversales.

Le niveau de référence baltique — après compensation — est la base du système altimétrique. Chaque fois que l'on a eu recours, à la surface, à un autre système altimétrique, on appliquera cet autre système. Le levé altimétrique des points polygonaux et leur rattachement au réseau altimétrique de surface s'effectue par nivellement géométrique et par nivellement à visée oblique. Les cheminements de nivellement sont, soit rattachés de part et d'autre, soit mesurés dans les deux sens. Les cheminements de nivellement doivent être levés de manière que les altitudes des points polygonaux soient déterminés avec une précision de ± 1 cm. Le levé altimétrique des points de détail s'effectue par nivellement de surface ou trigonométriquement. On effectue également le levé altimétrique des entrées dans les caves de maison et des entrées à tous les étages inférieurs ou supérieurs suivants, des escaliers, cheminées d'aération, puits, cloisons, conduites d'eau, canaux de drainage, lignes de crue, endroits de forte infiltration d'eaux et des canalisations de toutes sortes.

Les croquis de levé sont exécutés à l'échelle de $1/100$. Si la planimétrie est trop dense, ou si plusieurs étages de galeries se superposent, on fait le croquis de levé à l'échelle de $1/50$. Si, par contre, la planimétrie est trop simple, on fait le croquis de levé à l'échelle de $1/200$. Les profils transversaux sont dessinés en règle générale à l'échelle $1/100$. Sur la planimétrie, ainsi que sur les profils transversaux on indique le genre du matériau de construction utilisé. L'assemblage et les dimensions des coupures de feuilles de carte sont donnés par le système de représentation appliqué. Pour dresser les cartes des espaces souterrains, on utilise, en principe, l'échelle de base de $1/200$. Si ces espaces sont trop vastes (tels que localités karstiques, galeries trop larges, etc.), on applique l'échelle de $1/500$. Pour augmenter la clarté de tout le terrain

dont on a effectué le levé, on peut même dresser les cartes à l'échelle de $1/1000$ ou de $1/2000$. Les réductions des originaux s'exécutent, en règle générale, par procédé photomécanique.

Les opérations de représentation et leur précision sont basées sur l'Instruction relatives au levé technique et économique. La représentation se fait sur papier à dessin de qualité supérieure collé sur une plaque métallique irrétrécissable. La mise au net de la planimétrie se fait en traits pleins, les étages inférieurs en tiretés. La désignation des différents étages souterrains est déterminée par un principe établi d'avance. On ne les désigne pas d'après leur profondeur absolue au-dessous du sol mais d'après la manière dont ils se superposent. L'espace qui se trouve immédiatement au-dessous de la première terrasse de l'édifice (cave de maison) est appelé premier souterrain. Si une galerie existe sous le premier souterrain on la dénomme deuxième souterrain. On dénomme troisième souterrain les espaces qui passent sous le deuxième souterrain, mais uniquement sur le trajet où les deux souterrains empiètent l'un sur l'autre. Chaque souterrain suivant est désigné selon le même principe.

On prévoit qu'à l'avenir la restitution des cartes à toutes les échelles sera effectuée sur un coordinateur automatique. Inutile de rappeler que même les travaux de terrain devront être adaptés à cette nouvelle méthode de traitement cartographique. Ils devraient être effectués d'après les mêmes principes, comme c'est actuellement le cas des levés techniques et économiques.

Il est presque toujours indispensable de représenter sur une seule carte la planimétrie de la surface et celle des espaces souterrains. On peut utiliser, à cet effet, les cartes actuelles dressées à grandes échelles. Ce sont en général des cartes établies par la méthode numérique qui, grâce à leur précision, satisfont parfaitement au but envisagé. Ces cartes doivent cependant être complétées des changements ultérieurs. Moins fréquent sont les cas où l'on exige que les canalisations souterraines soient tracées sur les cartes. Bien que l'on ne l'exige pas, il est absolument indispensable de compléter la planimétrie de la surface par les symboles de tous les objets qui se trouvent à la surface. Il s'agit en général de puits, cheminées d'aération, poteaux, colonnes, couvercles, bouchons, vannes, bouches d'eau à colonne, bornes d'incendie, etc. Pour bien distinguer les représentations de la planimétrie de la surface, de la planimétrie du souterrain, du levé altimétrique et des canalisations, on a recours aux couleurs suivantes:

- bleu-gris pour la planimétrie de la situation à la surface, y compris les points du canevas d'ensemble et les écritures à l'intérieur du cadre;
- noir pour la planimétrie des espaces souterrains, le dessin de la feuille de construction et les écritures à l'extérieur du cadre;
- brun pour exprimer l'altimétrie à la surface;
- les points du canevas seront désignés en bleu dans le premier souterrain, en vert dans le deuxième

me souterrain et en jaune dans le troisième souterrain; couleurs répondant à la norme ČSN 73 0122 pour les distributions souterraines.

La reproduction et l'impression des cartes de divers genres s'effectuent par le procédé offset, de la même manière que pour les autres documents géodésiques. Les différentes couleurs sont dessinées, à partir de l'original, sur des feuilles plastiques transparentes et irrétrécissables, qui servent ensuite à la confection des planches de tirage. Les matrices, pour les différentes couleurs, se gravent ou s'obtiennent par gravure dans la couche positive.

Tels sont les problèmes qui occupent sans doute également les spécialistes des autres pays. L'existence des galeries souterraines au-dessous des villes médiévales n'est pas un privilège des villes tchécoslovaques. Combien de romans ont été écrits sur les célèbres villes dans lesquels l'action, bien que par courtes allusions seulement, confirme l'existence de galeries souterraines dans les villes étrangères. Qui, entre nous, ne connaît pas les catacombes de Paris. Dans la Pologne voisine, on s'occupe actuellement du levé de galeries souterraines dans l'ancienne capitale Cracovie.

Pour terminer, je voudrais souligner, encore une fois, que le levé dans les espaces souterrains n'exige aucun équipement ou appareillage spécial. On a recours aux méthodes planimétriques courantes, il faut seulement les adapter au point de vue technologique à cette ambiance de travail particulière. Et encore une expérience intéressante, acquise au cours des opérations de terrain à l'époque de conquêtes de la technique moderne: ce sont les simples lampes à acétylène qui nous rendaient les meilleurs services et éclairaient le mieux les cavités souterraines. Inutile d'insister que c'est, dans le

souterrain, une condition de première importance. Ces lampes ne laissent rien à désirer et n'exigent pas de soins d'entretien spéciaux. Au moment où tous les travaux, ayant trait au levé et à la reconstruction de galeries souterraines ainsi que de monuments et territoires à la surface, seront terminés nous pourrions déclarer tous avec satisfaction: „Nous avons fait un bon travail.“

Bibliographie

ÚSGK: Směrnice pro zaměřování památkových objektů a chráněných částí přírody. (Administration Centrale de Géodésie et de Cartographie: Instructions relatives au levé des monuments historiques et des régions naturelles protégées.) Nos 23-333.3-13 800/1965.

ČÚGK: Směrnice pro technickohospodářské mapování. (Office Tchéque de Géodésie et de Cartographie: Instructions relatives au levé technique et économique.) No 2500/1969-2.

— Důlně měřický předpis Ústředního báňského úřadu č. 5700-1962. (Office Central des Mines: Dispositions de topographie minière.)

Jurajda: Mapování podzemních prostorů. Návrh technologického postupu. Příspěvek k zaměřování historických památek v podzemí. (Levé des espaces souterrains. Projet de procédé technologique. Contribution au levé de monuments historiques souterrains.) GaKo 12/1968.

Drobent, Dobis: Presnosť a hospodárnosť merania dĺžok v šikmých banských dielach. (Procédé et précision de la mesure des longueurs dans les galeries minières obliques.) GaKO 3/1968.

both surface and underground situation is represented so as to show the link-up between the underground areas and the surface.

РЕЗЮМЕ

Измерения подземных пространств для реконструкции и сохранения памятников старины в порядке

Подземные пространства можно разделить в сущности на естественные (природные) и искусственные, возникшие деятельностью человека. Совершенное знание подземных пространств является необходимым в обоих случаях: как для исследования карстовых формаций, так для установления подземных пространств городов и зданий для статического обеспечения и т. п. Самая большая часть работы была совершена при измерении подземелья городов в Иглаве, Знойме, Брне, Таборже и других. Методы измерения подземелья не отличаются в сущности слишком от способа

измерения на поверхности; они проводятся только при других обстоятельствах. При этом обыкновенно исходит из поверхностной сети, большое внимание надо уделять измерению и вычислению полигонных ходов, чтобы положение подземных объектов было правильно изображено. Чтобы была видна связь подземных пространств с поверхностью, изображаются на одном листе поверхностная и подземная ситуации.

ZUSAMMENFASSUNG

Vermessung untertägiger Räume für die Rekonstruktion und Laufendhaltung der Denkmäler

Untertägige Räume können auf natürliche und künstliche, d. i. durch Menschentätigkeit entstandene, geteilt

werden. Eine tiefe Kenntnis der untertägigen Räume ist in beiden Fällen gleich wichtig, wie für die Erforschung von Karstgebilden, so auch zur Bestimmung untertägiger Räume von Städten und Gebäuden, für statische Zwecke u. a. Die grösste Arbeit wurde bei der Vermessung der unterirdischen Räume der Städte Jihlava, Znojmo, Brno, Tábor u. a. geleistet. Die Vermessungsmethoden unter Tage unterscheiden sich nur gering von der Messung auf der Erdoberfläche, sie wird nur bei anderen Bedingungen vorgenommen. Gewöhnlich schliesst man an ein Netz an der Oberfläche an, wobei grosse Aufmerksamkeit der Messung und Berechnung der Polygonzüge gewidmet werden muss, damit die Lage der Objekte unter Tage richtig dargestellt wird. Um den Zusammenhang der untertägigen Objekte mit den Objekten auf der Erdoberfläche zu kennzeichnen, wird auf einem Blatt der Grundriss auf der Erdoberfläche mit dem Lagebild der untertägigen Objekte dargestellt.

SUMMARY

Surveying Underground Areas for Renovation and Preservation of Historical Monuments

The underground areas can be classified into natural ones and artificial ones; the latter were caused by human activities. A thorough knowledge and investigation of underground areas is necessary in both the cases, for investigating the stalagmite and stalactite caves and for investigating the underground areas for the purpose of statistical safeguard of towns and buildings, as well. The greatest deal of work was done in the field of surveying the underground areas of the towns of Jihlava, Znojmo, Brno, Tábor and others. In principle, the methods of surveying the underground areas do not differ very much from those of surface measurement, only they are used under different circumstances. As the surveying process usually starts from a ground network, the traverse lines should be handled with utmost care when measured and calculated, so that the position of underground structures might be taken right. On one sheet

La méthode de la mesure et de l'élaboration des plans d'inventaire des ensembles des bâtiments monumentaux en prenant en considération les espaces souterrains pour l'aménagement de vieux quartiers à Cracovie

par le Professeur JERZY GOMOLISZEWSKI,
Membre de l'Académie des Sciences, Pologne

Le vieux Cracovie est constitué de 111 ensembles de bâtiments à surface conjointe d'environ 254 hectares et se compose de trois unités: le quartier „Centre de la Ville“ avec les Promenades qui l'environnent et avec le „Wawel“ contenant 41 ensembles de bâtiments monumentaux dont la surface de 97 ha est classée dans le groupe urbaniste „O“ à l'échelle internationale; le quartier „Kazimierz“ (Casimir) contenant 36 ensembles de bâtiments monumentaux dont la surface de 51 ha est classée dans le groupe „I“; la partie restante dont la surface de 106 ha ne présente pas de valeur monumentale.

Après la dernière guerre mondiale on a commencé la restauration, la conservation et la modernisation des quartiers monumentaux de Cracovie. En connexion avec la réalisation de cette grande œuvre d'aménagement de nouveaux devoirs d'ordre géodésique sont apparus. Pour satisfaire aux besoins de l'aménagement, on établit les documents d'inventaire suivants:

- les plans des coupes et des projections horizontales du rez-de-chaussée et des caves avec le réseau des conduites et des installations souterraines — à l'échelle de $1/100$;
- les photo-esquisses de l'élévation complétées par les résultats de la mesure directe — à l'échelle approximative $1/100$;
- les photos choisies des fragments de l'intérieur.

On élabore les matériaux d'inventaire mentionnés ci-dessus, d'après la conception de l'auteur du rapport, en général dans les travaux diplômés à l'Académie des Mines et de la Métallurgie à Cracovie.

Indépendamment des plans à l'échelle $1/100$ (susdits) on confectionne: les plans d'inventaire de situation et de hauteur des ensembles de bâtiments avec le réseau des conduites et des installations souterraines — sans coupes horizontales — à l'échelle $1/250$, et les photoplans de l'élévation des bâtiments monumentaux aux échelles $1/100$ ou $1/50$. Les plans mentionnés en dernier sont effectués le plus souvent par les institutions géodésiques.

I. — Les plans des coupes et des projections horizontales des caves et du rez-de-chaussée.

Les maisons d'habitation monumentales du Vieux Cracovie ont un caractère spécifique. Avant tout, il

ya de grandes différences entre la situation des caves et du rez-de-chaussée et, connexion avec cela, de nombreuses anomalies constructives surgissent — ainsi par exemple: les murs pendants du rez-de-chaussée par rapport aux murs des caves, la situation des murs du rez-de-chaussée (et des étages supérieurs) sur des voûtes des caves en désaccord avec les principes de la construction. En outre, dans certains bâtiments, il y a des caves à deux niveaux. Pour ces raisons l'exécution des mesures précises demande beaucoup de travail. Les caves sont divisées en une quantité de petits locaux et contiennent beaucoup d'objets ménagers qui rendent l'accès difficile. La mesure des locaux au rez-de-chaussée présente aussi des difficultés sérieuses, surtout à cause du trafic intense dans les rues, les magasins et les institutions.

Les mesures des coupes concernent pas les étages supérieurs, ces étages ont des murs analogues à ceux du rez-de-chaussée.

On effectue les mesures des coupes des caves et du rez-de-chaussée des bâtiments monumentaux du Vieux Cracovie à l'aide des méthodes classiques, parce que les méthodes photogrammétriques n'ont pas donné jusqu'à maintenant des résultats positifs, mais on va continuer à faire des expériences dans ce domaine.

Les plans des coupes et des projections horizontales embrassent entre autres, les éléments suivants: les projections des voûtes, des arcs et des cages d'escalier; les projections des lignes de la section des murs des bâtiments avec la surface des trottoirs, des cours et des vestibules, les projections des fenêtres des caves et des seuils d'entrée dans les bâtiments, outre cela — les installations liées avec les conduites souterraines et tous les objets solides (en pierre, en béton) dans les rues et dans les cours.

Le canevas de base des mesures est formé par le cheminement polygonal le long des rues. Sur ce canevas, s'appuie le réseau des cheminements auxiliaires de situation, tracé au rez-de-chaussée et dans les caves. La liaison des cheminements auxiliaires des caves avec le canevas extérieur est exécutée par les fenêtres des caves ou par les cages d'escalier. La mesure de l'ensemble de bâtiments en surface (par exemple 0.7 ha) demande l'établis-

sement d'environ 300 points polygonaux. Les côtés polygonaux sont très courts, quelquefois même 2 mètres de longueur. L'erreur moyenne de la position de situation du point mesuré, avec les méthodes données, s'élève à environ ± 2 cm.

On écrit sur les plans les hauteurs des éléments suivants: du plafond dans les caves, au rez-de-chaussée et dans les vestibules, du plancher au rez-de-chaussée, des axes des voûtes et des arcs, du raccord des voûtes et des arcs, des fenêtres des caves, des seuils d'entrée dans les bâtiments, des points caractéristiques des cages d'escalier, des installations liées avec les conduites souterraines dans les rues adjacentes et les cours, des points du changement de pente des contours des bâtiments et des rues et du relief des formes du terrain.

Dans le domaine des mesures de situation et de hauteur des ensembles de bâtiments monumentaux entrent en même temps: les réseaux des conduites souterraines dans les rues avoisinantes, dans les cours et à l'intérieur des ensembles de bâtiments (canalisations, conduites, d'eau, conduites de gaz, câbles électriques et téléphoniques).

On trace la forme des voûtes et des arcs sur le plan à l'aide de la rotation du plan vertical d'un angle de 90° (projection du plan vertical sur le plan horizontal).

Grâce au fait que les résultats des mesures sont exprimés dans le même système de coordonnées (de situation et de hauteur) le plan permet d'obtenir l'image spatiale de la forme géométrique des locaux particuliers du bâtiment et du système réciproque de chacun de ses éléments fondamentaux dans les caves et au rez-de-chaussée.

II. — Les photo-esquisses améliorées.

On obtient des photo-esquisses en utilisant des photographies prises avec un appareil pourvu d'un objectif grand-angulaire et convenablement transformées dans le redresseur à l'échelle $1/100$. Elles sont moins précisées, que les photoplans, mais d'une exécution plus rapide et possèdent une grande valeur pour la restauration des monuments. Les photo-esquisses des bâtiments, mises les unes à côté des autres dans la forme des élévations développées, donnent l'image des parois frontales des bâtiments dans une rue et, servent de base à l'élaboration des projets d'urbanisme.

On écrit sur les photo-esquisses, entre autres, les niveaux du plafond et du plancher. On obtient les hauteurs de ces éléments par nivellement géométrique à travers les cages d'escalier, ce qui ne demande pas une grande perte de temps. De ces mesures on déduit l'épaisseur des plafonds entre deux étages, ce qui permet de découvrir les précieuses et monumentales œuvres d'art dans la forme des plafonds à caissons ou des solives monumentales sculptées, maintenant couvertes par l'enduit.

D'une façon analogue, on élabore les photo-esquisses des élévations monumentales à l'intérieur des ensembles de bâtiments, du côté de la cour.

Pour effectuer proprement la restauration des monuments, il est encore nécessaire d'établir la

limite entre les bâtiments. Différents cas se présentent dans le domaine des murs mitoyens. Dans ce but, on écrit sur les photo-esquisses les données de situation, se rapportant au mur pignon, qui montrent les positions réciproques du mur mitoyen dans les étages supérieurs par rapport aux murs des caves (éventuellement du rez-de-chaussée). On obtient les données de situation par des mesures directes effectuées à l'intérieur du bâtiment.

Les photo-esquisses servent de base pour l'établissement des coupes verticales du bâtiment dans le cas où une nécessité se présente.

III. — Plans d'inventaire de situation et de hauteur des ensembles des bâtiments avec les réseaux des conduites et des installations souterraines — sans coupes des caves et du rez-de-chaussée — à l'échelle $1/250$.

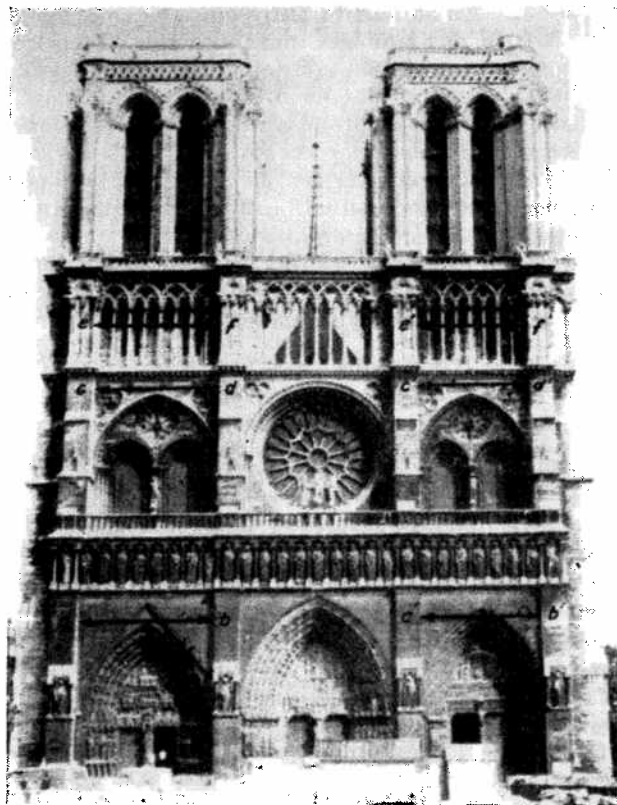
On effectue les mesures à l'aide des méthodes classiques. Les mesures de situation concernent les contours des bâtiments et tous les objets solides dans les rues adjacentes et dans les cours, comme dans le point I, mais sans coupe des caves et du rez-de-chaussée. Pour tous les éléments concernés par la mesure de situation, on détermine les hauteurs à l'aide du nivellement géométrique. Les plans forment une base d'étude des projets d'urbanisme.

IV. — Les photoplans.

Les travaux, liés avec l'élaboration des méthodes de mesures photogrammétriques des élévations et de l'intérieur de grands bâtiments monumentaux du Vieux Cracovie, sont effectués par l'Etablissement de Photogrammétrie de l'Institut de Géodésie à l'Académie des Mines et de la Métallurgie à Cracovie sous la direction du professeur agrégé Dr. Ing. Zbigniew Sitek. Les travaux expérimentaux sont effectués sur des bâtiments monumentaux de la classe „O“ (l'église de Notre-Dame et l'église des Saints Pierre et Paul à Cracovie) à l'ordre du Laboratoire de la Conservation des Monuments à Cracovie. Simultanément, en 1970, on a créé dans l'Entreprise Municipale de Géodésie à Cracovie un laboratoire photogrammétrique qui exécute, sous la direction scientifique du Dr. Ing. Józef Jachimski de l'Académie des Mines et de la Métallurgie, l'inventaire des élévations des bâtiments monumentaux du Vieux Cracovie, des palais et des châteaux hors de Cracovie (à l'échelle $1/50$) et aussi la documentation photogrammétrique des élévations, indispensable pour la formation des projets „des plombs“ des bâtiments.

V. — L'inventaire détaillé photogrammétrique des monuments d'architecture, comme base pour les études scientifiques dans le domaine des déformations intentionnelles des formes géométriques régulières.

A l'occasion de ce Symposium International, l'auteur trouve opportun de compléter les données qui ont été présentées dans son rapport pendant le Colloque Scientifique de l'ICOMOS à Saint-Mandé en 1968. En s'appuyant sur les travaux qui datent



de longues années, l'auteur a démontré dans le rapport mentionné ci-dessus, que dans tous les monuments d'architecture du Vieux Cracovie (XIV — XVIIe siècle) qu'il a étudiés, il y a des déformations intentionnelles des formes régulières.

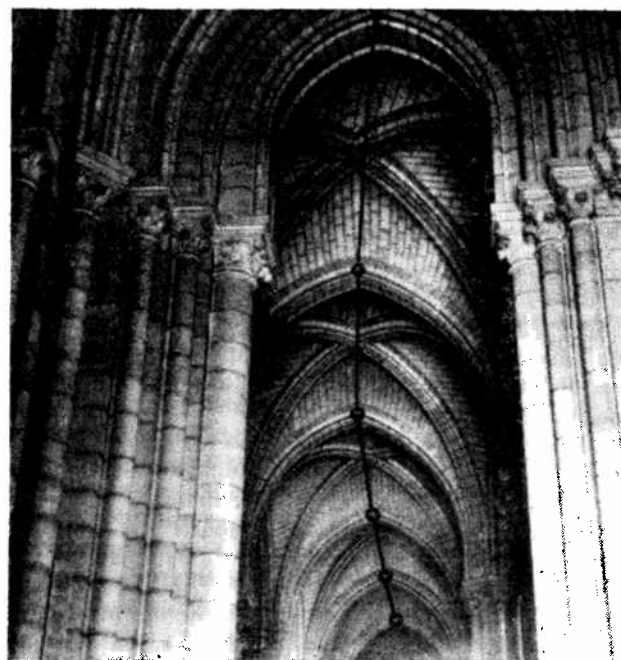
Après le Colloque de Saint-Mandé, l'auteur a repris des études préliminaires sur la Cathédrale de Notre-Dame à Paris et a constaté deux cas intéressants de déformations dans ce monument. Faute de possibilité d'un séjour plus long à Paris, pour effectuer des recherches dans une plus large étendue, l'auteur s'est borné à faire des prises de vues photographiques des déformations constatées.

Dans ce rapport l'auteur présente un essai de l'explication de ce fait. Ces déformations, d'après l'opinion de l'auteur, ont le caractère d'une correction intentionnelle de la forme géométrique. En s'appuyant sur sa propre classification, présenté à Saint-Mandé, l'auteur explique le but de cette correction de la façon suivante:

a) *Correction de la façade occidentale:* les largeurs des ouvertures de fenêtres de la tour, ainsi que les largeurs de murs entre les pilastres de tous les étages du côté gauche de l'église sont plus grandes que les largeurs du côté droit (Fig. 1, les intervalles a—b, c—d, e—f sont plus grands que a'—b', c'—d', e'—f'). Cette correction contre-perspective est adaptée à l'observation du monument du côté sud-ouest. Cela est expliqué sur la figure 2, sur laquelle on a représenté l'effet positif de cette correction, notamment la vue perspective du monument du côté sud-ouest.



b) *Correction à l'intérieur:* les axes des arcs (des voûtes) dans les nefs latérales ne sont pas des lignes droites, mais forment un arc ayant une petite courbure (Fig. 3). Le système des courbures dans les nefs latérales est symétrique par rapport à l'axe oblong du monument. Cette correction appartenant au groupe des corrections optiques a pour but d'atténuer la rigidité qu'imposerait une ligne droite.



Conclusions.

Des expériences entreprises jusqu'à ce jour, il résulte que l'architecture monumentale contient encore beaucoup d'énigmes intéressantes, propres à chaque architecte ancien et à ses œuvres. La connaissance plus approfondie du problème demande des mesures détaillées et exactes, qui créent

SUMMARY

Measuring Procedure and Method of Compiling Inventory Maps of Blocks of Historical Architectures as Applied in Underground Areas for Renovation of the Old Town in Cracow

The historical core of the City of Cracow was restored after World War II. In that time conservation and modernization activities were started. For these activities the following inventory basic materials were compiled:

1. ground plans of ground floors and cellars with engineering networks at the scale of 1:100 entered,
2. photographic drafts,
3. photographs of parts of the interiors,

and other plane and height drawings at the scales of 1:250 up to 1:50. The dispositions of the buildings are very complicated with as much as two-storeyed cellars, where numerous construction anomalies have been found. All the survey procedures come from the fundamental traverse network and methods of classical geodesy are mostly applied. In addition, even photographs taken by cameras with wideangle lens are used. These pictures are further plotted. In the conclusion the author deals with the presumable causes of a very interesting observing deformation of the front that dates back to the foundation of the Notre-Dame Cathedral.

РЕЗЮМЕ

Съемочный метод и способ составления инвентарных карт для блоков зданий памятников старины с учетом подземных пространств при обновлении Старого Города в Кракове

Реставрация исторического города Кракова была совершена после второй мировой войны, когда начались работы по сохранению и совершенствованию. Для этой цели были изготовлены эти инвентаризационные основы:

- 1) планы первых этажей и подвалов с зарисовкой инженерных сетей в масштабе 1:100
- 2) фотографические схемы
- 3) фотографии фрагментов интерьеров и другие плановые и высотные чертежи в масштабах

une base pour les études sur les secrets de la réalisation artistique de la construction. L'état présent de la technique des mesures permet d'intensifier les travaux avec une large application de la méthode photogrammétrique. Il faudrait étendre ces études dans tous les pays et obtenir une collaboration internationale coordonnée par l'ICOMOS.

1:250 по 1:50. Здания сложного распорядка даже и с трехэтажными подвалами, причем были определены многие anomalies конструкции. Все съемочные работы исходят из основной сети полигонов; применяются преимущественно методы классической геодезии. Применяются и фотографические кадры изготовленные фотоаппаратом с широкоугольным объективом, которые после того обрабатываются.

В заключение статьи дает автор информации об интересной деформации фасада собора Нотр-Дам при ее возникновении и приводит вероятные причины ее возникновения.

ZUSAMMENFASSUNG

Messmethode und Herstellungsart von Inventarkarten für Blöcke wertvoller Baudenkmäler mit Hinsicht auf unterirdische Räume bei der Erneuerung der Altstadt in Krakau

Die historische Stadt Krakau wurde nach dem zweiten Weltkriege restauriert und es wurde mit der Erhaltung und Modernisierung begonnen. Zu diesen Zweck wurden folgende Inventarisierungsunterlagen erarbeitet:

1. Grundrisse der Erdgeschosse und Kellerräume mit Einzeichnung der Ingenieurnetze im Masstab 1:100.
2. Photographische Aufnahmeskizzen.
3. Photoaufnahmen von Interieurfragmenten und weitere Grundriss- und Reliefpläne im Masstab 1:250 bis 1:50.

Die Gebäude haben eine komplizierte Disposition bis zu den Kellerräumen in zwei Stockwerken übereinander, wobei häufige Konstruktionsanomalien festgestellt werden. Sämtliche Vermessungsarbeiten sind an das Grundpolygonnetz angeschlossen und es werden überwiegend klassische geodätische Methoden angewendet. Ausserdem finden auch Anwendung photographische Aufnahmen, die mit Photokammern mit Weitwinkelobjektiv gemacht werden, die dann ausgewertet werden.

Im Abschluss seines Berichtes informiert der Autor über eine interessante absichtliche Deformation der Fassade der Kathedrale Notre-Dame bei ihrem Bau und führt dafür sprechende Gründe an.

Tábor - Ville classée

Relevé des ouvrages souterrains et de la planimétrie au jour

par HUGO TURZA, ingénieur et FRANTIŠEK DOBIÁŠ,
Konstruktiva, Entreprise nationale, Prague

Le bureau d'études Atelier A 1 de l'Entreprise nationale KONSTRUKTIVA a commencé, le 1er juin 1966, à la suite d'une commande de l'Institut d'Etat pour la reconstruction des villes et monuments historiques, les travaux géodésiques nécessaires au relevé des sous-sols de la partie historique de la ville de Tábor. Ces opérations avaient pour but l'établissement d'une documentation complète destinée à des projets de travaux d'assainissement.

L'ingénieur Slavík de l'Institut d'Etat pour la reconstruction des villes et monuments historiques a désigné les ouvrages dont on ferait le relevé. Comme il s'agissait des travaux de base dans ce genre dans la ville de Tábor, on a d'abord choisi dans diverses parties du quartier historiques des ouvrages dont le relevé devait servir de base à l'établissement de travaux d'études.

L'année suivante le contrat économique avec le maître de l'ouvrage du Comité national régional de la Bohême de sud, le Centre régional de la protection des monuments historiques et de la nature à České Budějovice fut élargi. En novembre 1968, il a fallu terminer rapidement le relevé d'autres ouvrages dans la partie historique de la ville de Tábor où avaient commencé les travaux d'assainissement, auxquels participaient les entreprises nationales GEOINDUSTRIA et INTERPROJEKT, de même que la nouvelle TÁBORPROJEKT, organisation d'études et de projets. Les deux premières organisations ont leurs propres départements géodésiques et c'est pourquoi, après une entente avec le maître de l'ouvrage, on a détaché de l'ensemble certains ouvrages dont le relevé, exécuté par les employés de l'atelier A 1, bureau d'études de l'Entreprise nationale KONSTRUKTIVA, devait être terminé le 15 mai 1970. Les levés d'ouvrages inondés ou couverts en partie d'éboulis ont été exécutés par les entreprises GEOINDUSTRIA ou INTERPROJEKT.

Avant de commencer les travaux, on a convenu avec l'ingénieur Slavík de la méthode de restitution, fixé l'échelle des levés ainsi que le lieu où la documentation élaborée serait remise. Etant donné que les moyens financiers étaient toujours alloués pour l'année suivante par les organismes supérieurs, on n'a pas été possible de se consacrer intégralement et systématiquement à la totalité du quartier historique de la ville, mais il a fallu étudier en priorité la partie qui réclamait d'urgence un

assainissement des ouvrages et des chaussées.

On a relevé au total, d'après les numéros de conscription, 263 ouvrages et le souterrain sous la place Jan Žižka z Trocnova. Les cheminements de la micropolygonation comprennent, d'après les calculs, 2.100 points repérés; pour le repérage on a employé 1.500 clous en acier spécialement adaptés et 1.100 rivets à crochet en acier spécial pour plomb de centrage, en plus on a employé 100 kg de ciment, 501 kg de Rexal et, pour l'éclairage, 200 kg de carbure.

La longueur totale des cheminements de la micropolygonation est de 2.070,52 mètres, le côté polygonal le plus court a 1,40 m, le côté le plus long 26,05 m et la longueur moyenne d'un côté est de 5,56 m. Nombre moyen de points polygonaux par cave: 6,08. Sur le nombre total de 372 côtés micropolygonaux, 11 côtés ont 2 m au maximum

64 côtés ont 3 m au maximum
2 côtés ont plus de 20 mètres.

Certains espaces relevés, environ 50 pour cent du nombre total, ne permettaient qu'un passage limité et étaient très encrassés (dépôts de boue, eau d'égout, épaisses couches de moisissure, surmulots et dans certains cas, couvert fortement altéré).

Pour rendre les levés synoptiques, on a numéroté les points de manière à ce que l'on voit au premier coup d'œil à quel ouvrage ils se rattachent. Le point de départ devant la maison a un numéro identique au numéro de conscription de la maison, les autres étant formés en ajoutant les chiffres suivants. Par exemple: maison N° 105: 105, 1051, 1052 etc.

TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

I — Situation sur le terrain

a) Réseau de points fixes (canevas de détail des points): comme nous avons traité la situation sur le terrain d'après la première mensuration modèle de 1924 pour le nouveau relevé, en appliquant de système Gusterberg, nous étions obligés d'utiliser aussi le réseau polygonal original créé au cours de cette mensuration. Les travaux de reconnaissance n'ont permis de retrouver que quelques uns des

points de cette polygonation: sur la place Jan Žižka z Trocnova, les N° 359, 382, 61 et, dans la rue Na Parkánech, les N° 84, 103 et 104. Ces points ont été joints par de nouveaux cheminements. En comparant les coordonnées des nouveaux points de cheminement avec les coordonnées de 1924, on a constaté des écarts considérables. Les différences augmentaient en partant de la place Jan Žižka z Trocnova dans la direction sud et particulièrement aussi dans la direction est, et se manifestaient surtout dans la rue Na Parkánech, atteignant même la valeur de 50 cm environ. Il a été possible de les attribuer à de petits mouvements des couches superficielles du sol observés et mesurés à cette époque. Il a donc été nécessaire de procéder seulement à partir des coordonnées des points N° 82, 359 et 61, dont les coordonnées dans ces deux mensurations étaient identiques. Les autres points de l'ancienne polygonation ont dû être considérés comme

non utilisables et ont été remplacés par des points repérés, mesurés et calculés par nous. Ce nouveau relevé et le complètement du réseau polygonal ont été vérifiés par un double mesurage et, après une comparaison des résultats avec les travaux originaux de 1924, nous avons abouti à la conclusion que la précision des opérations lors de la mensuration modèle en 1924 a dû être inférieure à celle qui est stipulée par l'Instruction A qui est ultérieure.

Dans les cheminements polygonaux, qui ont servi à déduire le réseau micropolygonal, les valeurs des écarts n'ont pas dépassé les deux tiers des écarts limites d'après les formules

$$\Delta \omega = 120'' \cdot \sqrt{n}$$

$$\Delta s = 0,012 \cdot \sqrt{s} + 0,06 \text{ m}$$

Ecarts obtenus:

063 - 015	$O_s = 0,18 \text{ m}$ $\Delta_s = 0,37 \text{ m}$	$s = 667,66 \text{ m}$ $n = 14$	$O = 3,7^\circ$ $\Delta \omega = 4,4^\circ$
014 - 080	$O_s = 0,04 \text{ m}$ $\Delta_s = 0,24 \text{ m}$	$s = 236,89 \text{ m}$ $n = 8$	$O = 3,0^\circ$ $\Delta \omega = 3,9^\circ$
382 - 382	$O_s = 0,13 \text{ m}$ $\Delta_s = 0,42 \text{ m}$	$s = 907,46 \text{ m}$ $n = 15$	$O = 1,8^\circ$ $\Delta \omega = 4,6^\circ$
016 - 022	$O_s = 0,04 \text{ m}$ $\Delta_s = 0,28 \text{ m}$	$s = 323,14 \text{ m}$ $n = 9$	$O = 2,9^\circ$ $\Delta \omega = 3,6^\circ$
382 -	$O_s = 0,07 \text{ m}$ $\Delta_s = 0,28 \text{ m}$	$s = 326,05 \text{ m}$ $n = 5$	$O = 1,4^\circ$ $\Delta \omega = 2,7^\circ$

Tous les calculs de coordonnées ont été effectués dans le système Gusterberg.

b) Réseau des points fixes altimétriques. Aux différents endroits du quartier historique de la ville de Tábor sont disposés des repères de nivellement d'Etat. Leurs altitudes ont été fournies en partie par l'Institut régional de géodésie de České Budějovice, en partie par le Département d'édification du Comité national municipal de Tábor. Entre les différents repères on a effectué des observations de contrôle en appliquant un nivellement de précision (à l'aide de l'appareil de nivellement Ni 030 ZEISS-IENA à lame à faces parallèles et mires invar). Les écarts constatés ne dépassaient pas les limites admises. Tous les points du canevas altimétrique de détail ont été déterminés par nivellement et ont été rattachés au nivellement d'Etat dans le système d'altitudes Jadran (ČSJSN).

La comparaison a été effectuée d'après l'écart limite de l'observation d'une section R dans les deux sens aller et retour: $\Delta n = 10 \sqrt{R} \text{ mm}$.

II. Situation dans le sous-sol

a) Réseau micropolygonal. Pour pouvoir effectuer le levé de détail des différents ouvrages il a fallu répartir le réseau des points fixes du réseau micropolygonal. Dans ce réseau, qui contenait en moyenne 6 points par ouvrage, il n'a pas été possible d'assurer l'égalité des portées du cheminement, ni la condition géodésique concernant les angles horizontaux. Souvent, c'est le contraire qui se passait: dans le cheminement polygonal, des côtés de longueurs très inégales enchaînent l'un avec l'autre. De manière analogue, il n'est point exceptionnel que, dans les cheminements micropolygonaux souterrains, les angles horizontaux aigus alternent

Ecartis obtenus:

Ni 67 — 94 — 95 — 65	$O_n = 5,0 \text{ mm}$ $\Delta_n = 6,7 \text{ mm}$
Ni 115 — 116 — 117 — 68	$O_n = 0,0 \text{ mm}$ $\Delta_n = 5,9 \text{ mm}$
Ni 113 — 128 — 139 — 134 — 133 — 115	$O_n = 2,9 \text{ mm}$ $\Delta_n = 6,7 \text{ mm}$

avec des angles horizontaux obtus ou plats. Très souvent il a été impossible de fermer les cheminements polygonaux et c'est pourquoi, dans la plupart des cas, il s'agit d'antennes. En tenant compte de ces faits, il a fallu choisir des méthodes de travail appropriées. Pour l'observation proprement dite on a choisi la méthode des trépieds (équipement ZEISS-IENA, Dahlta 020, voyants à éclairage), pour le repérage, on a choisi des rivets à crochets spéciaux qui réduisent au minimum l'erreur de centrage. Le levé de détail, appuyé sur cette micropolygonation, a été effectué par la méthode polaire et les déterminations altimétriques par nivellement trigonométrique. Les longueurs des côtés du cheminement ont été mesurées deux fois, selon la pente, toujours dans le même sens (de l'axe de l'appareil vers les axes des voyants de signalisation).

b) *Repérage des points fixes.* Après une consultation de l'Institut de recherche des minerais de Prague-Modřany, nous avons repéré les points de polygonation à l'aide de rivets spéciaux qui, avec leur crochet spécial, garantissent un centrage précis.

$$m_e = \rho^{cc} \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{e_A^2}{a^2} + \frac{e_B^2}{b^2} + \frac{e_t^2}{a^2 b^2} \right) (a^2 + b^2 - 2ab \cos \omega)}$$

dans laquelle:

- e_A = excentrement au point A,
- e_B = excentrement au point B,
- a, b = côtés de l'angle mesuré,
- e_t = excentrement de l'instrument de mesure.

$$|e_A| = |e_B| = |e_t|$$

$$a = b = s$$

$$\omega = 2R$$

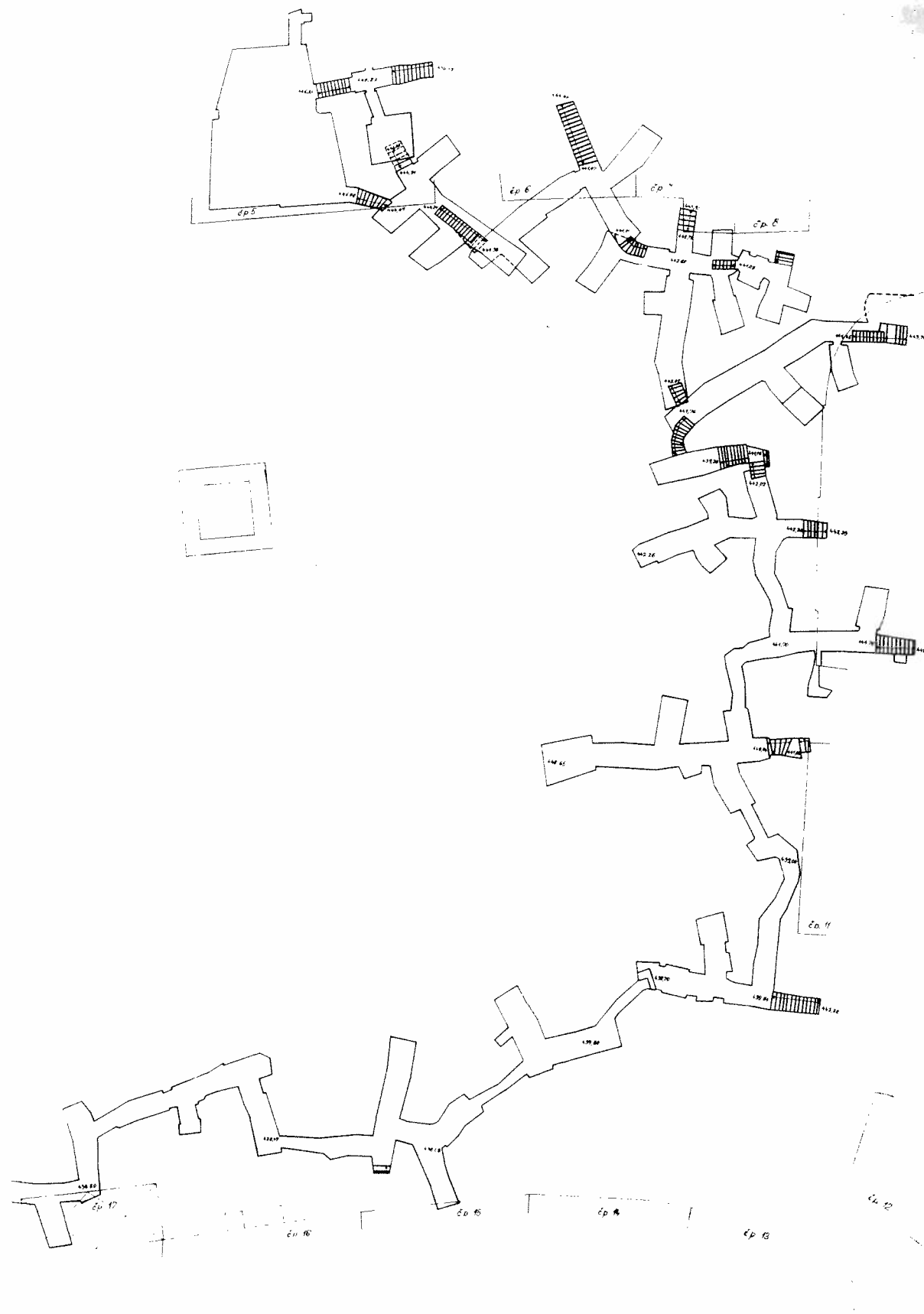
$$|e_t| = |e_t| = |e|$$

On aura alors:

$$m_{2R} = \pm e \frac{\rho^{cc}}{s} \sqrt{3} = \frac{1}{s} \cdot 1,1 \cdot 10^6$$

Ce n'est que dans le cas de hauteur importante des locaux ou d'autres obstacles, que nous avons eu recours à des clous d'acier. Les rivets à crochet ont été fixés au plafond au moyen d'un mélange de ciment et de rexal à prise rapide. La prise du ciment, qui normalement dure 72 heures, s'effectue en 10 à 15 minutes si l'eau est remplacée par le rexal. On ne peut pas garantir cette durée dans tous les cas parce qu'elle dépend surtout de la qualité du ciment, mais au bout de 24 heures il a été possible de suspendre les fils à plomb aux crochets, sans aucun risque. Les mesures effectuées dans les caves et corridors souterrains peuvent être comparées, quant à la précision et à la difficulté, aux travaux de relevé dans les mines. C'est dans cette optique qu'il faut considérer les imprécisions dues au milieu spécifique (côtés courts, angles aigus). Si les côtés sont courts, des excentrements même petits entraînent des erreurs considérables dans les angles au sommet. Cette erreur atteint des valeurs importantes si la direction change brusquement aux sommets. L'erreur moyenne quadratique m_e de l'angle au sommet ω causée par l'excentrement e peut être exprimée d'après Helmert par la relation:

Il ressort de cette relation que pour $e = 1 \text{ mm}$ attendu (l'académicien Čechura mentionne 1,2 mm) les erreurs m_{2R} sont très désavantageuses même dans ce cas optimal. C'est pourquoi nous avons utilisé pour le centrage des signaux, un crochet de suspension utilisé dans les relevés de mines, selon le brevet tchécoslovaque n° 101 005, avec un plomb selon le brevet tchécoslovaque n° 109 753 avec longueur de fil au choix. Au cours des essais de vérification on a déduit l'excentrement linéaire moyen $e_s = 0,125 \text{ mm}$ et, lors du centrage de l'instrument sous ce crochet de suspension spécial, $e = 0,45 \text{ mm}$. D'après les excentrements constatés e_s, e_h, e_t on peut, selon le principe de la composition des erreurs, déduire le centrage du théodolite sur la station avec une erreur moyenne quadratique proche de la valeur 0,4 mm.



La situation du sous-sol (une partie) sous la place de Jan Žižka z Trocnova (orig. 1/500).

c) *Levé de détail.* Pour le levé de détail de la planimétrie on a choisi la méthode polaire à mesure directe des distances qui s'est avérée la plus avantageuse. En même temps que les mesures on a dessiné la minute originale du levé au crayon, à l'échelle de $1/100$, directement sur place au sous-sol, afin de pouvoir juger si la forme de l'ouvrage mesuré est correcte. Chaque point de détail a été signalé par un point lumineux et c'est sur lui qu'on faisait la lecture de l'angle horizontal et de la longueur. Entre les différents points de détail déterminés par la méthode polaire on a mesuré les distances (distances périmétrales). En vue d'une meilleure synopticité, on a repéré dans chaque ouvrage souterrain les profils transversaux et longitudinaux, et cela aux endroits où la forme des espaces souterrains s'accusait de manière importante. Le levé altimétrique s'effectuait parallèlement au levé planimétrique, on a déterminé les altitudes de tous les points de polygonation et également l'altitude du fond, là où son inclinaison avait subi un changement. Toutes les mesures, à l'exception des angles et des altitudes, sont contenues dans le croquis qui fait partie intégrante des documents du levé.

d) *Représentation graphique*

d) 1 — *Situation sur le terrain.* Sur un papier à dessiner de la marque Schoellers Parole, dimensions de la feuille 950 X 675 mm, avec réseau hectométrique reporté à l'aide de la plaque quadriller HAAG-STREIT, on a reporté le réseau polygonal original de 1924. Ce réseau a servi de réseau d'appui pour la représentation de la planimétrie à l'échelle $1/100$. Les croquis de la mensuration de la ville de Tábor de 1924 ont servi de base. Les contours des maisons ont été dessinés en trait fin en tirets (épaisseur du trait 0,1 mm). Les différents ouvrages ont été classés et combinés en blocs selon les exigences des ingénieurs chargés de ce travail.

d) 2 — *Planimétrie du sous-sol au $1/100$.* Les points planimétriques de détail ont été piqués au rapporteur circulaire traceur VEB Freiberg. La planimétrie a été dessinée au moyen d'équerres à reporter métalliques. Le contour du sous-sol a été dessiné en trait fort d'une épaisseur d'environ 0,3 mm. Aux endroits de recouvrement des étages, l'étage inférieur a été représenté en tirets de même épaisseur. Pour améliorer la clarté, en cas de recouvrement total de deux étages, l'étage inférieur est dessiné en trait fin (environ 0,15 mm) et redessiné en dehors de l'ouvrage sur la même feuille, avec toutes ses caractéristiques. Les vues en plan des lunettes, des bandes de voûtes et des lignes de la planimétrie au-dessus du plan de la coupe sont tracées en pointillé. Les profils rabattus ont été tracés en tirets et

si seuls les arcs (les voûtes) ont été rabattus, ils sont tracés en trait mixte.

d) 3 — *Planimétrie du sous-sol au $1/200$.* Pour une partie des espaces souterrains qui se trouvent au-dessous de la place Jan Žižka z Trocnova on a élaboré un dessin à l'échelle $1/200$. Le choix de cette échelle a été influencé par le fait que les documents doivent pouvoir servir à la réparation générale planifiée et au repavage de toute la place ainsi qu'à l'élaboration du projet et à la mise en œuvre de la reconstruction et construction des équipements techniques d'infrastructure.

d) 4 — *Planimétrie du sous-sol au $1/500$.* En vue de donner un aperçu de l'allure des travaux et de l'interconnexion des galeries souterraines, on a commencé, comme l'a commandé le maître de l'ouvrage, à dresser les dessins à l'échelle $1/500$. Quatre feuilles (papier à épures collé sur une plaque d'aluminium) contiennent tout le sous-sol du quartier historique de Tábor. Sur la base du relevé de 1924 on a représenté la partie au jour des ouvrages et, à l'aide du pantographe de précision à suspension du type REISS, on a reporté les contours des caves figurant sur les feuilles à l'échelle $1/100$. La situation planimétrique sur le terrain a été tracée en gros trait ininterrompu d'environ 0,15 mm d'épaisseur, la situation au sous-sol (les caves) en trait fin (environ 0,08 mm), en cas de recouvrement de deux étages souterrains, l'étage inférieur a été tracé en tirets. Le dessin à $1/500$ doit être complété au fur et à mesure par les départements, déjà mentionnés, des entreprises GEOINDUSTRIA et INTERPROJEKT qui continuent à dresser le levé des espaces souterrains inondés et couverts d'éboulis restants.

Ce dessin synoptique à l'échelle $1/500$ et aussi le reste de la documentation concernant le sous-sol de la ville classée de Tábor constituent pour l'avenir un important document d'archives, pour la protection et l'assainissement de la ville et également comme base d'étude du développement architectural et de l'histoire d'une ville, qui est si étroitement liée au glorieux passé hussite de notre pays.

Les travaux géodésiques ont été effectués par František Dobiáš, ancien élève de l'École technique des Mines, et par son équipe.

Documentation utilisée: Rapports techniques des années 1968 — 1970,

Instructions pour la géodésie et les mines.

Compte rendu: Ing. Miloslav Jiřinec de l'Institut d'Etat de la protection des monuments historiques de la nature de Prague.

SUMMARY

Tábor: Urban Reserve, Surveying of Cellars, and Surface Situation

Since 1966, Konstruktiva, the national corporation, has been carrying out surveys of the underground areas of the historical core of Tábor as a basis for conservation work. Later on, the corporations of Geoindustria and Interprojekt have joined the work. The work can be classified into two parts: surface work for connecting the underground survey networks, and underground activities. The graphic representation consists of 1:100 surface and underground situations. The part of the underground areas under the Square of Jan Žižka of Trocnov was compiled at the scale of 1:200. The underground situation of the city's historical core was shown at the scale of 1:500, in order that the legibility of the plan might have been preserved.

РЕЗЮМЕ

Тáбор — городской заповедник памятников, измерение подвальных объектов и поверхностной ситуации

Национальное предприятие Конструктива производило с 1966 г. измерение подземной исторической части Тábора в качестве основы для работ по ассанации. Позже в работе приняли участие и предприятия Геоиндустрия и Интер-

проект. Работы можно распределить на поверхностные для привязки подземных съемочных сетей и подземные съемочные работы. Графическая обработка содержит поверхностную ситуацию в масштабе 1:100 и подземную ситуацию в том же масштабе. Часть подземных пространств ниже площади Яна Жижки из Троцнова была обработана в масштабе 1:200. Для наглядности была вычерчена подземная ситуация исторического центра города в масштабе 1:500.

ZUSAMMENFASSUNG

Tábor — Státdenkmálereservation, Vermessung der Keller objekte und des Grundrisses auf der Erdoberfláche

Vom VEB Konstruktiva wurden seit dem Jahre 1966 historische unterirdische Teile der Stadt Tábor, als Unterlage für Assanationsarbeiten, vermessen. An diesen Arbeiten haben sich auch später die Betriebe Geoindustria und Interprojekt beteiligt. Die Gesamtarbeiten bestehen aus Arbeiten auf der Erdoberfläche für den Anschluss der Vermessungsnetze unter der Erde und aus Vermessungsarbeiten unter Tage. Die graphische Darstellung enthält die Lage auf der Oberfläche im Masstab 1:100 und die Situation unter Tage in demselben Masstab. Ein Teil der unterirdischen Räume dem Žižka von Trocnov-Platz wurde im Masstab 1:200 hergestellt. Zwecks Übersichtlichkeit wurde die Situation unter Tage des historischen Stadtkerns im Masstab 1:500 erarbeitet.

Technique du levé des cartes speleologiques

par JAROSLAV HROMAS et FRANTIŠEK SKŘIVÁNEK
Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques
et de la Nature à Prague

Les grottes et les cavernes, ces effets typiques du processus de dénudation des parties de l'écorce terrestre liées aux roches solubles appelées calcaires, comptent parmi les particularités les plus remarquables de la nature. En tant que voies de communication souterraine des eaux de surface, ces cavités naturelles influent d'une façon notable sur l'utilisation des sources d'eau. Le sous-sol de la Terre contient de nombreux restes et vestiges de divers processus qui s'étaient déroulés dans la nature au cours des périodes géologiques passées; c'est là que se trouve concentrée une association paragenétique minérale spécifique, caractérisée par la présence de concrétions calcaires variées et d'autres formes de minéralisation secondaire. Depuis les temps les plus reculés jusqu'à une époque assez récente, les cavernes servaient, en outre, d'abri aux hominiens et contiennent, par conséquent, de nombreux trésors archéologiques parfaitement conservés, remontant pour la plupart à la préhistoire et au début des temps historiques. Pour toutes ces raisons, les organismes nationaux chargés de la protection de la nature et, dans certains cas, l'Inspection nationale des monuments historiques consacrent aux cavernes une attention particulière. Toutes les cavernes, présentant un certain intérêt scientifique, sont placées sous le régime de la protection des sites, soit en tant que parties composantes de réserves naturelles, soit en tant que formations naturelles indépendantes ou, enfin, comme réserves archéologiques.

Le grand nombre de grottes et de cavernes qui existent dans notre pays, ainsi que le rôle important des roches-mères qui sont à l'origine de la formation de ces cavités et qui trouvent une application sans cesse plus large dans l'économie nationale tchécoslovaque, ont donné naissance à une nouvelle discipline scientifique: la spéléologie. Cette science s'occupe d'une part, de l'étude des processus naturels se déroulant dans les zones karstiques et donnant lieu à la formation de cavernes et d'autre part, de l'étude des lois régissant l'évolution de ces cavités. En outre, la spéléologie s'occupe de l'examen de divers objets découverts dans les cavernes, qui réunissent les conditions optimales de leur conservation.

Comme il découle de tout ce qui vient d'être exposé ci-dessus, une parfaite connaissance de la structure et de la configuration des cavités souterraines, telles qu'elles s'étaient formées dans le sous-sol sous l'action des processus naturels, est de la plus haute utilité. L'une des plus importantes

méthodes d'exploration et de prospection spéléologiques est le levé des cartes de cavités souterraines.

L'exploration des espaces souterrains se pratiquait déjà aux temps les plus reculés. Les premiers essais dans ce sens ont été faits par les peuples civilisés du Moeyn-Orient. Le contenu de ces premiers travaux cartographiques répondait pleinement à l'usage auquel on s'en servait alors, et qui était presque exclusivement culturel. Les cartes de cette époque ne contiennent, par conséquent, aucune indication qui nous permettrait de nous faire une idée de la nature locale. Les premiers indices d'observations naturalistes dans les représentations des cavernes apparaissent seulement au Moyen Age ou, plus exactement, dans la première période de l'ère moderne: cela tenait étroitement à l'essor de l'industrie minière en tant que discipline scientifique. Parmi les premières cartes, possédant une valeur indiscutable au point de vue des sciences naturelles, il convient de nommer la carte de J. Buchholz de 1719 (carte de la „Caverne des dragons“ à Demánová, reproduite dans le livre de Matej Bel „Hungarie antiquae et novae Prodromus“) et celle dressée en 1800 par V. Süzs pour le compte Salm, qui reproduit les grottes de Sloup.

Les explorations systématiques des grottes et cavernes, qu'elles fussent entreprises pour des raisons d'histoire nationale ou scientifiques, donnèrent naissance à la spéléocartographie, la base moderne de cette science fut jetée à la fin du XIXe et au début du XXe siècle par Karel Absolon, dont les activités furent ensuite poursuivies par ses successeurs contemporains: R. Burkhardt, P. Ryšavý, J. Vodička et autres. Les aspects géologiques et surtout géomorphologiques furent introduits dans la spéléocartographie par l'académicien R. Kettner „levés de la grotte Domica“, dont les méthodes furent développées plus tard par F. Skřivánek, V. Král, J. Sekyra, A. Droppa, J. Michovská et beaucoup d'autres.

Du point de vue des besoins et des objectifs actuels de la spéléocartographie, nous pouvons définir la carte spéléologique comme une représentation topographique d'espaces souterrains (cavernes et gouffres) à une certaine échelle. La carte contient la projection horizontale (plan) ainsi que des profils longitudinaux et transversaux, menés à travers les cavités souterraines suivant certaines règles bien déterminées. Elle est complétée, en outre, d'indications topographiques et d'autres données intéressant la spéléologie et d'autres branches des

sciences naturelles. Selon l'usage auquel elles sont destinées, nous répartissons les cartes spéléologiques en: 1. cartes fondamentales, 2. cartes complexes et 3. cartes spéciales. D'après les échelles, les cartes spéléologiques se divisent, comme d'ailleurs tous les autres ouvrages de cartographie, en cartes synoptiques et cartes détaillées. Sous ce rapport toutefois, les relations entre les deux groupes d'échelles sont différentes, eu égard au caractère spécifique de chacun des types de ces cartes: les cartes à l'échelle de 1/100 au maximum font partie du groupe des cartes dites détaillées, les autres appartiennent au groupe des cartes synoptiques.

Cartes spéléologiques fondamentales

Les cartes spéléologiques dites fondamentales reproduisent l'étendue et la configuration des cavités souterraines en projection horizontale (plan). En dehors de la délimitation spatiale de la caverne ou de la grotte par rapport aux masses rocheuses voisines, ce genre de carte contient des indications relatives au canevas du levé, des indications altimétriques (de profondeur), des indications essentielles relatives au sens d'écoulement des eaux souterraines, et d'autres caractéristiques typiques de telle ou telle caverne. Pour qu'on puisse se faire une idée plus exacte de la configuration spatiale de la caverne, les cartes fondamentales sont complétées de profils longitudinaux et transversaux, qui sont des projections ni verticales, ni horizontales, mais des coupes idéales où les plans sont menés par les endroits présentant un aspect morphologiques caractéristique. Les cartes spéléologiques fondamentales servent, avant tout, à faciliter l'orientation des spéléologues ainsi qu'aux fins de planification des travaux d'exploration et d'établissement de cartes complexes et spéciales. Elles répondent à leur usage même lorsqu'elles sont dressées aux échelles synoptiques. Elles reproduisent donc, d'une façon générale, la forme et la configuration de la caverne, éventuellement de plusieurs cavernes disposées par étages. Les cartes spéléologiques fondamentales contiennent, en outre, des indications essentielles au sujet du terrain s'étendant à la surface, au-dessus de la caverne.

Cartes spéléologiques complexes

Les cartes spéléologiques complexes reproduisent en projection horizontale la configuration exacte du terrain dans le sous-sol, notamment le fond de caverne formé de remblais; elles indiquent si le fond est constitué par des roches primaires ou des remblais (par exemple par des blocs de pierre, des dépôts de caverne, etc.), en faisant simultanément une nette distinction entre les différents éléments. Selon certaines règles fixes, elles reproduisent à l'échelle détaillée toutes les sortes de dépôts formant le remblai, telles qu'elles s'étaient accumulées dans la cavité au cours du processus de son évolution naturelle. En dehors des formations men-

tionnées, la carte spéléologique complexe reproduit les concrétions calcaires (stalagmites, stalactites, etc.), les lacs et les cours d'eau souterrains, etc. Elle contient, dans la mesure du possible, même d'autres indications morphologiques, par exemple les courbes de niveau du fond de la caverne. Les formes reproduites du terrain du sous-sol et les différents genres de fonds et de remblais sont exprimés par des signes cartographiques analogues à ceux dont on se sert pour les cartes géologiques et géomorphologiques de la surface terrestre. Un élément important de la carte spéléologique complexe est constitué par la reproduction détaillée des formes des parois, des cotes altimétriques et d'autres données et indications géodésiques. Eu égard à leur contenu, les cartes de ce type sont dénommées topographico-géomorphologiques. Les profils sont eux aussi, un complément indispensables des cartes complexes: selon la position du plan de coupe par rapport au prolongement ou à la direction prédominante, on distingue les profils transversaux et longitudinaux. Les plans des profils se rangent l'un après l'autre et se développent. Lors du choix de la coupe, on donne la préférence aux endroits présentant un aspect morphologique caractéristique de la caverne en question ou de sa configuration. En projection horizontale, les lignes des plans de profil sont dûment marquées, et ce, tant au commencement et à la fin qu'aux endroits des coudes partiels.

Les cartes complexes des gouffres présentent un aspect différent. Par „gouffres“ nous entendons, à la différence de la caverne, des cavités souterraines d'une allure plutôt verticale, dont la profondeur est supérieure à la largeur. Dans ce cas, on met l'accent non pas sur le plan, mais sur les profils. Les gouffres avec prédominance de cavités verticales, ou en déclivité, de section irrégulière offrent des possibilités idéales de reproduction par voie de projections verticales ou de profils. En cas de relèvement de profils, il faut adopter le système à deux plans, dont le premier doit être mené toujours parallèlement à la faille tectonique principale dans laquelle le gouffre s'est formé. Toutes les cavités orientées dans cette direction présentent une forme allongée caractéristique; elles descendent en gradins ou à certains intervalles, ou bien leur orientation générale correspond à cette direction. Le second plan doit être mené soit perpendiculairement, soit de manière à former avec le plan précédent un angle voisin de 90 degrés, afin que la coupe soit de nouveau caractéristique et qu'elle reproduise fidèlement la forme du gouffre (la spéléomorphologie). Dans les gouffres déclives, l'emploi de profils seuls s'avère insuffisant: c'est pourquoi nous les complétons encore de projections verticales ou de projections axonométriques projetées sur le plan vertical choisi. Au lieu de la projection verticale, on utilise, pour l'établissement des cartes des gouffres, des coupes verticales qui en reproduisent convenablement la configuration.

Cartes spéléologiques spéciales

Les cartes spéléologiques spéciales possèdent, avec ces deux types de cartes décrits ci-dessus, deux traits communs: 1. le contour (la délimitation) des parois de la caverne et 2. les points fondamentaux du canevas du levé. Par ailleurs, leur contenu est différent.

Les cartes géologiques reproduisent les formations calcaires traversés par les cavernes, leurs stratigraphie et lithographie, leurs changements faciaux et leur structure tectonique. Sur les cartes techniques on reproduit les ouvrages techniques envisagés ou déjà existants, tels que trottoirs en béton, escaliers, ponts, piliers d'appui, câbles de distribution de l'électricité, appareils d'éclairage, distributeurs, etc. Les cartes de situation reproduisent, en dehors des espaces souterrains, les diverses formations karstiques de la surface relevées par voie planimétrique telles que dolines, entonnoirs, gouffres béants etc., et en expriment simultanément les relations hydrographiques et génétiques. Non moins importantes sont les cartes spéciales reproduisant les lieux de découvertes et les sondes archéologiques relevées, ainsi que les cartes spéciales biospéléologiques indiquant les zones à faune caractéristique, les endroits d'hibernation des chauves-souris, etc. Là où projection horizontale s'avère insuffisante, les cartes spéléologiques spéciales sont habituellement complétées de profils: c'est le cas, notamment, des cartes géologiques sur lesquelles il est indispensable de reproduire les différentes formations traversées par les cavernes et la tectonique caractérisant le modelé des espaces souterrains. Il en est de même des cartes tectoniques, où il faut reproduire, dans la coupe ou en projection verticale, les murs de soutènement, barrages et autres constructions similaires.

Cette riche gamme de cartes spéléologiques spéciales en détermine l'échelle: pour chaque carte concrète, on adopte l'échelle qui répond le mieux à l'usage auquel la carte en question est destinée; ainsi, par exemple, pour les cartes techniques, nous adoptons des échelles détaillées, par contre pour les cartes géologiques et de situation, il est préférable d'utiliser les échelles synoptiques.

Travaux géodésiques en spéléologie

La précision des cartes spéléologiques dépend, non pas tant de l'échelle adoptée, mais avant tout de la méthode utilisée en vue du relèvement de la caverne et de l'établissement de la carte. Vu le caractère extrêmement compliqué des travaux géologiques dans les espaces souterrains d'un riche relief et d'un accès très difficile on utilise, en vue du relèvement des canevas polygonaux des cavernes et des gouffres, plusieurs méthodes dont la précision est, en règle générale, directement proportionnelle aux conditions et possibilités de déplacement dans les cavités souterraines. Pour le relèvement de cavernes touristiques, de grands espaces souterrains aisément accessibles et pour l'établis-

sement des projets de travaux de percement souterrains de grande étendue, tels que tunnels, puits et autres, on a recours aux méthodes classiques prescrites pour les travaux d'arpentage courants de surface ou souterrains. Les cheminements polygonaux sont relevés soit directement, soit par voie tachéométrique: pour les mesures altimétriques on utilise le procédé de nivellement. Dans les cavernes, d'un accès ou d'un passage difficile, on emploie pour le relèvement du canevas polygonal les méthodes trigonométriques. Là où les espaces sont suffisamment hauts, on peut se servir de théodolites universels ou de théodolites de mine avec éventuellement détermination magnétique de l'azimut. Dans les espaces bas de plafond, dans les gouffres et dans les cavernes étroites, difficiles à traverser, on utilise presque exclusivement des garnitures de boussoles de mine suspendues (boussole de mine suspendue, clinomètre suspendu, clinomètre optique, etc.). Les cheminements polygonaux ne sont souvent pas fermés, car les cavernes se terminent, en règle générale, par un cul-de-sac. Dans maints cas, les cavernes sont tellement étroites qu'il est impossible d'effectuer les visées même en se servant d'une corde pour la suspension des appareils mentionnés. Dans ce cas, il faut utiliser une boussole libre, éventuellement une mire de petite longueur et un clinomètre optique.

Pour les mesures de longueurs il vaut mieux se servir d'un ruban. Les conditions d'emploi de la stadia sont particulièrement plus avantageuses, mais son emploi est fort limité en raison de pentes abruptes des espaces souterrains, de plafond bas ou de l'altération de la vue causée par la coulisse rocheuse. Lors du relèvement des systèmes de cavernes, où l'on rencontre forcément tous les types d'espaces souterrains, il est généralement indispensable de combiner les méthodes mentionnées. Les cheminements polygonaux des grandes cavernes principales sont relevés directement au moyen d'un théodolite et d'un ruban ou par voie tachéométrique, les couloirs de communication et les cavités latérales à l'aide d'appareils suspendus, les creux étroits (tels que cheminées etc.) au moyen d'une boussole libre, d'une mire et d'un clinomètre optique.

Selon la méthode utilisée, on distingue, dans les cavernes, plusieurs ordres de points du canevas polygonal, comme dans la géodésie de mine.

Les points relevés au moyen d'un théodolite, d'un théodolite universel de mine ou par voie tachéométrique, constituent le canevas polygonal fondamental de premier ordre, les points relevés à l'aide de garnitures suspendues le canevas auxiliaires (ou subordonné) de deuxième ordre. Les points relevés par la boussole libre sont dénommés points auxiliaires de travail, et ne sont généralement pas repérés. L'importance et la précision de ces points s'expriment, tant sur la carte que dans la caverne, par une désignation, un repérage et un numérotage distincts. Pour cette raison, les protocoles de mesure donnant la description de la technique du levé, des appareils et du mode de calcul utilisés, des combi-

naisons réciproques et du mode d'établissement final de la carte, constituent une partie importante et intégrale de toute carte spéléologique.

Étapes du levé spéléologique

En principe, les étapes du levé spéléologique sont identiques au processus fondamental du relèvement des formations de surfaces.

1 — *Les travaux de terrain* englobent la reconnaissance de la caverne, l'établissement d'une esquisse d'orientation approchée à l'aide de la boussole, l'élaboration du canevas fondamental du levé, le repérage et le relèvement final de leurs points. Puis, on procède au levé proprement dit du terrain de la caverne, c'est-à-dire au relèvement de la situation, des formes et des objets morphologiques dans le plan et dans les profils.

2 — *Les travaux de bureau* comprennent le calcul des valeurs mesurées, l'établissement et la reproduction de la carte ainsi que l'élaboration de la légende de la carte et du protocole de mesure.

Lors du relèvement proprement dit de la caverne, on établit en même temps une esquisse détaillée du terrain; vu le caractère compliqué des espaces souterrains et la nécessité de reproduction de la morphologie, il faut établir cette esquisse toujours à une échelle exacte fixée d'avance. Sur les cartes complexes détaillées et les cartes fondamentales, cette esquisse peut être établie à une échelle plus grande. La situation des espaces souterrains, notamment la délimitation des cavités et la morphologie du fond, est relevée le plus souvent par la méthode des perpendiculaires sur la visée du côté polygonal dressé au moyen d'une corde. On peut éventuellement utiliser la méthode polaire, avec emploi de la boussole ou du théodolite. Lors du relèvement des profils, on procède de manière analogue; dans ce cas, la hauteur du plafond de la caverne se mesure au moyen d'une mire, d'un jalon ou tout simplement d'une corde attachée à un ballon rempli de gaz léger (dans le cas seulement de plafonds trop hauts). Ces derniers temps on a élaboré, en vue d'une mesure à la fois rapide et précise des coupes, la méthode photogrammétrique des sections lumineuses, basée sur le principe de l'enregistrement de la trace lumineuse du plan de coupe à l'aide d'une chambre photographique. La trace lumineuse est projetée sur le fond, les parois et le plafond de la caverne par une lentille annulaire. Comme source de lumière, on utilise le type courant de lampe à décharge dont on équipe les appareils photographiques à flash. Simultanément, avec l'éclairage du plan de coupe, on éclaire les points de contrôle de l'appareil, à l'aide desquels l'image est agrandie à l'échelle de la carte finale. Cette méthode est très rapide, et la reproduction de la ligne du profil est absolument fidèle dans les détails. L'inconvénient de cette méthode réside dans la nécessité de disposer dans la caverne d'une place suffisamment grande (selon le type d'objectif employé); dans les cavernes à grand relief, il se

produit un ombrage d'une partie du plafond par les coulisses rocheuses, de sorte qu'il faut procéder à ces endroits à des mesures supplémentaires.

Un trôle très important revient, dans l'établissement des cartes topographico-morphologiques, à une interprétation exacte de la délimitation des cavités souterraines. En principe, on relève et on porte sur l'esquisse du terrain les étendues maximum et minimum des cavités, donc la ligne de contact du fond et de la paroi. Ce travail demande une certaine expérience et une assez longue pratique.

Le repérage des points polygonaux du canevas du levé s'effectue dans l'ordre de leur importance. A la différence des mesures faites à la surface, on n'utilise pas de piquets de bois, qui s'abiment rapidement par suite du manque de place et de l'action de divers agents de putréfaction présents dans la caverne. Les points du premier et du deuxième ordre ne sont repérés généralement que lorsqu'il est possible de les placer dans le fond rocheux, dans un gros bloc de pierre ou — en cas de cavernes accessibles aux touristes — dans le trottoir en béton.

L'établissement de la carte spéléologique finale est régi, lui aussi, par les principes énoncés ci-dessus. Pour la rendre utilisable, il faut marquer sur la carte la direction du Nord, car l'orientation dans le sous-sol n'est possible qu'en se servant de la boussole. Pour les cartes spéléologiques des vastes systèmes de cavernes, on adopte les systèmes locaux de coordonnées, dont l'axe x est habituellement identique au Nord géographique. Au cas où l'étendue des cavernes l'exige, la carte spéléologique se répartit en plusieurs feuilles de plan, dont l'assemblage se fait d'une manière unie. Les profils pour les espaces respectifs peuvent être placés à un endroit convenable du plan, là où l'on peut supposer dans ce dernier l'existence d'un massif rocheux compact exempt de cavernes. Les signes et les hachures obéissent au système conventionnel, les textes dans le dessin de la carte désignent les noms locaux des espaces. Pour ce qui des inscriptions auxiliaires, on ne désigne que des formations et des objets pour lesquels il n'existe pas de signes conventionnels ou qui ne peuvent être exprimés sous forme de signes (par exemple entrée de la caverne, etc.). Parmi les descriptions numériques, on indique sur la carte les chiffres et les cotes des points de repère, les cotes des courbes de niveau, éventuellement les hauteurs des pentes hachurées, les indices numériques des profils et de leurs lignes, éventuellement les profondeurs des gouffres.

En conclusion, il convient de souligner que la spéléocartographie et la technique du levé des cartes spéléologiques ne sont pas encore régies par des normes universellement valables. C'est pourquoi les cartes des divers auteurs présentent des différences, tant pour ce qui est de la précision que des détails de leur contenu. La spécialisation fait jusqu'ici complètement défaut, de sorte que les résultats varient habituellement entre les deux extrêmes. Lorsque les levés sont effectués par des spéléologues, géologues ou morphologues, le côté géo-

désiques manque généralement de précision, mais le contenu morphologique de la carte est, par contre, d'un haut niveau. Si les levés sont faits par des spécialistes en matière de géodésie, la carte présente, dans le cadre d'une norme analogue, un canevas polygonal de levé de haute précision, mais c'est, par contre, la morphologie qui laisse à désirer: il manque les parties difficilement accessibles, qui ne peuvent être mesurées qu'au prix d'un grand effort physique et au moyen de méthodes manquant de précision. Il en est de même de la représentation

SUMMARY

Speleological Mapping

The stalagmite and stalactite caves belong to the noteworthy natural phenomena. Even the cultural nations of the Middle East tried to represent them. The first maps on the territory of this country date back to the 18th century. Thus, speleological cartography has been gradually developed resting upon the elements set by Prof. Charles Absolon in the late 19th and the early 20th centuries. Nowadays, the speleological map can be defined as a topographical representation of underground areas at a certain scale. The authors further divide these maps into fundamental, complex as well as topical ones accounting for their contents. The next part deals with the compilation method, i. e. both with underground surveys and mapping activities. As speleological mapping is rather new, we cannot speak about accredited standards yet. There are efforts in Czechoslovakia to unify this work, which is being realized now both in the field of surveying methods and of the marks of morphological features and subjects of measurement.

РЕЗЮМЕ

Спелеологическая съемка

Карстовые пещеры принадлежат к известным достопримечательностям природы. Стремление к их изображению проявляется впервые у культурных народов Среднего Востока. Один из первых карт на территории нашего государства относятся к 18 веку. Таким образом постепенно произошло развитие спелеокартографии. Ее современную основу положил проф. Карел Абсолон на переломе 19 и 20 веков. В настоящее время определяем спелеологическую карту как топографическое изображение подземных пространств в определенном масштабе. В дальнейшем автор

разделяет эти карты на основные, комплекты и специальные и объясняет их содержание. В следующей части он объясняет способ их составления, и именно как подземные съемочные работы, так и работы по изображению. Спелеологическая съемка является новой отраслью и до сих пор нельзя говорить об общепризнаваемых нормах. В ЧССР появляются стремления к унификации этих работ, этот процесс в настоящее время протекает как в области соединения съемочных методов, так и в области знаков морфологических форм и предметов измерения.

ZUSAMMENFASSUNG

Speleologische Kartenaufnahme

Karsthöhlen gehören zu den bedeutendsten Sehenswürdigkeiten der Natur. Bestrebungen um ihre Darstellung offenbaren sich zuerst bei den Kulturvölkern des mittleren Ostens. Die ersten Karten auf unserem Gebiet stammen aus dem 18. Jahrhundert. So entwickelte sich schrittweise die Speleokartographie. Ihre moderne Grundlagen legte Prof. Karel Absolon auf der Scheide des 19. und 20. Jahrhunderts. Gegenwärtig definieren wir die speleologische Karte als topographische Darstellung unterirdischer Räume in einem bestimmten Masstab. Der Autor teilt diese Karten weiter auf Grundkarten, komplexe Karten und spezielle Karten und erörtert ihren Inhalt. Im weiteren Teil erläutert er die Art ihrer Bearbeitung, und zwar wie die Vermessungsarbeiten unter Tage so auch die Darstellungsarbeiten. Die speleologische Kartenaufnahme ist ein neues Fachgebiet und es kann deshalb noch nicht von allgemein anerkannten Normen gesprochen werden. In der ČSSR äussern sich Bestrebungen um eine Vereinheitlichung dieser Arbeiten. Dieser Prozess verläuft zur Zeit, und zwar wie in Hinsicht der Vereinigung der Vermessungsmethoden, so auch der Kartenzeichen für morphologische Formen und der Messgegenstände.

Détection de cavités souterraines au moyen de méthodes non destructives

par le Dr. LADISLAV HRDLIČKA,
candidat ès-sciences de l'Institut des Mines
près de l'Académie tchécoslovaque des sciences

Avant-propos

Les cavités souterraines cachées entraînent non seulement des complications de diverses natures, mais menacent parfois sérieusement la sécurité des travailleurs employés dans l'extraction des matières premières minérales, dans la construction d'ouvrages souterrains, de barrages, de routes, de voies ferrées, de réseaux de distribution d'eau, de gaz et d'électricité, et d'autres ouvrages de bâtiment destinés tant à des fins d'habitation qu'à l'usage industriel. Lors des explorations de vieux couloirs et galeries creusés dans le sous-sol de certaines villes historiques de Tchécoslovaquie, on tient compte surtout des besoins d'assainissement et de la sauvegarde des ouvrages historiques précieux menacés de ruine.

Les vastes réseaux de couloirs disposés en un ou en plusieurs étages avaient une importante mission militaire; leur origine remonte au Moyen Age, à l'époque où l'on extrayait en ces lieux des métaux non ferreux, des métaux précieux, du charbon ou divers matériaux de construction. Il s'agit souvent de simples caves où l'on gardait du vin, de la bière et qui servaient parfois de chambres froides, de postes de distribution d'eau, ou d'évacuation d'eau d'égouts, etc. Aujourd'hui, certains tronçons de ces couloirs souterrains sont toujours encore inaccessibles. Les entrées et une partie de ces espaces ont été remblayées après que ces installations eurent cessé de servir à l'usage primitif auquel elles étaient destinées. Par suite de la décomposition de la roche de support dans laquelle ces corridors avaient été percés, de la désagrégation du sol due à une charge excessive exercée par les constructions érigées plus tard à ces endroits, et d'effets dynamiques consécutifs à la circulation de lourds véhicules sur des chaussées de qualité inappropriée, il se produisit des éboulements de ces espaces et une interruption partielle de ces voies de communication souterraines. A tout cela sont venus encore s'ajouter la destruction d'édifices à la surface, ainsi que l'effondrement de chaussées, éventuellement de groupements entiers de grande surface.

Pour toutes ces raisons, il est absolument nécessaire de déceler l'existence, la configuration, le caractère et l'étendue de ces couloirs et cavités souterrains, et de prendre des mesures efficaces en vue d'assurer une sécurité absolue du personnel appelé

à y travailler. Comme il vient d'être exposé dans les lignes qui précèdent, on se heurte souvent, à la première étape d'exploration des espaces souterrains inconnus, à l'existence — dans certains tronçons des couloirs — de cloisons en maçonnerie, d'éboulements et de poches d'eau qui empêchent les explorateurs de pénétrer dans les espaces et d'en déterminer la configuration, la superficie et le nombre d'étages (1).

La détection de cavités souterraines est donc un problème de la plus haute importance, qui intéresse non seulement les travaux d'exploration de zones karstiques visant à découvrir de nouvelles grottes et cavernes, mais aussi tous les autres secteurs, dont les plus importants viennent d'être cités ci-dessus. L'assainissement de terrains menacés du fait de la présence de telles cavités non détectées, éventuellement du fait de la liquidation de dommages éventuels, demande naturellement des moyens financiers supplémentaires importants.

Parmi d'autres champs d'application des méthodes géophysiques et physiques non destructives, il importe de nommer la détection de cavités cachées menaçant les édifices et immeubles historiques, dans ce cas les méthodes précitées sont généralement utilisées dans le cadre des recherches archéologiques et historiques.

Les cavités peuvent être d'origine variée. Parfois, les archéologues et les travailleurs du domaine de la protection des monuments y découvrent des tombes secrètes, de vieux actes, de la vaisselle liturgique et d'autres objets similaires de haute valeur historique. De tels objets ont été mis, ou bien dans des cavités spécialement creusées à cet effet, ou bien dans d'autres cavités peu apparentes dont l'entrée pouvait être fermée ou dissimulée.

En dehors des cavités destinées spécialement à abriter divers objets ou des personnes, les bâtiments historiques renferment parfois des cavités d'autres types. Un groupe moins connu est celui d'espaces fermés (c'est-à-dire les parties creuses des charpentes des maisons historiques), dont les vieux architectes s'étaient servis pour alléger certains éléments de construction. Ces cavités peuvent être relativement très spacieuses; on procède à leur détection surtout lors de travaux de reconstruction de monuments d'architecture car, dans ce cas, la cavité peut être la cause d'une avarie, notamment

lorsqu'elle se trouve à un endroit fortement sollicité de la charpente [2].

Les méthodes de détection des cavités, actuellement en usage, peuvent être réparties en méthodes destructives et non destructives. Parmi les méthodes destructives, il convient de citer par exemple le sondage et le forage de profondeur, qui ont pour but de détecter les cavités et de les rendre éventuellement accessibles. La catégorie de méthodes non destructives renferme toutes les méthodes physiques et géophysiques qui indiquent objectivement l'existence de la cavité dans un espace donné, et qui fournissent éventuellement des renseignements techniques détaillés sur cette cavité, tout cela avec un certain degré de probabilité. Bien que ces informations ne donnent pas la certitude, l'emploi des méthodes non destructives peut augmenter d'une façon considérable la probabilité du succès des travaux de recherche.

La détection de cavités souterraines est un problème qui préoccupe le monde entier: comme le montre l'expérience acquise jusqu'ici dans ce domaine, il faut se concentrer, dans les conditions concrètes de chaque cas individuel, sur la solution de certaines questions spéciales, car ce n'est que de cette façon que l'on peut obtenir des résultats positifs. Les possibilités d'application des méthodes physiques à la détection indirecte, dans le cadre des recherches visant la protection des monuments historiques et des sites, ne cessent de s'élargir au fur et à mesure du développement d'autres branches assurant, dans leur domaine, la recherche et l'application des méthodes élaborées de détection des cavités.

Ces méthodes, dont quelques-unes sont des modifications des méthodes géophysiques, peuvent être utilisées, aux fins ci-dessus mentionnées, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des adaptations de principe [3, 4].

Les cas spéciaux de détection des structures et des cavités cachées, effectuées en relation avec l'examen des fondations et d'autres éléments de construction de monuments historiques, sont étudiés par les spécialistes du laboratoire de géophysique près de l'Institut des Mines de l'Académie tchécoslovaque des Sciences.

Répartition des tâches lors de la détection des cavités

Les diverses situations pouvant se présenter lors de travaux de détection effectués dans les monuments architectoniques situés dans les noyaux historiques urbains ou, en tant qu'ensembles indépendants en dehors des villes, peuvent être réparties en quatre groupes fondamentaux:

- A — Dans le sous-sol de l'édifice et dans ses environs:
1. Cavités d'origine karstique ou pseudokarstique
 2. Cavités formées en relation avec l'activité humaine
- a) primaires — originales

b) secondaires — créées dans la couche supérieure de cavités originales par suite de l'effondrement du plafond de celles-ci.

B — Dans la maçonnerie des fondations et des murs:

1. Cavités formées en relation avec l'endommagement de l'édifice (crevasses ouvertes, parfois dissimulées sous le crépi)
2. Cheminées, trous d'aération, créneaux dissimulés, petites niches, foyers, etc.

C — Dans la construction:

Espaces plus grands fermés par une cloison en maçonnerie, tels qu'escaliers, embrasures, niches, chambres, celliers, etc.

D — Situations particulières:

Il s'agit pour la plupart des cas d'avaries où le sous-sol est déjà accessible, mais jusqu'ici non encore relevé par des méthodes topographiques. Vu le péril en la demeure, il est nécessaire d'indiquer l'allure de quelques cavités par rapport à la situation telle qu'elle se présente à la surface.

Détection directe et indirecte des cavités

Dans la littérature technique, on décrit pour la plupart les méthodes dites directes de détection des cavités: Le but des mesures effectuées par telle ou telle mesure directe est le déceler une anomalie physique répondant aux dimensions de la cavité cherchée, à la profondeur à laquelle celle-ci se trouve au-dessous du sol et à la différence qui existe entre les propriétés physiques du milieu de la cavité (air) et de l'espace environnant (roche, maçonnerie).

Aux méthodes directes de détection des cavités, on peut ajouter la cavernométrie des cavités dans les forages inaccessibles, dans les crevasses ouvertes, dans les cheminées, etc., à l'aide de cavernomètres à contact ou sans contact.

En cas d'emploi de méthodes indirectes de détection des cavités (méthodes dont se sert habituellement notre laboratoire), on détermine les symptômes secondaires de l'existence des cavités, tels qu'altération de la masse rocheuse dans les environs du labyrinthe souterrain, détection de vieux creux comblés, etc.; dans certains cas, on détermine les phénomènes témoignant de l'aération chimique, on détecte les entrées comblées ou murées, etc. Tout cela se fait à la base de mesures paramétriques détaillées de matériaux pouvant apparaître dans le profil mesuré, car la méthode non destructive ne peut être utilisée que lorsque toutes les conditions préalables nécessaires sont accomplies en vue de la détection de la cavité et de la solution du problème donné [5].

En règle générale, on peut dire que plus la cavité cherchée est petite et située à une grande profondeur (et plus sa forme se rapproche plutôt de celle d'un cube que de celle d'un cylindre allongé), moins on a de chance de la détecter. Il existe, à l'état

actuel de la technique de mesure et des méthodes d'interprétation, de situations où il est absolument impossible de détecter la cavité. La gamme des symptômes secondaires des crevasses est relativement large, ce qui élargit les possibilités d'utilisation des méthodes physiques de détection des cavités.

Dans la sphère des méthodes de recherches non destructives, nous rencontrons le plus souvent les méthodes suivantes:

— méthodes électriques:

- mesure des potentiels électriques,
- méthodes de résistance,
- méthodes électromagnétiques de basse fréquence,
- méthodes électromagnétiques de haute fréquence;

— examen à l'aide d'ondes élastiques:

- méthodes de l'étendue sous-acoustique,
- méthodes de l'étendue acoustique;

— méthodes magnétiques:

- examen à l'aide de radio-isotopes,
- méthodes thermométriques et autres.

L'évaluation des résultats des différentes mesures montre qu'il est nécessaire de se spécialiser dans un certain groupe de problèmes, car le succès de l'examen physique des monuments et constructions mentionnés, ne dépend pas seulement de l'emploi d'instruments de mesure de la plus haute précision, mais aussi du choix de la méthode correcte et de l'ampleur des informations techniques au sujet des conditions physiques dans lesquelles la tâche donnée devra être résolue. Cette tâche, formulée généralement par un travailleur de profession différente (par exemple un spécialiste en matière de calcul statique des constructions) doit être répartie en une ou plusieurs tâches physiques. Le niveau professionnel des mesures proprement dites et l'interprétation des résultats exprimés sous forme de tableaux, de graphiques et de cartes physiques, servent de base à l'élaboration des conclusions qui doivent être formulées conformément aux besoins du secteur pour lequel les mesures ont été effectuées. Comme il s'agit, dans la plupart des cas, de déterminations indirectes, il est indispensable de procéder à la discussion de la probabilité des conclusions du point de vue des équivalents possibles.

Le cadre limité du présent rapport ne nous permet malheureusement pas d'analyser les principes de façon détaillée et de nous étendre sur les larges possibilités d'application des méthodes ci-dessus mentionnées. Nous nous bornerons, par conséquent, à parler de l'une des modifications de la méthode sismique, connue depuis plusieurs années sous le nom de „méthode du géophone perdu“.

La méthode en question, basée sur la mise à profit des lois régissant la propagation des ondes élastiques à travers le milieu examiné (roche, sol, maçonnerie), permet de localiser, dans la plupart des

cas à partir de la surface, un endroit choisi du système de cavités jusqu'ici non relevé.

La méthode peut donc être utilisée dans diverses situations critiques, par exemple en cas d'éboulement de cavités cachées formant un labyrinthe compliqué, d'effondrement de la surface du sol avec formation simultanée de couloirs de communication avec le sous-sol, etc.

Dans une section du couloir qui convient à l'introduction d'une cheminée de sauvetage, d'extraction ou d'aération, assurant la communication entre la surface et le sous-sol, on installe un géophone ou un sismomètre relié par câble à un appareillage sismique approprié fonctionnant à la surface. Au-dessus du système des couloirs, on marque les stations d'observation, soit sur les profils, soit dans un réseau régulier. Au cours des travaux de mesure, on installe un autre géophone, et on met en marche le dispositif de percussion [3]. Le but de ces mesures est de déterminer le temps que l'onde élastique provoquée par le choc met à parcourir l'espace séparant la station d'observation installée à la surface et le géophone „cherché“ qui se trouve dans le couloir souterrain. Ce temps est directement proportionnel au trajet parcouru par l'onde et indirectement proportionnel à la vitesse de propagation de l'onde dans le matériau sur le trajet donné. Lors de l'évaluation finale, on dresse la carte où l'on indique, près de chaque station d'observation, la durée du passage de l'onde, et on établit la carte des iso-courbes. Le géophone cherché se trouve sous le minimum, c'est-à-dire sous l'endroit où la durée de passage constatée est minimale.

Dans la pratique, nous rencontrons très souvent des cas fort compliqués, où il est impossible d'envisager une seule vitesse caractéristique de propagation d'ondes élastiques à travers les couches du profil géologique situé au-dessus des couloirs, et où la structure horizontale du profil peut, elle aussi, changer. Dans une telle situation, l'écart dans le sens horizontal serait, au cas où le géophone se trouverait à 10 mètres de profondeur, égal à environ 10 pour cent de la profondeur.

Nous voudrions, en outre, attirer votre attention sur les possibilités d'emploi des cavernomètres dits sans contact. Descendus dans un trou inaccessible (forage ou fissure ouverte), ces appareils déterminent la grandeur de la cavité au moyen de la réflexion d'ondes ultrasons, d'ondes acoustiques, éventuellement de la lumière. Le champ d'action de ces appareils est généralement plus grand que celui des cavernomètres à contact. Les spécialistes de l'Institut des Mines près de l'Académie tchécoslovaque des Sciences ont construit un cavernomètre sans contact utilisable sous le niveau de l'eau souterraine, à une distance de quelques mètres de la surface de réflexion. Les essais, entrepris dans des conditions extrêmes, dans les couches de charbon brun du bassin de Most ont donné des résultats favorables, bien qu'il s'agisse d'un matériau à très faible coefficient de réflexion.

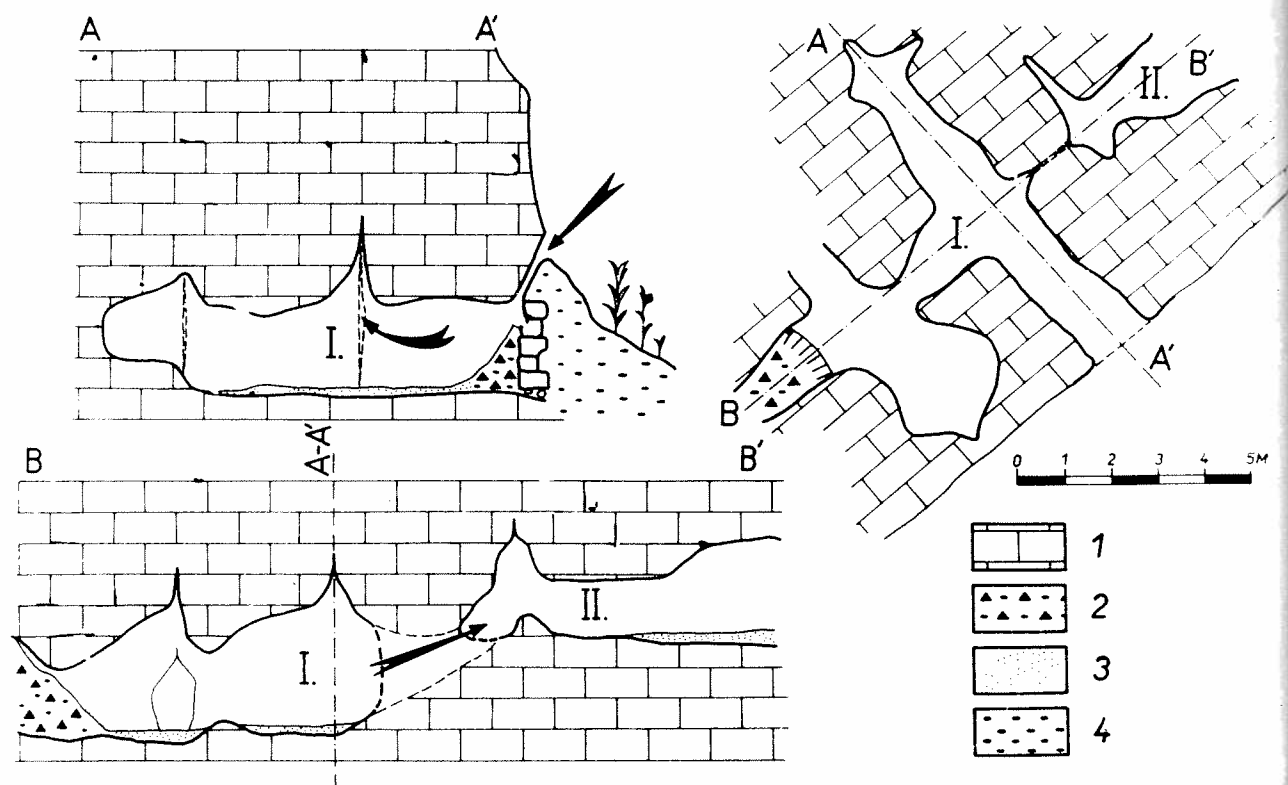


Fig. 1. Exemple d'utilisation du cavernomètre lumineux sans contact lors de la détection des couloirs souterrains cachés dans les roches gréseuses crétacées 1 — grès, 2 — argile contenant des fragments de marne, 3 — sable, 4 — remblais

I — premier système découvert de couloirs, II — deuxième système de couloirs (les flèches indiquent les endroits où l'on a mesuré avec le cavernomètre. Voir bibl. 1)

La figure 1 reproduit de façon simplifiée la situation telle qu'elle se présentait au moment des premiers essais, où l'on a détecté deux systèmes de couloirs souterrains jusqu'alors inconnus. Le cas est fort intéressant: dans la paroi en grès en bordure de la pente, on a trouvé tout d'abord l'entrée comblée donnant accès au premier système de couloirs et, à partir des mesures effectuées dans la fissure ouverte de ce dernier, on a pu vérifier l'existence du second système. L'appareil pour la détection de la seconde entrée n'a pu être utilisé que lors des travaux de creusage, après la découverte, entre la paroi de grès et les remblais, de l'interstice se prêtant à l'insertion de la sonde de l'appareil; la sonde avait un diamètre de 20 cm. Vu que de tels interstices avaient été découverts plusieurs fois au cours des creusages et qu'ils ne communiquaient que très rarement avec les espaces souterrains, l'emploi de l'appareil s'est avéré fort avantageux. Les mesures, citées à titre d'exemple, ont été faites lors des travaux de prospection effectués dans la partie nord de la vallée de Vysočany à Prague.

Le deuxième exemple sur l'utilisation des méthodes non destructives se rapporte aux travaux de prospection du sous-sol du carrefour „U Mánesa“ à Prague 2e.

A la demande du Comité national de Prague, l'Institut des Mines près de l'Académie tchécoslo-

vaque des Sciences a effectué la prospection géophysique du sous-sol du carrefour; les travaux



Fig. 2. Cette photographie du front du couloir percé dans le sous-sol de la rue Myslíkova en direction du carrefour „U Mánesa“ (Prague 2e), a été prise au commencement des recherches non destructives. Dans la partie droite de la photo, le couloir traverse la maçonnerie d'un édifice alors inconnu, la partie médiane de l'étage montre le niveau de l'ancien trottoir ainsi que le remblai d'argile contenant des condres et des restes d'une conduite de distribution de gaz; dans la partie supérieure, remblai composé de matériaux provenant probablement de la démolition des parties supérieures de l'édifice

avaient pour but de déterminer la situation qui s'y présentait, et de détecter les cavités souterraines éventuelles d'une configuration analogue à celle de l'espace à demi-comblé que l'on avait décelé lors du percement du couloir d'égout à l'extrémité de la rue Myslíkova. La figure 2 montre la situation telle qu'elle se présentait dans le front de ce couloir au moment où les travailleurs de l'Institut des Mines avaient commencé leurs travaux. L'exécution et l'exploitation des mesures devaient être faites dans le plus bref délai, car il s'agissait d'un cas de détresse: en effet, on a vu apparaître à certains endroits du carrefour des creux entraînant la déformation des rails de tramway. Une partie du carrefour a dû être mise hors service. Comme il fallait à tout prix assurer une circulation au moins partielle au carrefour, l'utilisation des sondes creusées, lors des travaux de prospection, n'entraînait pratiquement pas en ligne de compte. L'adjudicateur a demandé qu'on lui soumette, dans le plus bref délai, un rapport succinct au sujet des résultats obtenus, ainsi qu'une carte d'anomalies contenant des renseignements techniques sur la nature, la configuration et l'étendue des cavités éventuellement détectées dans le sous-sol du carrefour. De plus, on n'a pas réussi à trouver aux archives le plan détaillé de la situation telle qu'elle se présentait en ces

lieux avant la construction de la muraille du quai et l'aménagement du terrain environnant.

L'existence des réseaux de distribution souterrains, dans le sous-sol du carrefour, a influencé dans une grande mesure l'utilisation des méthodes géophysiques (selon les anciens critères, la prospection serait même irréalisable). Pour toutes ces raisons, on a décidé d'utiliser les méthodes éprouvées et complétées lors des travaux de prospection des couloirs souterrains percés dans les grès crétacés de la partie nord de la vallée de Vysočany.

Les méthodes auxquelles on a eu recours pour les travaux de prospection du sous-sol du carrefour „U Mánesa“ ont été dérivées des méthodes classiques en usage dans la géophysique appliquée. Au lieu de l'examen de la propagation d'ondes élastiques, procédé très courant dans la géologie appliquée, l'accent a été mis en particulier sur la détec-



Fig. 4a. Photographie des voûtes effondrées du couloir transversal; à une hauteur de 0,8 m au-dessus de ces voûtes étaient posés des rails sur lesquels des tramways circulaient pendant plusieurs dizaines d'années

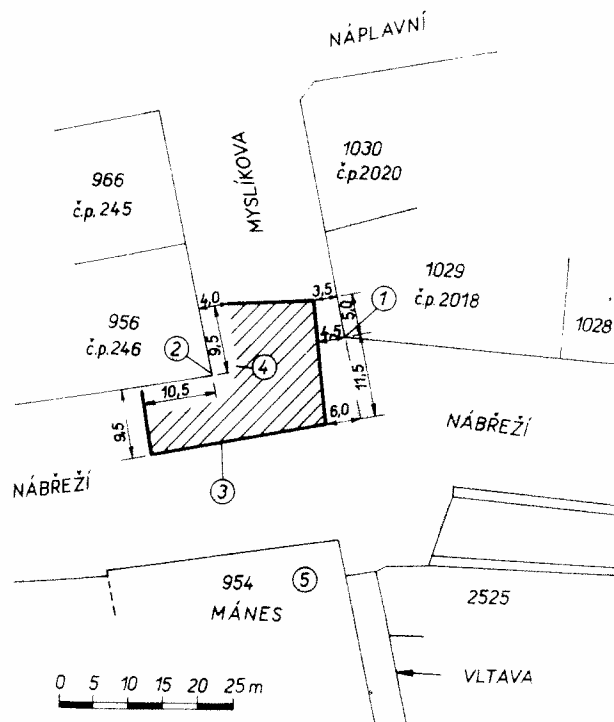


Fig. 3. Plan de situation du carrefour „U Mánesa“, avec dessin simplifié de l'anomalie détectée (en lignes hachurées), qualifiée de vestige d'un vieil immeuble 1, 2 — limite de l'agglomération nouvelle, 3 — délimitation de l'anomalie en direction de la rivière Vltava, 4 — l'anomalie se prolongeait presque jusqu'à l'immeuble n° 246, 5 — salle d'exposition „Mánes“



Fig. 4b. Vue d'une partie des voûtes au-dessous du trottoir; lors de l'assainissement des parois de l'excavation dans l'espace de l'anomalie, ces voûtes ont été renforcées de soubassements



Fig. 5a. Détail de la gravure de J. D. Hubner de 1769; la flèche indique le moulin (ancien n° 248/II) dont les fondations ont été découvertes dans le sous-sol du carrefour

mination des paramètres dynamiques d'ondes élastiques (aussi bien d'ondes directes et menées que d'ondes du surface). Les mesures ont été faites dans les profils menés en deux directions perpendiculaires, distances d'environ 5 mètres l'une de l'autre, au centre du carrefour.

Le champ physique, ainsi déterminé, a été ensuite comparé à un champ modèle idéal, et les dif-

férences constatées ont été exprimées en tant qu'anomalies physiques. Après l'analyse statique des anomalies décelées, laquelle a montré leur dépendance réciproque, l'anomalie principale a été portée sur une carte à échelle de 1/500 (voir la figure 3).

Selon le caractère de l'anomalie principale et à la base de l'expérience acquise lors des travaux

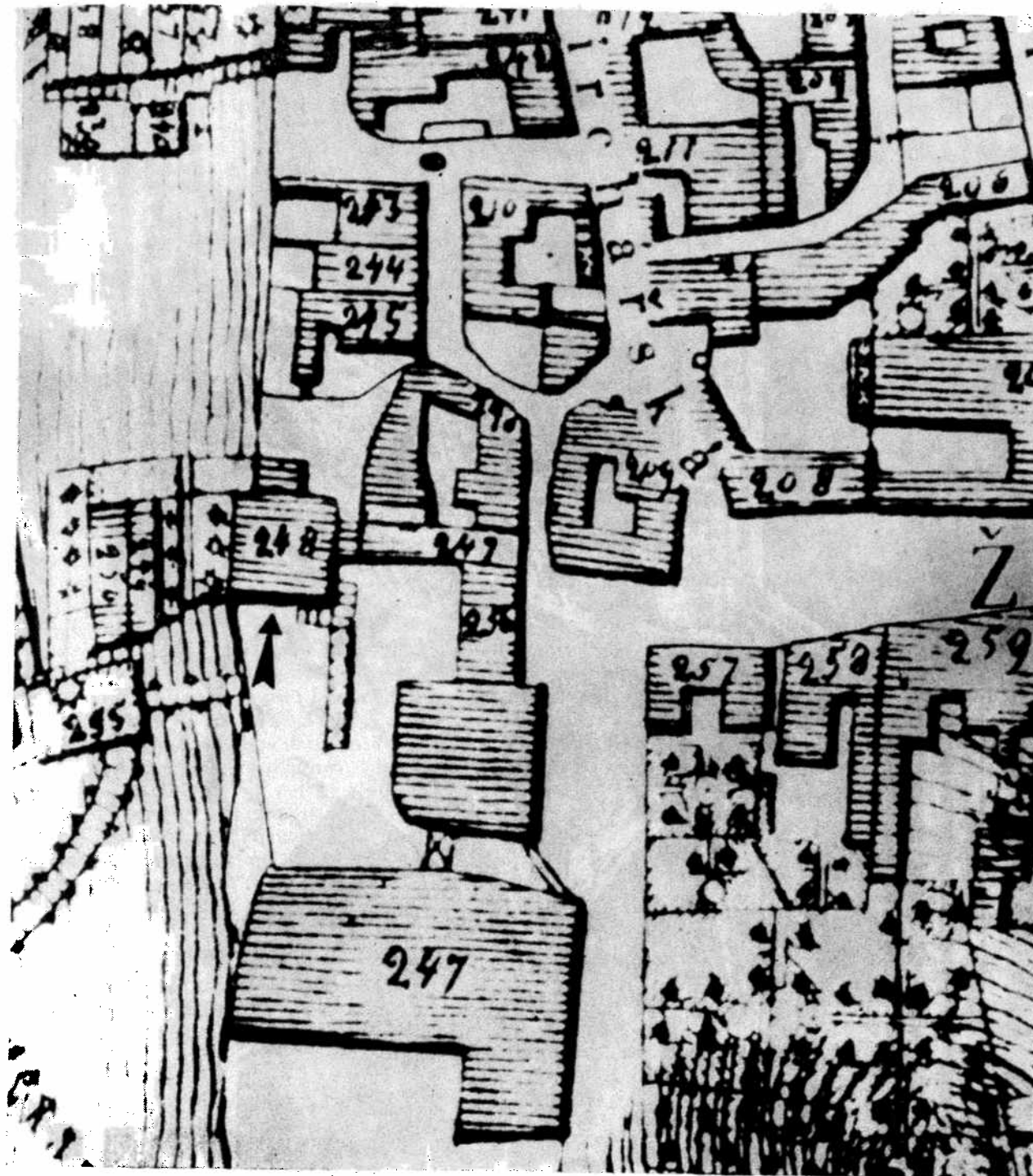


Fig. 5b. Détail du plan de J. Jüttner (1811 — 1815); la flèche indique le même immeuble que ci-dessus (fig. 5a)

précédents, on a pu établir qu'il s'agissait d'une vieille maison insuffisamment démolie, aux murs de grande épaisseur et aux voûtes partiellement effondrées, qui a été rasée, à l'époque de la construction du quai, à un niveau légèrement inférieur à celui de la chaussée actuelle.

Vu l'étendue assez grande de cette vieille bâtisse, ainsi que du danger éventuel découlant de l'existence d'autres cavités souterraines, il a été décidé

de fermer le carrefour et de procéder à un assainissement radical de cet endroit.

Les résultats des mesures ont été contrôlés conjointement avec les travaux de creusage. L'écart, entre la bâtisse détectée par voie de creusage et les limites tracées à partir des mesures géophysiques, était de l'ordre de 1 mètre environ. L'écart maximum a été constaté là où la limite mentionnée longeait les réseaux de distribution logés à peu de profondeur.



Fig. 6. Vue de l'oratoire royal de la cathédrale Saint-Guy au château de Prague, dont la reconstruction a été précédée d'une recherche non destructive détaillée. La clef en pendentifs suspendue au-dessous du centre de l'oratoire est creuse (Voir bibl. 2)

Les mesurages ont été effectués du 3 au 14 janvier 1967, le rapport au sujet des résultats constatés a été remis le 20 janvier 1967. Comme l'ont montré les recherches subséquentes effectuées dans le but de déterminer l'origine de l'ancien immeuble décelé, il s'agissait des restes d'un vieux moulin dont le numéro a été attribué, après la démolition de l'édifice, à une nouvelle construction érigée sur le quai.

La figure 4 montre les voûtes effondrées de l'ancien moulin (plus exactement le plafond du rez-de-chaussée original), la figure 5 reproduit le moulin tel qu'il figurait sur une vieille gravure.

Enfin, le dernier exemple montrant les possibilités d'application des méthodes non destructives se rapporte aux mesures effectuées dans l'oratoire royal de la cathédrale Saint-Guy au château de Prague. L'oratoire royal, en tant qu'élément de construction de la partie sud de la cathédrale (voir la figure 6), ne constitue naturellement pas un exemple typique d'application des méthodes en question. La première étape des travaux visait à la détection des défauts cachés (crevasses ouvertes) dans l'enceinte de l'oratoire, ainsi que la détection du système des tiges de fer posées dans la construction à l'époque de l'édification de l'oratoire, vers la fin du XV^{ème} siècle. On a consacré une attention particulière à la grosse clef en pendentifs, au sujet de la structure de laquelle les opinions des spécialistes étaient divergentes, et où l'on a décelé, par la suite, une vaste cavité. C'est pourquoi notre laboratoire a étendu les mesures dans l'oratoire, dans le dessein d'essayer encore d'autres méthodes physiques et de faciliter — à partir d'indices pour la plupart indirects — les pronostics de telles cavités. Dans le cas de la clef pendentifs mentionnée, il a fallu établir la distinction entre les murs de briques et ceux de pierres revêtus d'une mince couche de crépi et procéder à l'examen dynamique de la clef.

Lors de ces mesures, on a eu recours:

- 1) à la méthode de détection au moyen d'ondes élastiques de basse fréquence provoquées par un coup,
- 2) à la méthode ultrason de mesure des détails et,
- 3) à la méthode électrique de résistance, qui sert appareil spécial de mesure de la maçonnerie

SUMMARY

Search for Underground Cavities by Means of Non-

Destruction Methods

The unknown underground cavities bring complications in exploiting as well as in constructing buildings. The methods of investigating the cavities worked out in Czechoslovakia are dealt with in the paper. Essentially, the methods can be divided into destruction and non-destruction ones. In this paper the author mostly deals with the non-destruction methods which he further classifies as follows: electric methods, methods of investigating by means of elastic waves, magnetic methods, methods

des édifices historiques et des murs des couloirs souterrains, où la résistance spécifique de la maçonnerie, respectivement de certaines roches, est excessivement élevée.

Les résultats des travaux de recherches, entrepris dans l'oratoire royal, ont servi à l'établissement du régime optimum de la construction de l'oratoire au cours des travaux de reconstruction et après leur achèvement.

Conclusion

Le but du présent rapport est de familiariser les milieux spécialisés avec les problèmes relatifs à la détection des cavités cachées au moyen des méthodes non destructives et de montrer, sur des exemples concrets, quelques possibilités d'application de ces dernières. Une documentation photographique détaillée, ayant trait à ce domaine spécial, est présentée à la petite exposition du symposium, sur le panneau réservé au Laboratoire de géophysique appliquée de l'Institut des Mines près de l'Académie tchécoslovaque des Sciences de Prague.

Bibliographie

- (1) Hrdlička L.: Apparatus for the investigation in inaccessible underground cavities. Prospezioni archeologiche, Fondazione Lerici, Roma 1969.
- (2) Hrdlička L., Lukášová M.: Geophysical Survey of the Royal Oratory in the Cathedral of St. Vitus, Prague Castle. Prospezioni archeologiche, Fondazione Lerici, Roma 1969.
- (3) Hrdlička L.: Ultrazvukové vyšetřování zdiva a částí konstrukce historických staveb. Památková péče č. 3, 1969 Praha. (Examen à ultrason de la maçonnerie et des éléments de construction des édifices historiques.) Revue „Památková péče“ n° 3, 1969, Prague.
- (4) Hrdlička L.: Untersuchung gemauerter Dämme aus Bruchstein mittels elastischer Wellen niedriger Frequenz. Freiburger Forschungshefte, C 225, Leipzig 1967.
- (5) Hrdlička L.: Fyzikálně parametrická analýza historických staviv. (Analyse physico-paramétrique des maçonneries historiques.) Revue „Památková péče“ n° 4, 1970 Prague.

using radioisotopes, thermoelectric methods etc. All the methods mentioned are exemplified both by Czechoslovak experience at investigating the cavities under communication lines, in building industry etc., and by experience gained abroad. The search for the underground cavities is a topical question in the field of preservation of historical monuments, because they substantially reduce the expenditures of preservation work. The methods can be successfully applied in searching for hidden graves, cavities in which ancient documents, liturgical implements and other things of historical interest are concealed, the methods proved to be the most effective for investigating hollow parts of historical buildings esp. for their renovation.

Отыскивание подземных пространств при помощи неdestructивных методов

Неизвестные подземные пространства являются осложнением при добыче и постройке объектов. Для их установления были в СССР разработаны методы, которые автор приводит в своем докладе. В сущности можно методы разделить на destructive и неdestructивные. Автор в своей статье занимается преимущественно неdestructивными методами, которые он разделяет на методы: электрические, методы исследования при помощи эластических волн, магнитные, методы при помощи радиоизотопов, термоэлектрические и т. п. К отдельным методам приводятся примеры как из Чехословакии при установлении пространств ниже коммуникаций, в строительных объектах и т. п. Отыскивание подземных пространств является в охране памятников старины злободневной проблемой, так как при работах по санации без их знания существенным образом повышаются денежные расходы. Этих методов можно с успехом использовать и при отыскивании закрытых могил, пространств со старинными бумагами, церковными приборами и другими предметами большого исторического значения. Самыми нужными являются эти методы при установлении дуэльных частей конструкций в исторических строениях особенно при обновлении

Bestimmung unterirdischer Hohlräume mit Hilfe un-destructiver Methoden

Unbekannte unterirdische Hohlräume verursachen Komplikationen bei der Förderung sowie beim Aufbau von Objekten. Zu ihrer Bestimmung wurden in der CSSR Methoden entwickelt, über die der Verfasser in vorliegendem Bericht informiert. Grundsätzlich werden diese Methoden auf destructive und undestructive geteilt. Der Autor befasst sich in seinem Beitrag überwiegend mit undestructiven Methoden, die er folgenderweise unterteilt: elektrische, Untersuchung mittels elastischen Wellen, magnetische, mittels Radioisotopen, thermoelektrische u. a. Zu den einzelnen Methoden werden Beispiele aus der Tschechoslowakei bei der Bestimmung von Hohlräumen unter Verkehrswegen, in Bauobjekten u. a. angeführt. Die Bestimmung unterirdischer Hohlräume ist ein aktuelles Problem in der Denkmalpflege, weil sich bei Sanationsarbeiten ohne ihrer Kenntnis weitermassen die Kostenaufwände erhöhen. Diese Methoden können mit Erfolg auch bei der Bestimmung verborgener Gräber, Räume mit alten Urkunden, Kirchengewölben und mit anderen historisch wertvollen Gegenständen angewendet werden. Am wichtigsten sind diese Methoden bei der Bestimmung hohler Konstruktionsteile in historischen Bauten, insbesondere bei ihrer Renovierung.

Méthode de sections lumineuses appliquée dans la protection des monuments

par JAN VLČEK.

de l'Institut de Recherches des Minerais, Praha

1. — Introduction

La photogrammétrie est un domaine scientifique dans lequel on met au point divers procédés de reconstruction de la position des points dans un plan, ou dans un espace donné, d'après leurs images représentées sur des clichés métriques et permet de déterminer ainsi la forme, les dimensions et la position des objets mesurés. Jusqu'ici, la photogrammétrie était appliquée le plus souvent en géodésie et en cartographie où elle constituait la méthode fondamentale qui a permis d'obtenir les meilleurs résultats dans l'établissement de cartes à toutes les échelles. Les vastes applications de la photogrammétrie en géodésie et cartographie sont motivées surtout par le fait que les mesures ne s'effectuent point sur le terrain, mais sur des clichés métriques où les rapports géométriques de tous les points en projection centrale sont enregistrés de manière univoque, au moment de l'exposition. Il en résulte de nombreux avantages, grâce auxquels la photogrammétrie commence à s'introduire même dans d'autres domaines scientifiques.

Dans la protection des monuments, on a très souvent recours à la photogrammétrie pour effectuer le levé de façades et d'objets inaccessibles (7) (8) (9) (10) (11) (16). L'application de la photogrammétrie pour le levé d'espaces souterrains et manquant de tout éclairage naturel est cependant unique jusqu'à l'heure actuelle. Ces dix dernières années, on a souvent décrit l'application de la méthode dite de sections lumineuses pour effectuer le levé de profils transversaux dans les mines et, surtout, de galeries et bouveaux. Théoriquement, le principe de cette méthode consiste à diriger, par divers moyens, les rayons d'une source de lumière dans le plan lumineux et à effectuer une prise de vue photographique de la ligne d'intersection de ce plan avec l'objet à lever; cette méthode a été publiée pour la première fois par le professeur K. ZAAR (17).

Dans le cas le plus simple, on procède comme suit: dans une galerie de mine, par exemple, on dispose un appareil photographique d'amateur sur un pied, on ouvre l'obturateur et, avec une source de lumière (telle que lampe de poche à pile), on éclaire successivement le contour intérieur de la galerie dans un plan à peu près perpendiculaire à l'axe de prise de l'appareil photographique. Le contour du profil se trouve ainsi représenté sur le

cliché métrique avec tous les menus détails. On a déjà publié toute une série de méthodes où le plan lumineux est produit de différentes manières (2) (3) (4) (5) (6) (12) (13) (14) (15) et où l'échelle correcte du cliché photographique s'obtient à l'aide d'une abscisse de longueur connue placée dans le plan du profil.

L'inconvénient de toutes ces méthodes photographiques réside dans le fait qu'elles négligent les erreurs dues au manque de perpendicularité entre l'axe de prise de vues de l'appareil photographique et le plan du profil; l'origine de ces erreurs est représentée sur la figure 1. Supposons que le plan du négatif de l'appareil de prise de vues soit un carré exact $A_1 A_2 A_3 A_4$ de côté a' et que le plan à représenter soit π . Si, à la station O_1 où se trouve l'appareil de prise de vues, l'axe de prise $H_1 O_1$ est exactement perpendiculaire (dans l'espace d'objet et d'image) au plan du négatif ρ et, à la fois, au plan π , il sera représenté sur le cliché un secteur du plan π , exactement carré $A_1 A_2 A_3 A_4$ de côté a , l'échelle du cliché étant à tous les points la même. Si, au contraire, l'axe de prise $O_1 H_1$ s'incline sous un angle ω la station se déplace en O_2 ; on obtiendra ainsi, avec le même appareil de prise de vues à négatif $B_1 B_2 B_3 B_4 = A_1 A_2 A_3 A_4$ ce côté a' un secteur trapézoïdal $B_1 B_2 B_3 B_4$ du plan π . Comme indiqué sur la figure, le cliché sera considérablement déformé dans ce cas et son échelle sera en divers points différente. On peut déduire de la figure 1 que par suite de la faible inclinaison ω la

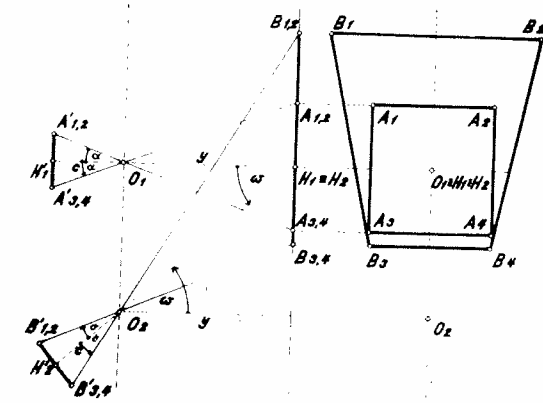


Fig. 1

différence Δb des abscisses $B_1 B_2 - B_3 B_4 \approx B_1 B_2 - A_3 A_4$ sera exprimée par la relation suivante:

$$\Delta b = a' [\cos \alpha \cdot \cos (\omega + \alpha)^{-1} - 1] \cdot y \cdot c^{-1} \quad (1)$$

où c = constante de la chambre, y = distance entre le centre de projection et le plan dont on effectue le levé π (recul) et α = angle de champ. Les rapports mutuels des gradueurs y, c, a' , a se calculent comme suit:

$$y = c \cdot a \cdot a'^{-1} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = a' (2c)^{-1} \quad (3)$$

Les rapports (2), (3) sont, avec la relation (1), inscrits sur le tableau 1 pour $\omega = 5^\circ$, $a' = 30$ mm (appareil de prise de vues d'amateur pour film ciné), $a = 3$ m et pour diverses constantes c .

Tabl. 1.

Relation	Constante c	60 mm	40 mm	20 mm
(2)	recul y	= 6 m	4 m	2 m
(3)	angle de champ α	= 16 $^\circ$	24 $^\circ$	54 $^\circ$
(1)	différence Δb	= 63 mm	114 mm	313 mm

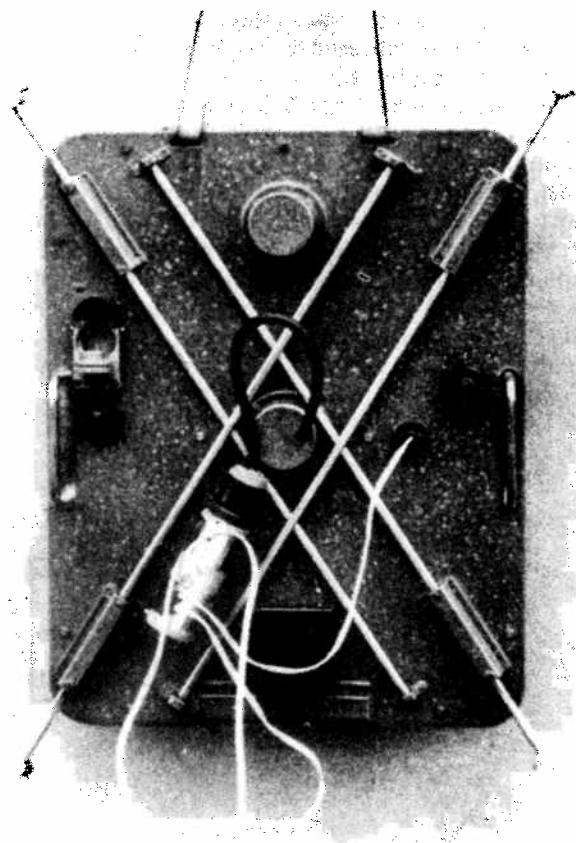


Fig. 2

Le tableau I montre qu'aux inclinaisons ω relativement faibles correspondent des différences Δb déjà relativement importantes et qu'elles s'accroissent si la constante c diminue. Avec les chambres d'amateur, il faut surtout prendre en considération le fait que l'inclinaison ω n'est pas limitée uniquement à l'espace d'objet, mais qu'elle se manifeste indépendamment dans l'espace d'image comme manque de perpendicularité de l'axe de prise par rapport au plan du négatif σ ; dans ce cas, l'erreur est systématique et résulte de la conception de la chambre. Bien que le calcul effectué ne caractérise que le cas extrême d'erreurs produites par les inclinaisons ω , il est cependant permis de conclure que la méthode de sections lumineuses entraîne des erreurs lorsqu'on concentre les clichés à l'échelle, à l'aide d'une abscisse de longueur connue prévue dans le plan de profil, et ce, d'autant plus lorsqu'on prend les vues avec des objectifs grand-angulaires. De telles erreurs peuvent facilement échapper parce que, dans la plupart des cas, l'utilisateur du cliché, exécuté par la méthode de sections lumineuses, apprécie positivement la représentation fidèle de tous les détails des profils et n'examine pas la précision de son échelle. Il est donc nécessaire de supprimer cette source d'erreurs et de substituer les méthodes photogrammétriques aux méthodes photographiques de levé des profils transversaux utilisées jusqu'à présent dans la plupart des cas.

2. — Appareils conçus pour la méthode de sections lumineuses et mis au point à l'Institut de Recherche des Minerais.

L'Institut de Recherche des Minerais a mis au point plusieurs types d'appareils destinés à mesurer les profils transversaux par la méthode de sections lumineuses. Sur tous ces appareils, on utilise censéquent, comme source de lumière, la lampe à décharge du flash électronique. De plus, grâce à leur conception judicieuse, tous les appareils comportent un système de quatre points de contrôle au moins. Ceux-ci permettent de redresser les clichés métriques et d'éviter des erreurs calculées d'après la relation (1).

Le poids des appareils construits à l'Institut de Recherches des Minerais est considérablement réduit par rapport à celui des appareillages photographiques mentionnés plus haut. Grâce à ce poids réduit et aux principes de construction signalés ci-dessus (utilisation de la lampe à décharge et du système de points de contrôle), on peut tenir les appareils à la main lors des mesures. Comme on exécute les clichés métriques avec un appareil photographique d'amateur pour film ciné 24 x 36 mm, on tient à la main aussi l'appareil de prise de vues. En supprimant le pied, on affranchit la méthode de sections lumineuses du statisme actuel et on augmente, dans une large mesure, la productivité du travail: les appareils construits à l'Institut de Recherches des Minerais permettent de lever même 60 profils par heure. Pour réaliser une sérieuse économie, on a adopté le procédé de traitement des

clichés métriques au laboratoire: le redressement de ces clichés s'effectue avec un agrandisseur d'amateur. Au point de vue théorique, ce procédé a pu être adopté grâce au fait qu'il n'est pas nécessaire de respecter la condition de Scheimpflug, les inclinaisons ω étant relativement faibles. Dans les cas où les inclinaisons sont plus prononcées il faut avoir recours à un appareil de redressement professionnel, de préférence au petit modèle de la Maison Carl Zeiss Iéna.

Pour le levé des profils transversaux, les types d'appareils suivants ont été mis au point à l'Institut de Recherches des Minerais:

Le type 1963 (18), (19), (23) se compose de deux écrans utilisés déjà par Hillan (3) qui ont pour fonction de créer le plan lumineux. Entre ces écrans qui se trouvent à une distance de 30 mm l'un par rapport à l'autre est prévue la lampe à décharge du flash. La figure 2 montre l'écran arrière de cet appareil qui comporte le système de 4 points de contrôle escamotables, l'élément électronique du flash et l'interrupteur; cette figure nous montre en outre la nivelle basculante qui masque l'instrument de projection à repères. L'appareil a été largement utilisé en Tchécoslovaquie et a montré sa valeur. Il comporte cependant une certaine imperfection, c'est que le plan lumineux créé par les deux écrans diverge de sorte que la ligne d'intersection où se coupent ce plan et la taille de l'ouvrage souterrain est un peu trop large, surtout dans les cas où la taille dont on effectue le levé n'est pas perpendiculaire au plan lumineux.

Aussi a-t-on conçu à l'Institut de Recherches des Minerais un nouveau type d'appareil de mesure de

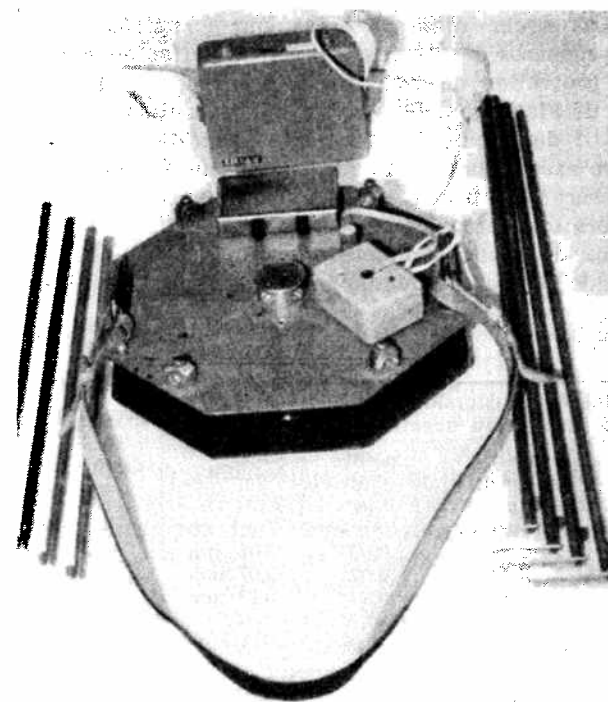


Fig. 3

profils transversaux; avec cet appareil, on crée le plan lumineux à l'aide d'une lentille annulaire (1), (14) et d'une lampe à décharge annulaire (13). La lentille annulaire et la source punctiforme à lumière permanente ont été utilisés en Tchécoslovaquie déjà en 1960 par le professeur V. BLAHÁK (1) dans son appareillage de mesure de profils transversaux dans les tunnels de chemin de fer.

Le nouveau type d'appareil conçu en 1969, à flash TR 64, est représenté sur la figure 3; la figure 4 montre ses éléments constitutifs. La lentille annulaire (fig. 4) destinée à créer le plan lumineux a été fabriquée à l'Institut de Recherches des Minerais. On a aussi amélioré le mode de représentation de la ligne d'intersection du plan lumineux avec la taille de l'ouvrage (25). L'appareil nouveau modèle permet de créer, outre le plan lumineux principal à lumière instantanée, un plan auxiliaire à lumière permanente (24) destiné à vérifier, dans le viseur de l'appareil de prise de vues, s'il est possible de lever le profil transversal tout entier à partir de la station choisie. Les points de contrôle (26) ont été aussi disposés de manière à éviter toute possibilité de leur déviation en dehors du centre du plan lumineux. Les caractéristiques techniques de cet appareil sont les suivantes: dimensions d'encombrement 30 x 30 cm; poids, flash compris, 4,0 kg. Les résultats des essais de vérification ont été très satisfaisants. En 1970, on a perfectionné de nouveau ce modèle en l'équipant du flash élec-

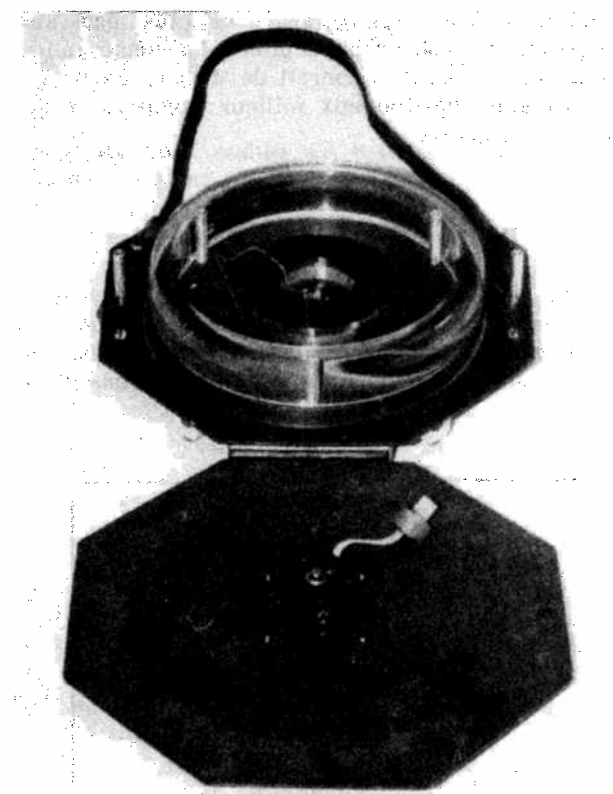


Fig. 4

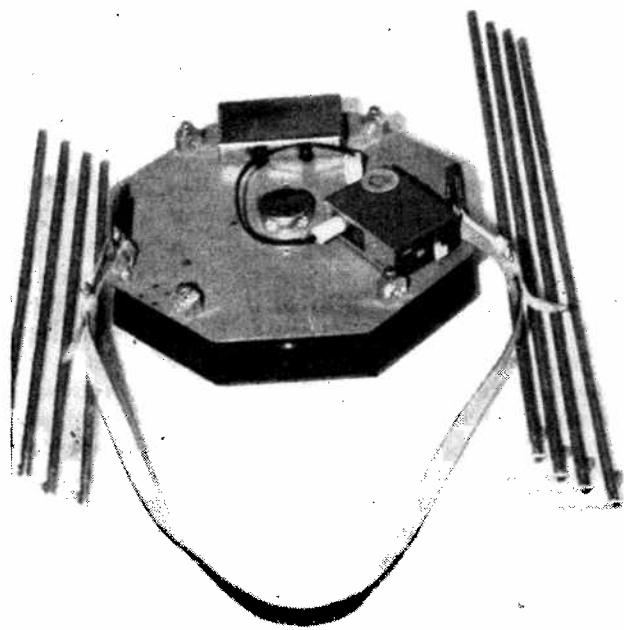


Fig. 5

tronique BRAUN (fig. 5); le poids de l'appareil a été ainsi réduit (3,5 kg) et il n'est plus nécessaire de porter le flash en bandoulière. La même année, on a mis au point l'appareil de mesure de profils transversaux destiné aux milieux comportant des risques d'explosion.

3. — Vérification de la précision

Pour effectuer le levé de profils transversaux avec les appareils décrits plus haut, on utilise comme chambre métrique tout appareil de prises de vues d'amateur à négatifs de 24 — 36 mm et on

redresse ensuite les clichés avec un agrandisseur d'amateur. Les appareils d'amateur utilisés donnent inévitablement naissance à des erreurs, systématiques dans la plupart des cas. Comme la littérature ne fournit pas les renseignements nécessaires, il faudra vérifier la précision des résultats obtenus.

En premier lieu, il faut vérifier l'influence qu'exerce sur la précision du levé du profil la distorsion de l'objectif. Pour les vérifications, on disposait d'objectifs Biotar $2/58$, Tessar $4,5/40$ et Flektogon $4/20$. L'expression graphique de la distorsion Δy en fonction de la distance radiale \bar{y} , fournie par la maison Carl Zeiss Iéna, est indiquée sur la figure 6; on suppose que la distorsion est radialement symétrique. Nous allons supposer, pour un raisonnement superficiel, que l'on mesure un profil de forme rectangulaire orienté symétriquement vers le centre du négatif dont il recouvre toute la surface de 20 X 30 mm. Les clichés métriques seront pris par l'appareillage placé au centre du profil comportant un système de 4 points de contrôle disposés en rectangle de dimensions fixes de 1,43 X 2,00 mètres. On suivra l'influence de la distorsion dans un cas moins favorable, c'est-à-dire dans un coin du profil. Le redressement effectué, l'erreur Δ due à la distorsion sera exprimée par la relation suivante:

$$\Delta = (\Delta y_p - \Delta y_v) M_s \quad (4)$$

dans laquelle Δy_p = distorsion du coin du profil, Δy_v = distorsion du point de contrôle le plus proche du coin observé du profil et M_s = échelle du cliché. La relation (4) est inscrite dans le tableau II et valable pour deux dimensions du profil et trois objectifs différents.

Les erreurs ainsi calculées sont acceptables pour les mesures des profils transversaux effectuées dans la protection de monuments à l'exception de l'objectif Flektogon. On évitera donc d'utiliser cet objectif dans tous les cas où les opérations doivent être exécutées avec une précision élevée, où il faut mesurer des profils de grandes dimensions. Les erreurs constatées lors du levé des profils transversaux de grandes dimensions prouvent que la méthode de sections lumineuse exige que les points de

Tabl. II.

Dimensions du profil	Échelle du cliché 1:M _s	Distance radiale		erreur due à la distorsion (mm) dans la plan du négatif			Différence $\delta = (\Delta y_p - \Delta y_v)$	Erreur due à la distorsion $\Delta = \delta \cdot M_s$
		du coin du profil \bar{y}_p	du point de contrôle \bar{y}_v	avec objectif	coin du profil Δy_p	point de contrôle Δy_v		
2 X 3 m	1/100	18 mm	12 mm	Biotar	0,08	0,03	0,06 mm	6 mm
				Tessar	0,09	0,02	0,07 mm	7 mm
				Flektogon	0,47	0,24	0,23 mm	23 mm
4 X 6 m	1/200	18 mm	6 mm	Biotar	0,08	0,01	0,07 mm	14 mm
				Tessar	0,09	0,01	0,08 mm	16 mm
				Flektogon	0,47	0,05	0,42 mm	84 mm

Dimensions du profil 3,5 X 3,5 m

Tabl. III.

Objectif	Pour chaque échelle nombre		Échelle 1/20, erreur moyenne quadratique		Échelle 1/30, erreur moyenne quadratique	
	clichés	d'abscisses	de la longueur de l'abscisse m _d	de la moyenne arithmétique m _x	de la longueur de l'abscisse m _d	de la moyenne arithmétique m _x
2/58 Biotar	7	56	± 10 mm	± 1 mm	± 14 mm	± 2 mm
4,5/40 Tessar	5	40	± 12 mm	± 2 mm	± 19 mm	± 3 mm
4/20 Flektogon	7	56	± 20 mm	± 3 mm	± 20 mm	± 3 mm

contrôle se trouvent aussi près que possible du périmètre du profil.

La vérification de la précision interne des trois objectifs utilisés a été effectuée comme suit: on a mesuré à plusieurs reprises, avec ces objectifs, et redressé le même profil de 3,5 X 3,5 m à l'échelle de 1/20 et 1/30. On a choisi, dans le profil, un système de plusieurs points et les distances entre ces points ont été mesurées individuellement pour chaque cliché. Après avoir établi les valeurs moyennes, on a calculé les erreurs moyennes quadratiques et dressé le tableau III.

Le procédé adopté pour la vérification explique l'action de la plupart des erreurs qui exercent une certaine influence sur la précision du cliché métrique; il s'agit notamment d'erreurs suivantes: erreur moyenne quadratique du redressement du cliché métrique, erreur moyenne quadratique de la lecture de la longueur de l'abscisse contrôlée et erreurs dues à l'inconstance des éléments intérieurs de la chambre photographique (erreurs de la planéité du négatif et erreurs causées par les différentes valeurs de la distorsion des objectifs dans les cas où la position de l'image du profil change légèrement soit sur le négatif, soit dans l'agrandisseur dans les cas où la reproduction ou le traitement des clichés métriques doivent être répétés.

La précision intérieure constante est favorable. Comparons-la à l'erreur moyenne quadratique de la longueur absolue de l'abscisse calculée déjà auparavant avec l'appareillage du type 1963. Pour établir cette erreur, on a mesuré 7 fois un profil de 2,5 X 3 m uniquement à l'aide de l'objectif Biotar. Dans le profil, on a levé avec le ruban 13 abscisses déterminées par des points pouvant être représentés de manière très nette; les clichés obtenus ont été redressés à l'échelle de 1/25. On a ensuite comparé les mesures faites avec le ruban et les mesures photogrammétriques et, au bout de 91 observations, on a dérivé l'erreur moyenne quadratique m_a pour la distance photogrammétrique d de deux points du profil choisis arbitrairement:

$$m_a = \pm 11 \text{ mm (Biotar; profil } 2,5 \times 3 \text{ m; échelle } 1/25) \quad (5)$$

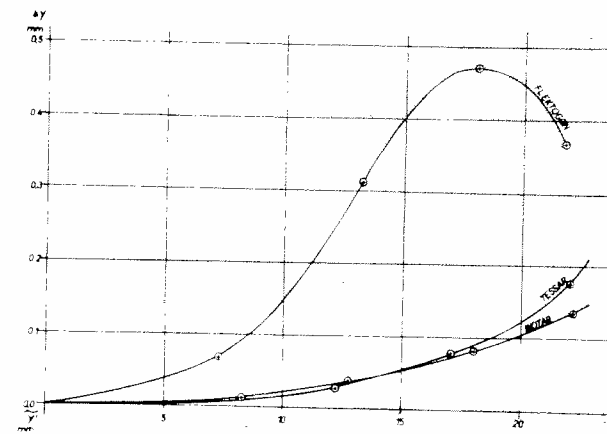


Fig. 6

L'erreur ainsi établie est conforme aux considérations ci-dessus. Ce résultat, comparé au tableau III, est un peu plus favorable et tient aux dimensions plus faibles du profil.

4. — Conclusions et applications.

Ces quelques procédés indépendants de la vérification de la précision des mesures permettent de conclure que la précision réalisée répond aux exigences des levés effectués dans la protection de monuments et en spéléologie. Les figures suivantes offrent des exemples de l'application de la méthode de sections lumineuses.

La figure 7 montre le profil transversal de la voûte de la cave romane dans l'immeuble n° 222 de la Vieille Ville de Prague (Palais des seigneurs de Kunštát et de Poděbrady). Remarquons, sur ce cliché métrique, la représentation fidèle de tous les détails, surtout dans la partie droite du profil qui est déformé de manière très marquée; le décellement des déformations est l'une des possibilités d'application de la méthode de sections lumineuses.

La figure 8 montre le profil transversal double dans les arcades de l'église de la Vierge-Marie-de-Týn à Prague. Ce cliché explique aussi comment on peut appliquer la méthode de sections lumineuses.

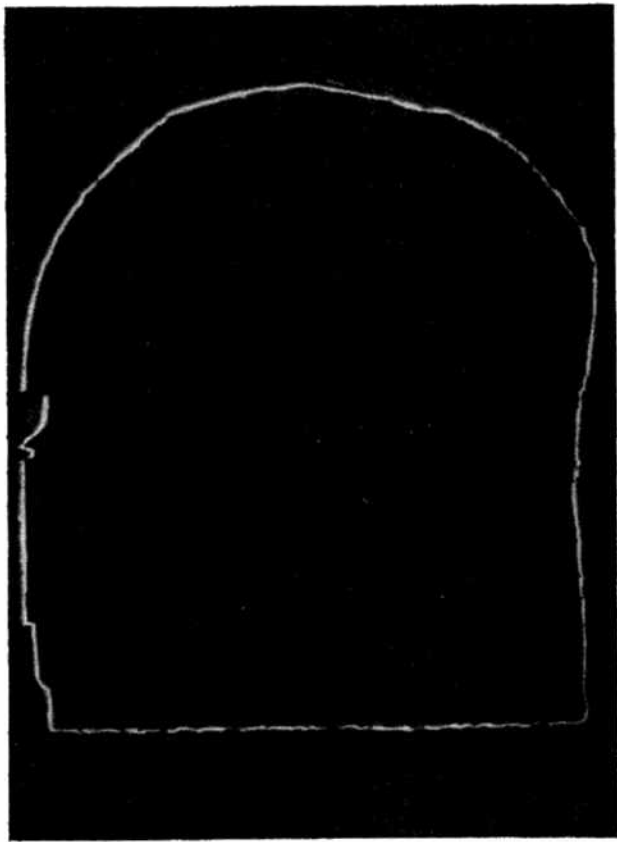


Fig. 7

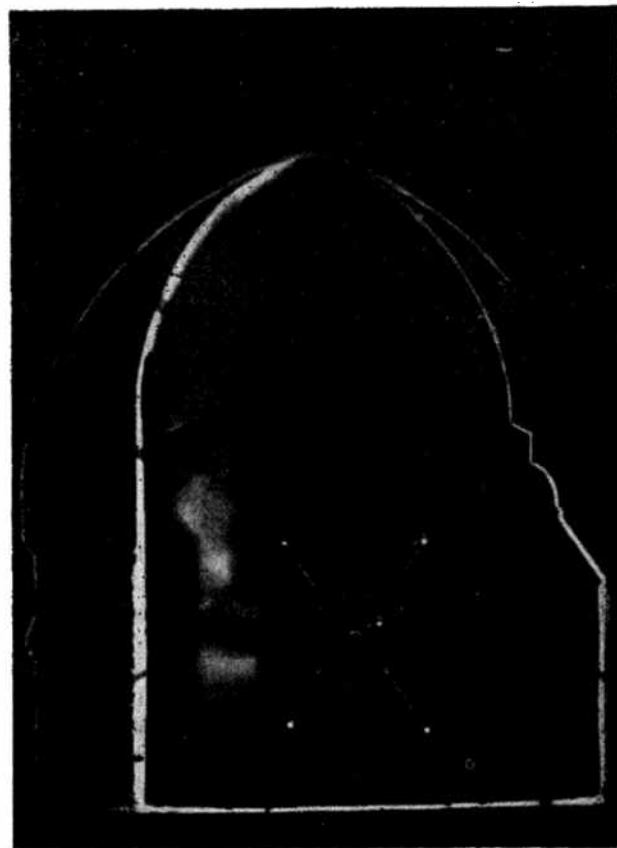


Fig. 8

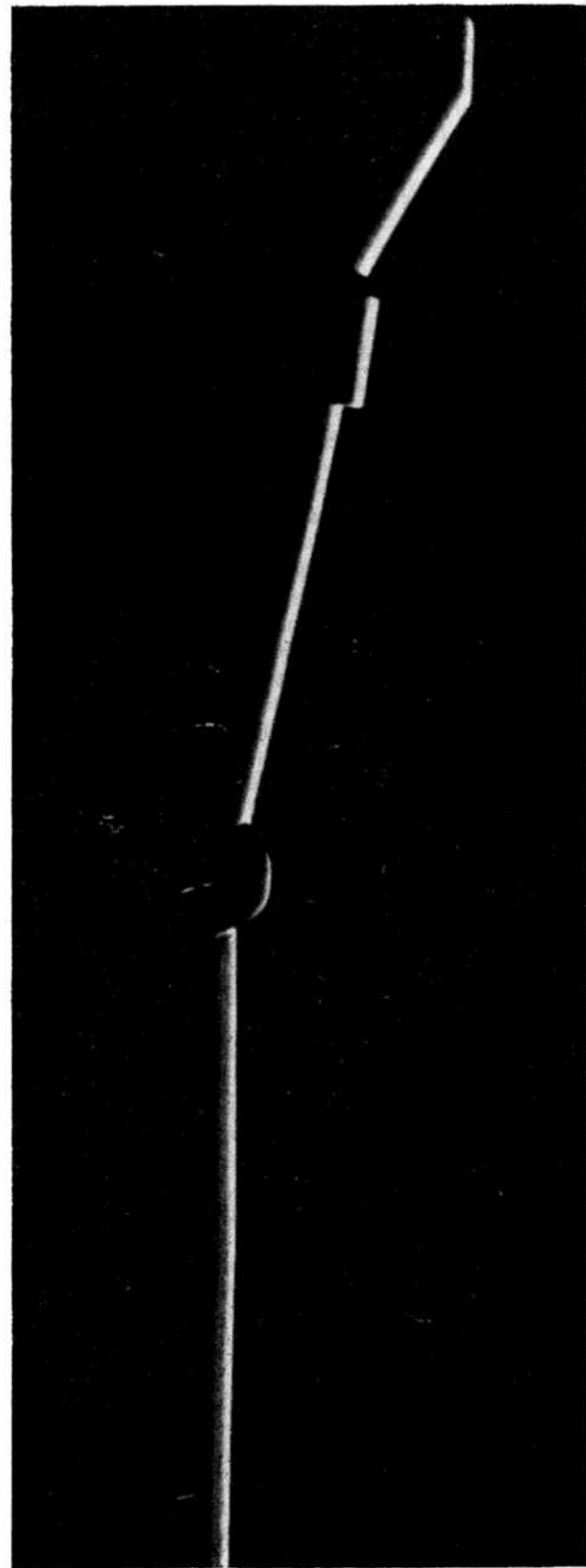


Fig. 9

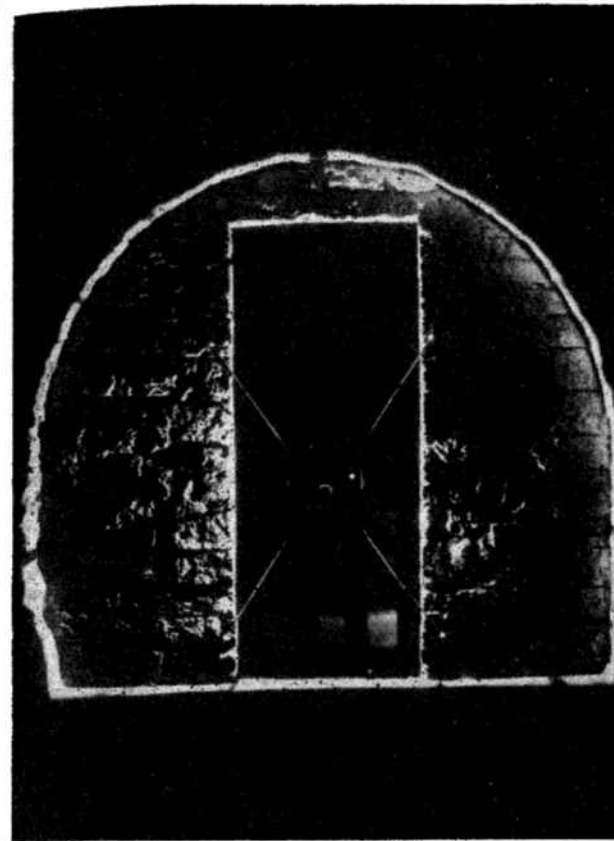


Fig. 10

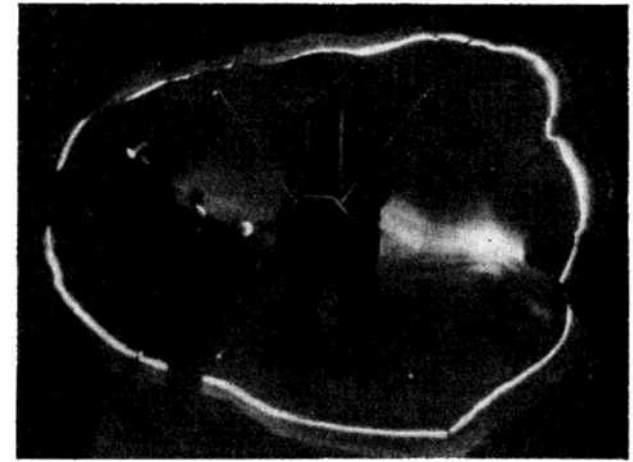


Fig. 12

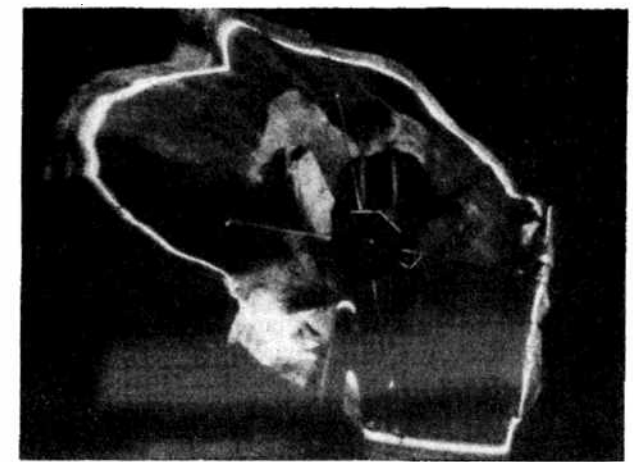


Fig. 13



Fig. 11

ses et employer les clichés ainsi obtenus à la documentation de divers objets en surface. Les mesures doivent être effectuées, dans ce cas, la nuit. On peut exploiter la méthode de sections lumineuses de la même façon pour documenter les détails indiqués sur la figure 9 qui montre une coupe d'une colonne romane.

Sur la figure 10, un voit un profil double photographie dans la cave romane de la maison n° 16 de la Vieille Ville. La photographie montre que la méthode de sections lumineuses peut être utilisée aussi pour le levé de la pose des pierres et des joints.

En spéléologie, le levé de profils transversaux est particulièrement pénible parce que les branches des couches souterraines sont extrêmement compliquées. A titre documentaire, consultons la figure 11. Les figures 12 et 13 montrent comment on peut encore tirer profit de la méthode de sections lumineuses en spéléologie. Les deux profils, qui sont de dimensions relativement faibles, ont été levés dans les cavernes de Chýňov près de Tábor; elles sont intéressantes par le fait qu'elles permettent d'étudier la morphologie de la caverne. Dans les petits espaces serrés de cette caverne, on ne peut éviter l'emploi de l'objectif grand-angulaire du type Flektogon. Le manque de précision est cependant compensé par la représentation fidèle des détails.

Les espaces dans les caves aussi bien que dans les cavernes sont d'habitude très serrés et leur projection horizontale est assez compliquée. L'expérience montre qu'il ne sera possible de lever, dans ces conditions, que 70 % environ des profils exigés. Dans les endroits, dont la projection horizontale forme un alignement, on pourra lever presque entièrement 100 % des profils.

Les nouvelles mesures de plusieurs profils effectuées par la méthode de sections lumineuses, en vue de la vérification de cette méthode en service courant, permettent de conclure que les erreurs moyennes quadratiques établies au chapitre 3 ne sont pas dépassées dans la pratique. On a prouvé à la fois que la représentation photogrammétrique est de beaucoup plus fidèle, notamment en ce qui concerne la reproduction des détails. On a aussi prouvé que la méthode de sections lumineuses offre de sérieux avantages au point de vue économique: pour lever un profil dans la nature, une minute suffit. Il est donc permis de conclure que, sous les aspects techniques et économiques, la méthode de sections lumineuses doit être recommandée dans la protection de monuments et en spéléologie. Des conclusions analogues ont été tirées même pour les domaines de l'industrie minière [2, 1]; cet ouvrage a fourni à l'auteur le matériel pour les chapitres 1, 2 et 3.

Bibliographie

[1] Blahák V.: Měření deformačních změn tunelových staveb (Mesure de déformations dans la constructions de tunnels.) Annuaire de l'Ecole supérieure de Transports 3 (1961), p. 27 — 45.

[2] Glaeser H.: Aufnahme von Profilen in Felshohlbau mit Hilfe der Photographie (Mesure photographique de profils lors du perçage dans les roches solides.) Vermess.-Techn. 5 (1957), p. 12 — 14.

[3] Hillan N. D.: Tunnel Cross Sections by Photography (Mesure photographique de profils transversaux des tunnels.) The Australian Surveyor (1955), p. 283 — 291.

[4] Hubeny K.: Ein photogrammetrisches Verfahren zur Aufnahme von Tunnelprofilen (Méthode de mesure photogrammétrique de profils de tunnels). Photographische Korrespondenz 90 (1954) 12, p. 203 — 208.

[5] Hubeny K.: Tunnelprofile durch Lichtschnitte (Profils transversaux de tunnels mesurés par la méthode de sections lumineuses). Z. Vermess.-Wes. 82 (1957) 6, p. 145 — 149.

[6] Hubeny K.: Photogrammetrische Registrierung von Profilen (Enregistrement photogrammétrique de profils). Oest. Z. Vermess.-Wes. 53 (1965) 6, p. 169 — 174.

[7] Jiřinec M.: Požadavky na měř. dokumentaci památkových objektů (Documentation métrique de monuments). Památková péče 1968/1, p. 5 — 10, fig. 9.

[8] Jiřinec M.: Užití fotogrammetrie k zaměření fasád a nástěnných maleb. Technické metody v památkové péči (Photogrammétrie exploitée pour le levé de façades et de peintures murales. Méthodes techniques dans la Protection de monuments). Sborník referátů kolokvia v Kutné Hoře, říjen 1967. St. ústav památ. péče a ochrany přírody v Praze, 1968.

[9] Jiřinec M.: Zaměřování krasových jeskyní (Levé des cavernes karstiques). Sborník přednášek Mezinárodního vědeckého symposia v důlním měřictví, důlní geologii a geomtrii nerostných ložisek, Praha 1969, V/7.

[10] Jiřinec M.: Tabulky pro určení vzdálenosti fototeodolitu od fasády v závislosti od její velikosti (Tables pour établir la distance entre le photothéodolite et la façade en fonction de sa grandeur). Stát. ústav pmát. péče a ochrany přírody, Praha 1970.

[11] Jiřinec M.: Přesnost trigonometricky měřených výšek na průčelí (Précision des hauteurs de façades mesurées trigonométriquement). Géodet. a kart. obzor, 1965/2, p. 40 — 44, fig. 5.

[12] Koppenwallner F.: Lichtschnitt-Profilmessung in Stillen (Profils mesurés dans les galeries par la méthode de sections lumineuses). Geol. und Bauwesen. Wien 25 (1959) 1, p. 50 — 59.

[13] Mueller U. G.: Fehlertheoretische Untersuchungen der Kleinbildphotogrammetrie und Vorschläge für ihre Anwendung auf Montanwissenschaftlichen Gebiet (Examen de la photogrammétrie sous le rapport de la théorie d'erreurs dues aux appareils d'amateur et exploitation de cette méthode dans le domaine scientifique minier). Freiburger Forschungshefte A 440, 121 pages, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968. I

[14] Simode E.: Les mesures d'aérage. Revue de l'industrie minière (1962). Numéro spécial, p. 159 — 161.

[15] Strasser G.: Photogrammetrische Tunnelprofile (Levés photogrammétriques des tunnels). Z. Vermess.-Wes. 81 (1956) 11, p. 402 — 405.

[16] Šmídkal J.: Několik poznámek k využití fotogrammetrie v památkové péči (Quelques observations à pro-

pos de l'application de la photogrammétrie dans la protection de monuments). Památková péče 1967.

[17] Zaar K.: Ueber ein photogrammetrisches Körpervermessungsverfahren (Levés photogrammétriques de corps solides). Inter. Arch. f. Phot. (1913) 14, p. 64 — 75.

[18] Vlček J.: Fotogrammetrické zjišťování příčných profilů důlních děl (Levés photogrammétriques de profils transversaux dans les ouvrages miniers). Rudy 9 (1961), p. 42 — 46.

[19] Vlček J.: Zařízení k zjišťování příčných profilů důlních děl. Čs. patent č. 103.328 14. 7. 1960, patent. třída 42c, 9/01 (Appareillage pour levé de profils transversaux dans les ouvrages miniers. Brevet tchécoslovaque N° 103.328. 14. 7. 1960, classe 42c, 9/01).

[20] Vlček J.: Souprava k jednosnímkovému fotogrammetrickému zaměřování vertikálních důlních děl. Čs. patent č. 120.976., 23. 12. 1964, pat. třída 42c, 10/04 (Appareillage de levé photogrammétrique à un cliché d'ouvrages miniers verticaux. Brevet tchécoslovaque n° 120.976. 23. 12. 1964, cl. 42c, 10/04).

[21] Vlček J.: Méthodes de sections lumineuses — mise au point des appareils et vérification de la précision. Sborník Důlní měřictví v social. zemích. Vys. škola báňská, Ostrava 1971 — sous presses.

[22] Vlček J.: Underground Photogrammetry. Exposition scientifique présentée à l'occasion du IXe Congrès international de photogrammétrie, Lausanne 1968, Livret d'exposition, p. 63 — 64.

[23] Vlček J.: Beitrag zur photogrammetrischen Erfassung von Informationen unter Tage und einige Erfahrungen mit elektronischer Rechentechnik auf diesem Gebiete. Exposé prononcé aux XIXe Journées minières et métallurgiques le 4/7 1968. Bergakademie 3 (1969), p. 143 — 147, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

[24] Vlček J.: Zařízení k vytvoření pomocné světelné roviny pro přístroje k fotogrammetrickému měření příčných profilů. Čs. patent č. 138.017. 14. 3. 1969. (Équipement destiné à créer un plan lumineux auxiliaire pour les appareils de mesure photogrammétrique des profils transversaux. Brevet tchécoslovaque n° 138.017. 14. 3. 1969).

[25] Vlček J.: Clonka pro zařízení k fotogrammetrickému měření příčných profilů svět. řezů. Čs. patent č. 137.272. 29. 1. 1969. (Diaphragme destiné à équiper l'appareillage de mesure photogrammétrique des profils transversaux par la méthode de sections lumineuses. Brevet tchécoslovaque n° 137.272. 29. 1. 1969).

[26] Vlček J.: Soustava na vytvoření vřícovacích bodů pro metodu svět. řezů. Čs. patent č. 137.611. 21. 10. 1968. (Équipement pour créer les points de contrôle pour la méthode de sections lumineuses. Brevet tchécoslovaque n° 137.611. 21. 10. 1968).

SUMMARY

Light-Section Method for Preservation of Historical Monuments

The author presents in brief the possibilities of using photogrammetry in preservation of historical monuments, and then deals with the application of the light-section method in this field. Several types of instruments for this work, which have been developed in the Institute of Ore Investigation, are described in the paper. The last one of 1969 whose accuracy has been investigated by the author offers a very good application. The results of the investigation proved to be very favourable. The author carried out measurements of cross sections of cellars, archways, shapes of columns, etc. so as to investigate the whole range of the instrument applications, which is illustrated in the ample picture part of the paper.

РЕЗЮМЕ

Метод световых сечений в охране памятников

Автор вкратце приводит возможности применения фотограмметрии в охране памятников и обращает внимание особенно на метод световых сечений в охране памятников. Институт по исследованию руд разработал несколько типов приборов для этих работ, которые в докладе описываются. Последний тип от 1969 г. обеспечивает очень хорошее использование. Автором исследованная точность приносит очень хорошие результаты. Прибором были определены профили подвалов, аркад, формы столбов и т. п., чтобы мочь проверить ширину применения; это засвидетельствовано в богатой картинной части доклада.

ZUSAMMENFASSUNG

Lichtschnittverfahren in der Denkmalpflege

Der Autor befasst sich kurz mit den Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie in der Denkmalpflege und stellt sich dann insbesondere auf das Lichtschnittverfahren in der Denkmalpflege ein. Das Institut für Erzforschung hat einige Gerätetypen für diese Arbeiten entwickelt, die im Bericht beschrieben werden. Der letzte Typ aus dem Jahre 1969 ermöglicht eine sehr gute Ausnutzung des Gerätes. Der Autor hat seine Genauigkeit untersucht und sehr günstige Erprobungsergebnisse erreicht. Mit Hilfe dieses Gerätes wurden Profile von Kellerräumen, Laubengängen, Formen von Säulen u. a. bestimmt, um die breite Anwendungsmöglichkeit dieses Gerätes zu beweisen, was aus dem reichhaltigen Bilderteil des vorliegenden Berichtes ersichtlich ist.

Relevé des monuments historiques, obligation internationale

par le Dr. HANS FORAMITTI,
Bundesdenkmalamt, Wien, Autriche

C'est pour moi un honneur et une joie que de pouvoir aujourd'hui, dans le cadre de cette importante manifestation internationale, dégager quelques aspects de la photogrammétrie au service du patrimoine culturel.

Nous connaissons bien l'intérêt apporté à ces problèmes par nos amis tchèques, et j'ai déjà eu l'occasion, lors d'autres rencontres dans leur pays, de présenter, dans ce domaine, quelques expériences de notre administration autrichienne.

Une première fois, j'ai décrit mes essais d'intervention active dans le développement des instruments, pour la mise au point d'un matériel de mesures spécialement adapté à la protection des monuments historiques. J'avais, en conclusion, donné des indications pratiques et fait part de nos travaux avec l'équipement de la maison Carl Zeiss pour la photogrammétrie terrestre.

Dans un deuxième compte rendu, j'ai étudié les services rendus par les méthodes photogrammétriques ainsi simplifiées dans l'étude et la conservation des anciens noyaux urbains. Enfin, j'ai pu, dans un troisième exposé, établir la place importante prise par la photogrammétrie, grâce à cet équipement spécialisé, dans la rationalisation des activités des Monuments Historiques. Cette rationalisation joue, comme on l'a vu, un rôle essentiel pour l'intégration de la conservation dans le mouvement général d'essor économique.

Ce faisant, nous avons souligné les caractéristiques techniques de notre équipement, en insistant sur le rapport du format et de la focale, l'élargissement du „cas normal“ à celui des prises de vues inclinées et des prises de vues à axe horizontal non perpendiculaire au plan de référence, sur la base horizontale et verticale, et la restitution avec le calculateur-correcteur pour les prises de vues inclinées.

Les expériences autrichiennes montrent clairement qu'une grande partie des relevés à effectuer ont intérêt à l'être par les services des Monuments Historiques eux-mêmes, utilisant à cet effet des appareils spécialement étudiés dans ce but.

Encouragés par ces résultats, les services français et turcs des Monuments Historiques ont récemment décidé d'adopter eux aussi cette méthode et ces mêmes appareils.

Un tel équipement permet généralement d'assumer environ 80 % des tâches. Si l'on tient compte du fait que ces dernières augmentent, par suite de

l'apparition de nouveaux appareils, de façon considérable avec le même personnel, les 20 % restant représentent une masse de travaux aussi ou plus importants que l'ensemble des tâches avant l'introduction de la photogrammétrie. Il s'agit donc de répartir au mieux les 20 % pour lesquels la photogrammétrie ne s'avère pas rentable. L'expérience autrichienne et française a montré que le plus rationnel était de les distribuer de façon judicieuse entre des services continuant à employer les méthodes classiques de mesures directes et des institutions photogrammétriques spécialisées et disposant du personnel et de l'équipement nécessaires à des tâches de grande envergure. Il reste acquis que 80 % des travaux sont assumés par les services des Monuments Historiques eux-mêmes grâce à leur équipement spécialement adapté.

Il est vite apparu qu'en appliquant systématiquement la photogrammétrie, il faudra, dans ces conditions, pour le seul relevé des biens immeubles des vieilles cultures européennes — aux fins de la revitalisation économique et sociologique des anciens quartiers — 20 à 40 ans. Mais comme, par ailleurs, on reconnaît de plus en plus la valeur universelle et indivisible du patrimoine culturel, on attend d'archives monumentales qu'elles tiennent compte de cette universalité. Il faudra donc fixer par photogrammétrie les mobiliers et aménagements des biens immeubles, les vestiges archéologiques, les objets de collections artistiques, techniques, historiques, etc.

Ce n'est donc pas seulement au nom de la culture, mais aussi pour des raisons d'économie générale que l'ancien Ministre Fédéral de l'Instruction, considérant qu'un petit pays comme l'Autriche ne pouvait se permettre de renoncer aux avantages de la photogrammétrie pour la conservation, a autorisé l'achat de nouveaux instruments et augmenté le budget prévu à cet effet.

Et depuis le milieu du siècle dernier, il n'a pas manqué d'exemples prouvant qu'on avait su reconnaître l'intérêt de la photogrammétrie pour la protection des biens culturels: les archives de Meydenbauer, les essais belges après la deuxième guerre mondiale, un Institut en URSS, le développement d'un département de photogrammétrie au Bundesdenkmalamt, et tant d'autres initiatives analogues en Angleterre, en France, en Turquie, etc. Avec les années, les instruments ont été perfectionnés, les méthodes simplifiées, et il ne s'agit plus de discuter

de leurs avantages, mais, pour chaque pays, de la manière la plus rapide et la plus rationnelle d'en profiter.

Ceci ne veut pas dire que le sujet soit épuisé, et nous espérons bien le montrer.

La façon de procéder des services des Monuments Historiques dans les différents pays dépend pour une très grande part de la notion de monument, ou plutôt de „bien culturel“, qui y a cours, ainsi que de l'importance accordée à ce bien culturel parmi les biens dont la conservation est considérée d'intérêt public. Les critères, en ce qui concerne l'intérêt public, ne sont pas seulement d'ordre purement artistique ou culturel, mais englobent également les possibilités d'utilisation. Des manifestations internationales, comme celle qui nous réunit aujourd'hui, montrent bien que tout progrès scientifique ne peut plus être considéré que comme un approfondissement des connaissances de l'humanité tout entière. Ces connaissances influencent à leur tour la notion de monument et de bien culturel ainsi que la valeur qu'on leur attribue. En ce sens, les chances et les dangers de leur conservation sont sensiblement analogues dans tous les pays, et mènent à des mesures semblables, actuellement considérées comme particulièrement indiquées.

Ne sous laissons pas leurrer par des résultats contradictoires, par des controverses scientifiques et des discussions. Des éléments communs et indiscutables, qui forment de plus en plus la base des interventions pratiques, confèrent au bien culturel une place toujours plus grande dans l'attitude de l'homme en face de son entourage, et jouent un rôle sans cesse croissant dans la position de l'individu à l'intérieur de la communauté active. Ceci vaut aussi bien pour la protection des biens culturels que pour les autres domaines (pollution des biens culturels, pollution de l'air, inconvénients du bruit, hygiène mentale, etc.). Mais la protection des biens culturels se trouve dans une situation privilégiée parce qu'elle touche à des valeurs particulières, comme le souligne entre autres la Convention de la Haye de 1954 pour la protection de ces biens en cas de conflit, qui est comme une „Croix Rouge“ du patrimoine artistique et historique.

Sont encourageants également toute une série de recommandations internationales et les succès des centres internationaux de formation, comme celui de Rome. Au niveau régional, au Conseil de l'Europe, dans les états d'Amérique Latine, etc. la formation internationale est favorisée par les échanges de professeurs, l'accord de bourses d'études, la création de cours multinationaux et supra-nationaux, l'élaboration de directives, de recommandations et même de conventions.

On parvient ainsi à rapprocher les points de vue et à montrer les possibilités d'adaptation. De cette façon se crée une sorte de droit coutumier international ouvrant la voie à des modes d'action analogues.

De plus en plus, ce mouvement pénètre la jurisprudence des législations nationales, souvent anciennes, et crée les prémices d'ordonnances plus

modernes. Des décisions interministérielles et administratives ont là matière à d'inépuisables activités.

Le principe de l'indivisibilité du patrimoine culturel de l'humanité signifie, qu'un monument de moindre importance en soi, se voit conférer, en tant que partie d'un ensemble (noyau urbain par exemple), une valeur plus haute, rejoignant celle d'un monument isolé du plus grand intérêt.

Combien de bâtiments sont ainsi soumis pour la première fois à l'étude des chercheurs, à l'attention de l'administration et aux mesures pratiques des institutions responsables de la conservation du patrimoine culturel! Le fondement de ces divers intérêts est formé par le relevé de ces éléments, jamais inventoriés jusqu'ici.

On ne saurait donc s'étonner que les différents pays s'efforcent de réaliser un inventaire de leurs biens culturels. Vu le nombre des objets nouveaux à inventorier, l'établissement de simples listes et d'inventaires sommaires se heurte déjà à de grandes difficultés.

Mais se n'est là qu'un premier stade. Celui-ci une fois atteint, il faut viser la réalisation de l'inventaire dit scientifique. Il s'agit cette fois d'une documentation aussi complète que possible, comprenant toutes les informations voulues, et surtout celles qui permettront de protéger l'objet en question contre de multiples dangers, et sont nécessaires pour assurer à l'héritage culturel la place de choix qui lui revient dans l'évolution sociologique de l'humanité.

La réalisation d'un tel vœu ne saurait être que progressive. Les premiers pas vers l'élargissement de l'inventaire sommaire s'efforceront de rassembler, avec un minimum de personnel et de frais, un maximum d'informations, et de les stocker de telle façon qu'un nombre aussi grand que possible d'experts des domaines les plus variés y trouvent une base objective et sûre pour leurs travaux.

Le photogramme transmet, avec la plus haute objectivité et la plus grande exactitude, sans aucune interprétation préconçue, sans perte d'informations, et pour les usages les plus différents, la forme apparente, en même temps qu'environ 200.000.000 de points mesurables par modèle. Le photogramme saisit l'ensemble dans son entier, sans omettre d'éléments pouvant être considérés comme des parties de l'indivisible objet de protection et d'intérêt, le „bien culturel“. De très simples inventaires administratifs peuvent devenir, par l'adjonction de photogrammes, des documentations déjà très riches en renseignements, et atteindre peu à peu, souvent sans autre visite des lieux, le niveau suivant d'intégralité.

Ce deuxième pas concerne certaines déductions sur l'état de conservation et la constatation de défauts et de détériorations ainsi que des moyens d'y remédier (grâce à la mesure des déformations, et à l'interprétation de la forme transmise par le photogramme), considérations de style, observation de la circulation, curetage, protection anti-feu, etc. (en

partie par photographie et photogrammétrie aériennes).

Il est bien évident que les informations supplémentaires nécessaires au troisième pas, qui mène à la réalisation d'un inventaire d'art bien documenté, exigent de nouveaux déplacements, et un plus long travail de la part des experts. Il est étonnant de voir à quel point la photogrammétrie accélère le passage de l'inventaire sommaire à l'inventaire complet. Cette accélération est particulièrement nécessaire lorsque les objets se voient menacés par des dangers soudains et très aigus, aux suites difficilement prévisibles. Les normes juridiques et les mesures devant être prévues pour les dangers normaux qui menacent habituellement le patrimoine culturel, celui-ci se trouverait plus ou moins sans protection devant de telles situations d'exception.

Ces situations se présentent malheureusement plus souvent qu'on ne le pense, lors des catastrophes, périodes de crises, incendies, etc. Il serait véritablement tragique que dans de tels cas on ne dispose que d'une liste des monuments isolés les plus importants. On ne trouverait plus alors que la mention de quelques éléments du patrimoine détruit, reconnus comme chefs-d'œuvre, sans indications supplémentaires. La science chercherait en vain des renseignements utilisables sur les autres parties de l'ensemble disparu, dont l'existence même ne pourrait être prouvée. Les administrations se verraient contraintes de renoncer à certains monuments, dans l'impossibilité de réparer les parties incomplètement détruites ou éventuellement de les restaurer partiellement, faute de données suffisantes pour une intervention rapide et efficace.

Comme dans toute ordonnance légale, l'identification des objets devant bénéficier d'une protection joue un grand rôle et pourra servir, dans les cas discutables, à prouver qu'un objet mérite effectivement d'être considéré comme digne de protection. Si cela est assez facile pour les grands monuments isolés, qui ont déjà fait l'objet d'une abondance bibliographique, une telle preuve ne sera souvent possible, pour les parties d'un ensemble en elles-mêmes de moindre importance, qu'à l'aide de documents photographiques.

Si ces photographies sont des photogrammes, on peut exiger des responsables la restauration ou la reconstruction. Si ces conditions ne sont pas acquies, on ne peut plus faire usage de ses droits. Et en tout cas, la photogrammétrie transmet aux générations suivantes la connaissance exacte des éléments disparus, indispensable au moment d'une restauration.

En ce sens, la création d'archives photogrammétriques des biens culturels devrait être considérée comme une obligation relevant du droit international par chacun des états ayant ratifié la Convention de la Haye pour la protection des biens culturels, comme c'est déjà le cas pour l'établissement de micro-films par les archives. Une telle obligation ne repose, il est vrai, que sur l'article 3, très général, de la Convention, mais les commissions d'experts sur l'usage de cette Convention, dont récemment celle de Zurich en 1969, se sont clairement

prononcées sur l'urgence de l'inventaire et de l'établissement d'archives photogrammétriques des biens culturels comme base essentielle de toute autre réalisation des devoirs posés par l'article 3.

Cette position est renforcée par les propositions soumises à la 4e assemblée générale de l'ONU en 1939, pour une conférence sur la protection des biens culturels, avec tous les textes explicatifs joints, ainsi que par les recommandations du Manuel de l'UNESCO (Musées et Monuments VIII) sur la protection des biens culturels.

La Suisse, par exemple, a même inclu la photogrammétrie dans la loi d'application de la protection des biens culturels. En Autriche, le Ministère compétent a demandé que le département photogrammétrique du Bundesdenkmalamt, service des Monuments Historiques, soit muni d'un équipement pour la restitution des photogrammes aériens. Il a fallu constater qu'une administration de conservation ne pouvait amortir de façon rationnelle un appareil restituteur de photogrammétrie aérienne, car, parmi les travaux incombant à son département photogrammétrique, le pourcentage de la photogrammétrie aérienne était trop faible. Seul $1/4$, plutôt même $1/5$ du prix d'achat d'un appareil restituteur de 2e ordre pouvait se justifier. En conséquence, il fallait acheter un appareil de 3e ordre qui, lui, s'avérait tout à fait approprié aux besoins de la photogrammétrie architecturale.

Le problème était donc d'équiper un appareil restituteur de photogrammétrie aérienne de haute précision avec une variété de focale aussi grande que possible, et cela sans engager les frais d'un appareil universel. L'instrument devait permettre de restituer directement des modèles de petit format, très courte focale, rapports base-distance de la photogrammétrie terrestre, donc avec un grand recouvrement.

L'auteur a proposé à cet égard deux nouvelles adaptations techniques à la maison Zeiss, qui les a réalisées en collaboration avec lui; les conditions nécessaires ont été obtenues en élargissant la gamme de variations de la focale du Planimat à l'aide de consoles soudées, qui permettent de placer sous les porte-clichés les fixations articulées des tiges matérialisant les rayons perspectifs homologues. $1/5$ des frais d'achat d'un tel appareil peut être amorti de façon satisfaisante par les restitutions aériennes demandées par le ministère, qui sont importantes mais en nombre réduit. Le reste des frais amorti, comme pour un terragraphe, par la restitution de prises de vues terrestres effectuées avec l'équipement spécial de photogrammétrie 9×12 , $f = 60$ mm. Cet instrument convient également à des instituts qui, bien que restituant surtout des photographies aériennes, voudraient à l'occasion amortir une partie de leurs frais d'achat en exécutant des restitutions pour des services de conservation, réalisant eux-mêmes leurs prises de vues terrestres. C'est en fonction de cela que le Planimat a été pourvu également d'un calculateur-correcteur pour vues inclinées.

Pour une administration de conservation des Mo-

numents Historiques le Planimat, ainsi doté de dispositifs supplémentaires terrestres, semble convenir surtout comme deuxième appareil, car, pour les prises de vues terrestres réalisées avec l'équipement spécial, le Terragraph reste le plus approprié en raison de sa gamme de grandes profondeurs par rapport à l'éloignement et par conséquent d'une meilleure exploitation des prises de vues inclinées de 70 G ainsi que par sa plus grande facilité de maniement par du personnel non spécialisé.

Pour le procédé mixte combinant la restitution stéréophotogrammétrique d'une part et le redressement des parties planes, d'autre part, il est en tout cas souhaitable, pour exploiter à fond un redresseur de la capacité du SEG V, d'employer parallèlement deux appareils restituteurs stéréophotogrammétriques. Etant donné que les ruelles étroites des vieilles villes présentent de nombreuses façades simples ou du moins relativement planes, qui conviendraient particulièrement à une restitution en photo-plan, il était regrettable que cette possibilité ne soit pratiquement donnée que pour les parties inférieures des façades. Les étages supérieurs, ne pouvant être photographiés que par prises de vues inclinées, devaient être restitués sous forme de stéréorestitutions, ce qui prenait infiniment plus de temps.

En adoptant des objectifs grand-angulaires pour des photos de petit format, on obtient de très courtes focales. Pour ces focales, les appareils de redressement actuellement sur le marché ne peuvent effectuer le redressement en une seule opération que pour des vues relativement peu inclinées. Même quand la focale est prolongée par l'agrandissement des photos dans le format le plus grand possible, les prises de vues inclinées de 30 G ne peuvent être redressées qu'en plusieurs opérations successives, d'où s'ensuit un amoindrissement non négligeable de la qualité photographique. La perte de temps 10 fois plus importante au moins, constatée dans la restitution stéréophotogrammétrique des clichés à prises de vues fortement inclinées, pourrait être évitée si au moins les prises de vues à 30 G, qui forment la majorité, pouvaient être redressées en une seule opération. Un tel redressement, d'une grande exactitude, permettrait au besoin, si les appareils spéciaux et plus rationnels se trouvaient endommagés ou inutilisables, et qu'il soit urgent de restituer des clichés en 9×12 de prises de vues inclinées, de la faire à l'aide d'autres instruments.

La construction, depuis longtemps recommandée, d'un petit appareil de redressement à réglage fixe pour les clichés en 9×12 , à prises de vues inclinées de 30 G, focale = 60 mm, à l'échelle $1/1$, sur un format 13×18 , à l'aide d'un objectif de haute précision, pratiquement sans distorsion, vient également d'être réalisée par la maison Zeiss.

Entre temps, et indépendamment de cela, l'Institut Géographique National a, de son côté, construit un appareil du même genre, qui n'est cependant pas doté d'objectif sans distorsion. Ces deux instruments vont désormais permettre de restituer rapidement la plupart des façades des vieilles ruelles

étroites, sans aucune perte d'informations. Dans les deux cas, la photographie est agrandie après coup à l'échelle du photoplan, et, au Bundesdenkmalamt, cet agrandissement ayant lieu sur le SEG V, on effectue les corrections éventuelles et le redressement dans la direction perpendiculaire à celle de l'inclinaison.

Ce sont, dans les deux cas, des dispositifs analogues, très simples, qui permettent, lors de la prise de vues, de garder le plan des plaques parallèle au plan de référence. Au Bundesdenkmalamt, on peut en outre, parce que l'agrandissement ultérieur se fait sur le SEG V, éliminer les dernières erreurs survenues du fait que le parallélisme n'était pas absolument parfait.

Les photoplans sont exécutés avec une grande exactitude grâce au deuxième redressement. L'appareil construit pour le Bundesdenkmalamt enlève tout son poids — et cela est déjà internationalement reconnu — au reproche qu'on a fait pour sa vulnérabilité à un jeu d'instruments spéciaux, parce que la restitution est limitée à un seul appareil.

Désormais, on peut considérer qu'à côté du Terragraph, le Planimat est lui aussi un instrument parfaitement adapté à la restitution des archives de photogrammétrie terrestre. Il reste toutefois particulièrement important qu'après le redressement sur le petit redresseur, on puisse utiliser pour la restitution des photogrammes, et même s'ils sont moins rentables, toute une série d'appareils ne disposant pas de calculateur-correcteur pour les inclinaisons, sans être obligé d'avoir recours à la photogrammétrie analytique, peu indiquée pour les monuments.

Ces deux nouveautés, et en particulier le petit appareil de redressement, ont déjà suscité un vif intérêt dans plusieurs pays, là surtout où les relevés sont urgents et doivent même précéder l'inventaire sommaire, encore inexistant. Parfois, c'est à partir des photogrammes qu'on établira les listes de monuments, mais on sent le besoin de restituer avant même que l'accumulation des archives décide l'administration à faire l'achat d'un restituteur ou à organiser une collaboration avec une institution spécialisée. Le petit redresseur peut alors rendre d'éminents services, surtout pour les monuments simples qui, souvent, constituent les ensembles.

Pour compléter ce tableau des dernières nouveautés, mentionnons rapidement que les SMK et TMK pourront dès à présent être équipées d'une gamme de lentilles supplémentaires réduisant la distance de prise de vues et permettant enfin de satisfaire le vœu des spécialistes des Monuments Historiques d'étudier par photogrammétrie des structures beaucoup plus fines qu'on ne pouvait le faire jusqu'ici.

En dehors de la nécessité d'un inventaire exhaustif des biens culturels, et dans le même ordre d'idées, il nous faut souligner encore une autre conséquence de la notion moderne de bien culturel et du fait qu'elle englobe toutes les réalisations culturelles de l'humanité.

Ce qu'on appelle le principe territorial — d'après

lequel le bien culturel doit être laissé là où il a été créé, comme expression d'une certaine culture, ou là où il a joué, ou joue, comme partie de cette culture, un rôle important — est très ancien. On cite toujours le passage de Polybe, 3e chapitre, 9e livre de „l'Historia Generalis“ qui l'introduit déjà en quelque sorte, en condamnant les vols d'œuvres d'art au cours des guerres, chose unique pour l'époque. Ce principe territorial reste valable pour nous en temps de paix. La solidarité de tous les pays en face de l'art est aujourd'hui bien établie.

A l'échelle régionale, le Conseil de l'Europe s'est montré très actif; sur le plan international, l'UNESCO a enregistré de grands succès et un nombre toujours plus grand de pays font de ces problèmes un nouveau sujet de discussion. La même tendance se fait sentir à l'ICOMOS.

En même temps que l'humanité prend conscience de l'universalité de son patrimoine et du respect dû à l'intégralité des ensembles, elle craint de voir des biens culturels disparaître, faisant ainsi perdre en partie leur sens et leur valeur aux éléments conservés. Ceci serait l'amoindrissement d'un héritage appartenant à tous.

Le vol des objets d'art ne ressort plus seulement de l'atteinte à la propriété, il détruit, en amputant les ensembles, des valeurs irremplaçables auxquelles prétend l'humanité. C'est un délit de droit international en même temps qu'une entorse aux diverses législations nationales.

Toute prescription, cependant, est vide de signification sans possibilité de menace et de sanction. Et là encore, il est nécessaire qu'on puisse rechercher et arrêter les coupables. Cette nécessité nous ramène à notre sujet: l'inventaire de la totalité de tous les biens culturels dans le cadre auquel ils appartiennent. S'il est facile de retrouver les très grandes œuvres d'art, après leur enlèvement, dès qu'elles apparaissent sur le marché, de les identifier de façon sûre avant de les replacer dans leur contexte, une telle affirmation, indispensable à des poursuites judiciaires, est beaucoup moins simple lorsqu'il s'agit des parties moins caractéristiques et moins précieuses d'un ensemble. Ces objets se ressemblent et existent en de nombreux exemplaires. L'ensemble, qui peut être fort précieux, perd de sa valeur par la disparition de ces éléments difficilement identifiables.

Le photogramme permet non seulement le tirage d'un agrandissement de détail qui fixe l'objet enlevé, éventuellement en stéréoscopie, avec quelques mesures, et forme une base idéale pour les recherches. Il garantit, lorsque l'objet est retrouvé, son identification absolue, même si l'objet est découvert loin de son lieu d'origine et si on ne peut faire des essais de remise en place, ou bien encore si l'entourage a disparu également. Bien des pays nouvellement ouverts au tourisme, et encore mal protégés, se plaignent de voir leurs œuvres d'art (sculptures, mosaïques, fresques, poteries) partir à l'étranger sans voie de retour. Même s'il a été modifié par la suite, il restera suffisamment de détail sur le photogramme pour l'identifier.

De toute façon, le photogramme restera une base sûre de recherches et d'études. Il représente, dans leur vraie relation, toutes les parties qui vont ensemble ou se sont agglomérées au cours du temps, et les soumet au spectateur dans une clarté presque tangible, tout en rendant possible d'en retracer et mesurer tous les détails.

La voie qui mène à ces documents représente une telle rationalisation qu'elle mériterait d'être suivie rien que pour l'économie de temps et de frais qu'elle entraîne. Si l'on considère que cet exposé traite uniquement du relevé des importants ensembles immeubles, comme étant la tâche la plus urgente et la plus étendue des 20 et 40 prochaines années, mais qu'il faut y ajouter les besoins de l'archéologie, de la préhistoire et de l'histoire ancienne, et compter également avec le relevé des biens culturels meubles, objets de collections folkloriques, techniques, artistiques, etc. on se fera une idée de l'étendue de cet inventaire des biens culturels. Un jeu d'instruments complet a été amorti en Autriche en une seule année. Le gain énorme de temps devient ensuite vraiment rentable.

Malgré cette augmentation de rendement et l'abaissement des frais de travail, il serait souhaitable qu'en raison des très grands besoins à satisfaire, le premier inventaire du patrimoine culturel soit terminé plus rapidement qu'en 20 ou 40 années. Comme en cartographie, il faut en effet prévoir une mise à jour des éléments périmés ou modifiés.

Considérant les besoins actuels et leur mise à jour périodique, ainsi que l'importance croissante des biens culturels pour l'intérêt public ou privé, nous aboutissons aux conclusions suivantes:

— Les tâches à assumer revêtent de façon permanente une ampleur telle qu'en s'y attaquant sans moyens rationnels on entraînerait un surcroît de frais indiscutables et un gaspillage des sommes fiscales indéfendables aux yeux des contribuables. Cette branche de l'administration doit donc absolument être rationalisée.

— La nature et l'étendue des besoins permettent, par ailleurs, des investissements à long terme, même importants, car il est assuré que les appareils, le personnel et l'organisation d'un service de photogrammétrie pour les Monuments Historiques sont nécessaires pour une très longue durée, tandis que les instruments eux-mêmes sont, comme le prouve en Autriche l'amortissement de l'équipement de base en une année — par rapport aux résultats obtenus, beaucoup moins coûteux que d'autres investissements du même genre.

— La crainte que dans quelques années soient éventuellement mis sur le marché de nouveaux appareils, dotés d'un rendement encore meilleur, ne semble pas devoir s'opposer à la création d'un service photogrammétrique avec les instruments existants.

Il faut, en effet, considérer, d'une part, que ceux-ci s'amortissent rapidement, et réfléchir, d'autre part, au temps nécessaire pour que les fabricants jugent rentable une nouvelle construction dans le domaine pour eux restreint de la photogrammétrie

terrestre, alors que le grand secteur de la photogrammétrie aérienne tend à un développement continu. Même s'il ne doit pas se passer 20 à 30 ans avant qu'ait lieu une grande transformation dans les instruments de photogrammétrie terrestre, et plus spécialement architecturale, on peut du moins compter que le jeu d'instruments actuellement mis au point ne sera pas périmé avant l'établissement du premier inventaire de tous les monuments importants.

— En ce qui concerne les besoins à combler, il ne s'agit pas, avec la documentation formelle des biens culturels, d'un besoin final en soi, permettant de satisfaire des souhaits supplémentaires ou marginaux, peut-être même accessoires, et dépendant de la réalisation d'autres conditions infiniment plus importantes. Il s'agit d'un besoin fondamental, qui forme la condition première de nombreuses et importantes mesures d'ordre économique et sociologique. Celles-ci sont à leur tour le fondement du développement économique, en particulier pour les régions possédant de vieux noyaux urbains, qui tirent du tourisme une partie de leurs ressources, comblant ainsi la marque qui les séparait jusque là des régions économiquement plus favorisées. De telles différences sont souvent conditionnées par la situation géographique et ne peuvent être aplanies

par des plans uniquement industriels ou commerciaux. Ainsi, pour les régions de moindre essor économique, la conservation des biens culturels sert davantage que la sauvegarde du patrimoine de l'humanité; ce sera l'occasion d'un développement local ou régional et d'une amélioration des conditions de vie. En dehors même de l'enrichissement représenté par un tourisme bien compris, ces biens culturels peuvent être exploités directement, comme éléments actifs d'une économie moderne; la loi Malraux et les succès déjà enregistrés dans ce domaine en sont la preuve. L'intérêt économique de la photogrammétrie est encore apparu tout récemment dans le grand secteur sauvegardé de Bordeaux, en France, où cette méthode a été adoptée pour des raisons budgétaires.

La photogrammétrie, appliquée à la conservation des monuments historiques, n'est donc pas seulement un moyen de rationaliser et d'améliorer le rendement des services administratifs; elle est aussi une condition essentielle de l'implantation concrète de la notion moderne de bien culturel, comme lien entre les peuples. Cette notion ne vient pas supprimer celles de monument historique ou d'ensemble artistique; elle les replace dans un ordre de valeurs plus élevé.

All the assets quoted might be achieved if highly economical photogrammetric procedures are applied in the next 20 — 40 years.

Surveying Historical Monuments as International Duty

The Austrian experience proves that measurements of historical monuments should be done by the care of historical monuments itself and by means of instruments specially developed for this purpose. As much as 80 per cent of all the work can be done in this way, because, with the same number of workers, the productivity increases by 150 times if those instruments are used. The importance of photogrammetry has been appreciated since the mid-19th century (Meydenbauer Archives, etc.). Nowadays, great efforts are being made to inventarize historical monument, which can be well complied with by photogrammetry, because the photo-maps provide a great deal information. All the cultural countries are obliged to establish photogrammetric archives as follows from the Hague Convention on Preservation of Monuments of Culture. For making the working procedures as rational as possible the highly effective short-focus instruments and plotting devices with some improvements introduced by the Opton's (the F. G. R.) according to the author's proposal should be applied in the field work. The National Geographic Institute (l'Institut Géographique National) in Paris has also been engaged in developing plotting instruments suitable especially for compiling the bases of the house fronts in narrow streets. In addition to this, photogrammetry proves to be an excellent instrument for compiling basic documents on objects of art. It thus enables to identify some objects (things) even in case they were stolen and modified.

РЕЗЮМЕ

Измерение памятников как международная обязанность

Опыт в Австрии показывает, что съемочные работы объектов-памятников старины должны производиться собственными силами охраны памятников, и именно при применении приборов специально для этой цели построенных. Таким образом можно изготовить почти 80 % всех работ, так как при применении этих приборов возрастает при одинаковом числе работников количество до 150x. Важность фотограмметрии признается уже с половины 19 века (архив Мейденбауера и т. д.). В настоящее время появляется повышенное стремление к инвентаризации памятников, для чего отлично служит фотограмметрия, так как фото-план содержит высокое количество информации. Организация фотограмметрических архивов является обязанностью всех культурных стран, что вытекает из конвенции в Гааге об охране культурных памятников. Для возможности поступать самым рациональным способом при этих работах, надо использовать приборы с высокой мощностью для работ на местности, с коротким фокусным расстоянием, и приборы для обработки, с введением некоторых улучшений западно-германской фирмой Оптон по предложению автора. Конструированием подходящих приборов для обработки занимался и Национальный географический институт (l'Institut

Geographique National) в Париже; эти приборы являются подходящими для документации фасадов в узких улицах. Фотограмметрии можно отличным способом применить и при документации художественных предметов, которые можно всегда и после приспособления после случайной кражи легко идентифицировать. Все преимущества приведенные в докладе можно выполнить при применении высоко экономичных фотограмметрических методов в следующие 20—40 года.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Vermessung von Baudenkmalern als internationale Pflicht

Österreichische Erfahrungen beweisen, dass die Vermessungsarbeiten für Baudenkmalern durch eigene Kräfte der Denkmalpflege unter Ausnutzung speziell dazu hergestellter Geräte ausgeführt werden sollten, weil durch Anwendung dieser Geräte die Arbeitsquantität bei gleicher Mitarbeiteranzahl bis 150mal steigt. Die Wichtigkeit der Photogrammetrie wird bereits seit der Hälfte

des 19. Jahrhunderts anerkannt (Meydenbauers Archiv u. s. w.). Zur Zeit äussert sich eine gesteigerte Bemühung um die Denkmälerinventarisierung, was für die Photogrammetrie nützlich ist, weil ein Bildplan eine grosse Anzahl von Informationen bietet. Die Gründung photogrammetrischer Archive ist eine Pflicht sämtlicher Kulturstaaten, was durch die Haager Konvention über den Schutz der Kulturdenkmäler gegeben ist. Um bei diesen Arbeiten am rationellsten vorzugehen, müssen hochleistungsfähige Geräte für die Arbeiten im Gelände mit kurzer Brennweite sowie Auswertungsgeräte, mit einigen von der westdeutschen Firma Opton, auf Vorschlag des Autors durchgeführten Verbesserungen, angewendet werden. Mit der Konstruktion geeigneter Auswertegeräte, die für die Dokumentation von Fassaden in schmalen Gassen geeignet wären, hat sich ebenfalls das Nationale Geographische Institut (l'Institut Géographique National) in Paris befasst. Die Photogrammetrie bewährt sich auch gut bei der Dokumentation von Kunstgegenständen, die immer, auch im Falle von einer Umänderung bei eventueller Entwendung, leicht identifiziert werden können. Alle im Bericht angeführten Vorteile können bei einer Anwendung der wirtschaftlichen photogrammetrischen Methoden in den nächsten 20 bis 20 Jahren realisiert werden.

Progrès et évolution de la photogrammétrie appliquée aux relevés architecturaux

par MAURICE CARBONNELL, Ingénieur,
Institut Géographique National, Paris

En juillet 1968, le Conseil International des Monuments et des Sites (ICOMOS) tenait à Paris son premier colloque sur la photogrammétrie appliquée à l'architecture (1—2). Quelques mois plus tard, en octobre 1968, le Premier symposium géodésique sur le relevé des monuments historiques réuni à Prague, accordait une place importante aux travaux photogrammétriques (3). Depuis lors, l'essor de la photogrammétrie architecturale et archéologique s'est encore accru et nous voulons présenter quelques aspects caractéristiques de cette évolution.

Méthodes et équipements

Grâce au Colloque de l'ICOMOS, les idées se sont précisées sur les conditions d'application des méthodes photogrammétriques aux différents types de relevés (4—5). Parallèlement, les constructeurs se sont efforcés d'adapter les appareils de prise de vues et de restitution à ces conditions.

1° — Une première catégorie de relevés est celle des relevés simples et rapides, devant avoir un caractère surtout expressif. Destinés à des avant-projets, à des études préliminaires, ils admettent d'assez larges tolérances sur la précision, 5 % par exemple sur les longueurs principales. Toutes les méthodes photogrammétriques sont applicables à ce type de relevés. Mais il convient de souligner ici l'intérêt croissant du redressement qui, de façon rapide et peu onéreuse, permet d'établir un relevé sans doute métriquement imparfait mais qui a la

valeur d'un constant de l'état de l'édifice et qui satisfait les besoins des architectes et des conservateurs dans la première phase de leurs travaux.

Les possibilités des grands appareils redresseurs (SEG. V, E. 4 Rectimac etc.) sont cependant limitées et d'autant plus que la focale de la chambre photographique est courte. Or, qu'il s'agisse de monuments considérés isolément (intérieurs et extérieurs) ou de „développements de façades“ dans les rues des centres urbains historiques (les „secteurs sauvegardés“ selon la terminologie employée en France, voir fig. 1), le manque de recul oblige souvent à utiliser des chambres de petit format et à incliner fortement l'axe optique. La solution consiste alors à systématiser les conditions de prise de vues, comme le Dr. Foramitti l'a recommandé pour les photographies stéréoscopiques, en inclinant l'axe d'un angle constant (30 grades ou 30 degrés par exemple), même s'il s'agit de photographies isolées, et en prenant soin de placer l'axe optique dans un plan perpendiculaire au plan moyen de l'élément architectural relevé. Deux instruments doivent alors compléter l'équipement photogrammétrique:

— un viseur permettant d'orienter convenablement la chambre métrique: alidade ou lunette, avec autocollimation sur une glace placée contre la façade; — dispositif à miroir, avec lequel l'orientation se fait sur une horizontale élevée de l'édifice; — viseur optique sur verre dépoli portant une grille perspective sur lequel l'orientation peut être assu-

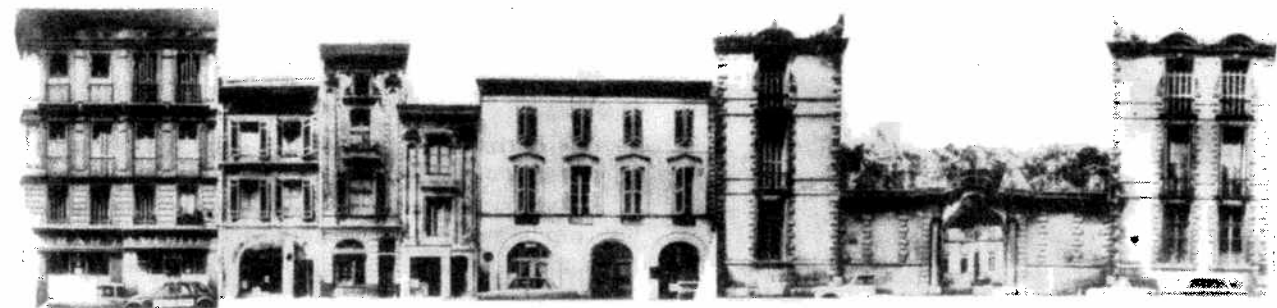


Fig. 1. Développement de façades d'une rue étroite de Bordeaux, obtenu par assemblage de photographies redressées. Prise de vues avec une chambre Zeiss-TMK selon

un axe systématiquement incliné de 30 grades. (Photo IGN)

rée sur l'ensemble des horizontales et des verticales du sujet. Un viseur du second type a été réalisé par Carl Zeiss. Des dispositifs des premier et troisième types ont été construits par le Centre de Photogrammétrie Architecturale et Archéologique de l'Institut Géographique National français.*)

— un redresseur simplifié adapté à des vues systématiques inclinées prises avec une chambre donnée. Pour une inclinaison de 30 grades et la chambre Zeiss-TMK, le CPAA a construit un tel redresseur. La Société Carl Zeiss a également réalisé un prototype pour le Bundesdenkmalamt de Vienne; un modèle plus élaboré est en cours de fabrication, dont des photographies ont été présentées au Symposium de la Commission V de la Société Internationale de Photogrammétrie (Paris, 21 — 22 Septembre 1970).

2° — Un deuxième groupe, le plus important, est formé par les relevés architecturaux détaillés et précis destinés à des travaux de restauration, de mise en valeur et à des études scientifiques, notamment des études sur les techniques de construction et sur les tracés directeurs. Ce groupe comprend

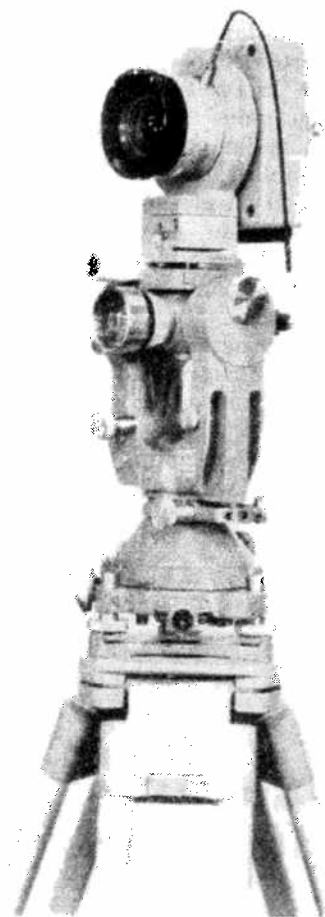


Fig. 2. La nouvelle chambre métrique Wild P-32 (f = 65 mm) montée sur un théodolite T. 2. (Photo Wild)

*) désigné dans les pages suivantes par CPAA

lui-même toute une gamme de relevés selon l'importance, les dimensions, la complexité de l'édifice, selon l'échelle du document que l'on veut établir, selon la plénitude du relevé, réduit aux lignes essentielles de l'architecture ou traité dans ses moindres détails.

Mais dans tous les cas, on sait que, pour des raisons de simplification de la prise de vues et surtout de la restitution stéréophotogrammétrique, ainsi que pour des raisons de rendement et d'économie, on s'efforce de généraliser d'application de ce que les photogrammètres appellent le *cas normal*, c'est-à-dire un schéma de prise de vues dans lequel les axes optiques sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la base, celle-ci étant elle-même parallèle au plan de référence du relevé à établir. Aussi, qu'il s'agisse de chambres doubles stéréométriques ou de chambres simples, munies d'un viseur coudé permettant une orientation sur la deuxième station, les constructeurs se sont-ils efforcés de présenter des équipements de prise de vues réalisant le cas normal et des appareils de restitution simplifiés adaptés à ce cas.

Aux appareils déjà en service en 1968, il convient d'ajouter la chambre Wild P. 32 de focale 65 mm, de format 6,5 X 9 cm, qui peut être montée, soit sur un théodolite T. 2 (fig. 2), soit sur une embase basculante; cette chambre est dérivée des chambres stéréométriques C-120 et C-40. Il faut également mentionner les nouveaux modèles de chambres individuelles de l'Officine Galileo qui complètent les séries de chambres stéréométriques déjà produites par cette firme.

Le Colloque de l'ICOMOS de 1968 avait également confirmé la distinction qu'il convient de faire entre les relevés des petits ou moyens monuments, qui entrent dans les travaux courants de la conservation, et les relevés de grands édifices qui posent des problèmes plus ardues en raison de la nécessité de maintenir entre l'échelle des photographies et l'échelle de la restitution un rapport qui ne soit pas trop petit sous peine d'obtenir un mauvais tracé et de perdre beaucoup de détails. Aussi convient-il, dans ce dernier cas, d'employer des chambres de plus grand format, tout en conservant un grand champ. La nouvelle chambre de Jena, UMK 10/1318, répond à ce besoin: avec une focale de 100 mm, elle couvre un format 13 X 18 cm, le grand côté de la plaque pouvant être disposé horizontalement ou verticalement et l'axe optique pouvant être calé à un site de 0 ou de 100 grades. Cette chambre comporte un dispositif pour réaliser le cas normal et un cercle horizontal de haute précision qui permet de mesurer toute autre orientation (fig. 3).

Les chambres nouvelles dont nous venons de parler ont toutes été présentées au Symposium de la Commission V de la S.I.P. Des équipements construits par certaines firmes japonaises semblent être maintenant disponibles. Mais, à la date de rédaction de ce rapport, nous manquons d'informations à leur sujet.

A vrai dire, pour répondre à tous les besoins des relevés photogrammétriques d'architecture, il est

indispensable de disposer d'une gamme de chambres de différentes focales et de différents formats. Au CPAA, par exemple, où l'on a, pendant des années, utilisé des chambres 13 X 18 cm de focale 150 mm et des chambres 18 X 18 cm de focale 125 mm, construites à l'IGN même, la gamme des appareils a été étendue par l'achat de chambres Zeiss TMK et SMK-120, d'une chambre UMK 10/1318 de Jena, et par la fabrication d'une chambre 18 X 18 cm de focale 300 mm (Objectif SOM-Orthor). D'autres équipements sont envisagés.

Cette diversité des chambres métriques ne simplifie pas la restitution, pour laquelle il convient de disposer d'appareils ayant de grandes possibilités en ce qui concerne les focales tout en maintenant une course en z (profondeur) importante. Sur notre recommandation, appuyée par le Dr. Foramitti, la Société Carl Zeiss a conçu un dispositif additionnel permettant d'utiliser le Planimat pour la restitution de clichés 9 X 12 cm pris avec une focale de 60 mm (TMK ou SMK). Le Planimat ainsi modifié, dont il existe un exemplaire au Bundesdenkmalamt d'Autriche et un exemplaire au CPAA (fig. 4), permet la restitution de tous clichés, de 55 à 305 mm de focale; il peut recevoir d'autre part des inclinaisons en site et convergence atteignant ± 5 grades. Prochainement enfin, les deux services mentionnés ci-dessus recevront un calculateur d'inclinaison qui, interposé entre le restituteur et le coordinatographe, permettra la restitution des photographies prises avec un site de 30 grades, comme cela existe déjà sur le Terragraph. Pour les clichés autres que les clichés 9 X 12 cm, le Planimat présente toutefois l'inconvénient de ne pas accepter de recouvrements importants, cas le plus fréquent



Fig. 3. La nouvelle chambre métrique UMK-10/1318 de Jena (Photo VEB Carl Zeiss Jena)

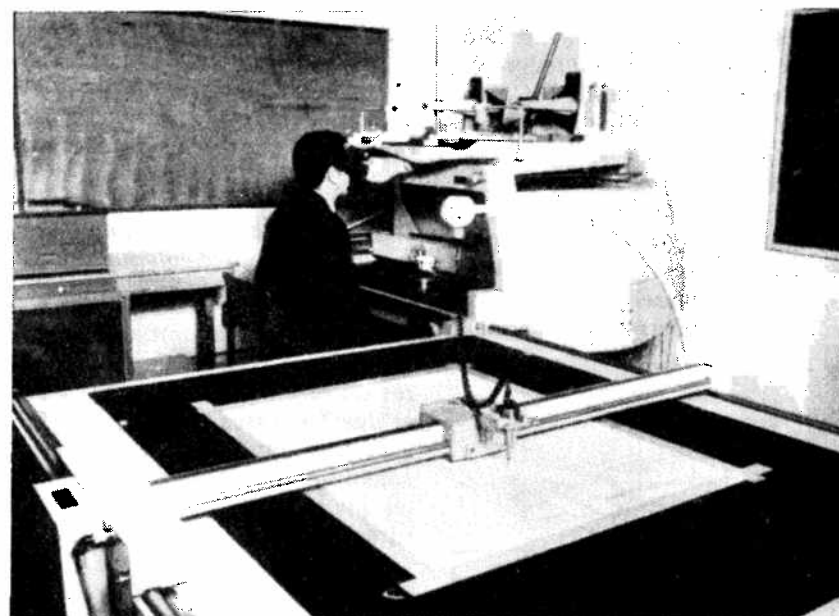


Fig. 4. Appareil de restitution Planimat de Carl Zeiss. Oberkochen, utilisé pour un relevé architectural. (Photo IGN)

en photogrammétrie architecturale. Mais ce problème, actuellement à l'étude, sera certainement résolu prochainement.

Il est certain que l'autographe Wild A. 10, dont le prototype a été présenté au Congrès International de Photogrammétrie de Lausanne, en juillet 1968, est particulièrement bien adapté à la photogrammétrie terrestre et aux relevés architecturaux par sa gamme étendue de focales (de 85 à 305 mm), par les faibles rapports base/éloignement qui peuvent être introduits (recouvrement de 80 % pour toutes focales et tous formats jusqu'à 24 X 24 cm) et par sa grande course en z (90 à 320 mm). Sans doute, au revanche, n'a-t-il plus l'universalité de l'autographe A. 7 en ce qui concerne les sites et les convergences, mais il convient de remédier — au moins en partie — à cet inconvénient par l'emploi de chambres grand angulaires.

Plus limité dans ses possibilités, mais intéressant cependant par sa simplicité et son prix modeste, est le récent Technocart de Jena. Cet appareil reste conçu uniquement pour le cas normal (avec de très légères possibilités en convergence) et peut recevoir des photographies dont les focales varient de 55 à 215 mm, tandis que la profondeur en z s'étend de 35 à 350 mm. Nous manquons toutefois, à l'heure actuelle, d'informations suffisantes sur ce nouvel appareil.

Ce rapide bilan montre que, en deux années, les équipements de prise de vues et de restitution adaptés à la photogrammétrie architecturale se sont très nettement accrus. Cet accroissement est de très bonne augure au moment où, comme nous le verrons plus loin, l'intérêt porté aux possibilités de la photogrammétrie appliquée aux relevés des monuments et des sites connaît un essor certain.

3° — Dans ce qui précède, il s'agit principalement de relevés graphiques (ou photographiques). Les méthodes numériques ou analytiques ont déjà donné d'intéressants résultats pour l'étude de bâtiments nouveaux, notamment pour des études sur maquettes à partir desquelles sont établis les plans de l'édifice à construire. On connaît, dans ce domaine, les remarquables travaux du Professeur Klaus Linkwitz, de Stuttgart.

Mais les méthodes numériques ou analytiques ne semblent guère avoir été employées pour l'étude de monuments anciens (sauf peut-être pour l'étude de certaines déformations, accidentelles ou volues, telles que les corrections perspectives conçues par

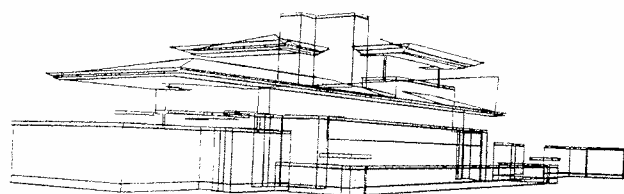


Fig. 5. Tracé automatique d'une perspective d'un édifice à partir d'un relevé photogrammétrique analytique. (Document de l'Université de Washington).

l'architecte pour donner à son œuvre une „forme apparente“ plus harmonieuse). Aussi convient-il d'accorder beaucoup d'attention à des recherches telles que celles qui sont conduites actuellement au Département d'Architecture de l'Université de Washington (USA), sous la direction du Professeur David L. Bonsteel. Il s'agit à partir de photographies métriques stéréoscopiques, de visualiser graphiquement des perspectives d'un édifice vu de différents points de vue, l'édifice étant évidemment réduit à ses lignes essentielles (fig. 5). L'équipement nécessaire comprend trois éléments: un restituteur, un ordinateur, une table traçante. Une des particularités des travaux de l'Université de Washington est d'utiliser un appareil qui regroupe les trois éléments, l'Analytical Plotter AP/C.

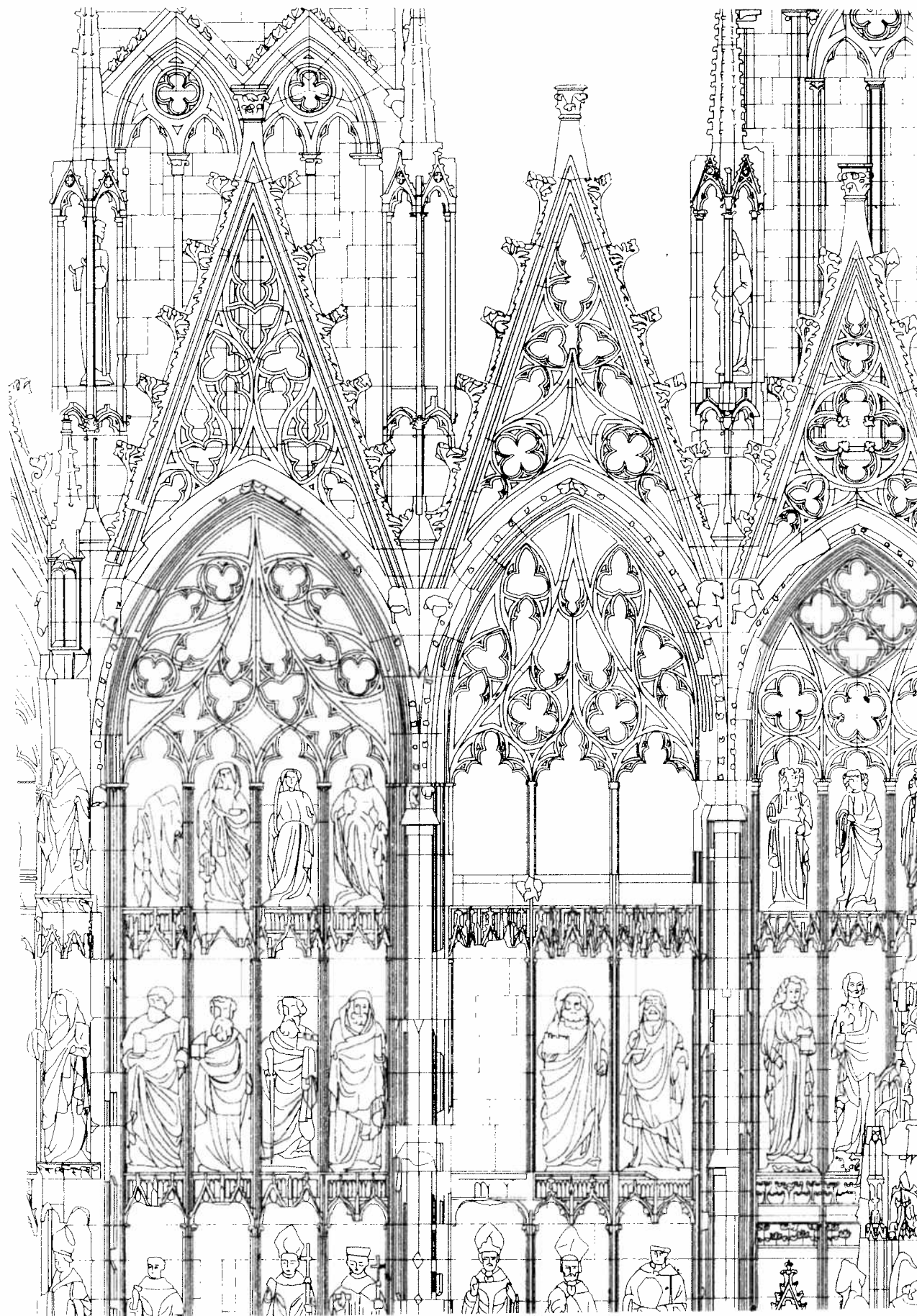
Ces travaux concernent actuellement des édifices relativement simples. Mais la méthode peut s'appliquer aussi bien à un monument historique complexe, si l'on veut étudier ses grandes lignes architecturales, son „volume“, ses rapports avec son environnement plus ou moins immédiat, que cet environnement soit actuel ou futur. Pour toute étude d'intégration d'un bâtiment nouveau dans un ensemble monumental ancien, les méthodes de la photogrammétrie analytique conduisant à des tracés automatiques s'imposent. Elles permettent même de mieux visualiser encore le „paysage“ actuel ou futur par la construction de „stéréogrammes analytiques“ dont l'étude est en cours au CPAA.

Seules enfin, ces méthodes permettent de passer du monument ou de l'ensemble architectural au centre urbain, traité à partir d'une „banque de données“ établie photogrammétriquement, banque de données exprimant, par les coordonnées XYZ de tous les points caractéristiques, le „volume construit“. Ces points caractéristiques toutefois sont fort nombreux et, à notre connaissance, aucune méthode satisfaisante ne permet actuellement de construire les perspectives d'un milieu urbain vu de différents points de vue, comme cela se fait couramment pour les projets autoroutiers. Aussi le CPAA a-t-il recherché dans une première phase, avec le concours d'architectes, une autre voie d'étude sur laquelle nous reviendrons ultérieurement.

Les travaux du Centre de Photogrammétrie Architecturale et Archéologique (CPAA) de l'Institut Géographique National (France)

En France, deux initiatives doivent être signalées. En premier lieu, un service du Ministère des Affaires Culturelles, l'Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France, a décidé d'adopter les méthodes photogrammétriques pour constituer des archives techniques et pour établir les plans graphiques qui complètent la description littéraire et la documentation photographique relative

Fig. 6. Fragment du relevé photogrammétrique à l'échelle de 1/50 de la façade de la cathédrale de Rouen. (Document IGN — Centre de Recherches sur les Monuments Historiques)



ves à chaque monument ou objet inscrit à l'inventaire. Cette décision est importante. L'Inventaire, qui se trouve en face d'une tâche énorme, a choisi les procédés les plus modernes pour y faire face: l'informatique pour le traitement des innombrables informations recueillies, et la photogrammétrie pour toutes les données métriques et les tracés de plans, coupes et élévations (6). Les Commissions régionales de l'Inventaire sont donc progressivement équipées de matériel de prise de vues (Zeiss TMK et SMK), tandis que les restitutions et les redressements sont confiés au CPAA.

La deuxième initiative française est l'institution, en avril 1970, d'un *Conseil Scientifique de Photogrammétrie Architecturale et Archéologique*. Ce Conseil qui s'est donné pour président le Directeur de l'Architecture au Ministère des Affaires Culturelles, comprend des représentants de tous les services publics concernés (monuments historiques, fouilles archéologiques, musées, inventaire, commission des

fouilles à l'étranger, recherche scientifique, équipement, urbanisme, etc.). Il a pour mission de promouvoir l'application des méthodes photogrammétriques, de stimuler les recherches et l'enseignement, de coordonner les travaux entrepris ou commandés par les différents services.

Le CPAA de l'Institut Géographique National doit recevoir, en ce qui concerne l'aspect architectural et archéologique de ses travaux, les directives et les orientations de ce Conseil. L'activité du CPAA s'est exercée, depuis 1968, dans différents domaines.

1° — Un certain nombre de relevés répondent au désir de constituer des *archives photogrammétriques* de monuments importants et d'établir, à partir de ces archives, des *restitutions graphiques aussi poussées que possible*, permettant toute étude de restauration et toute recherche sur l'architecture de ces édifices, notamment sur les tracés directeurs. Après l'achèvement du relevé extérieur complet de la cathédrale de Strasbourg, la grande façade occi-

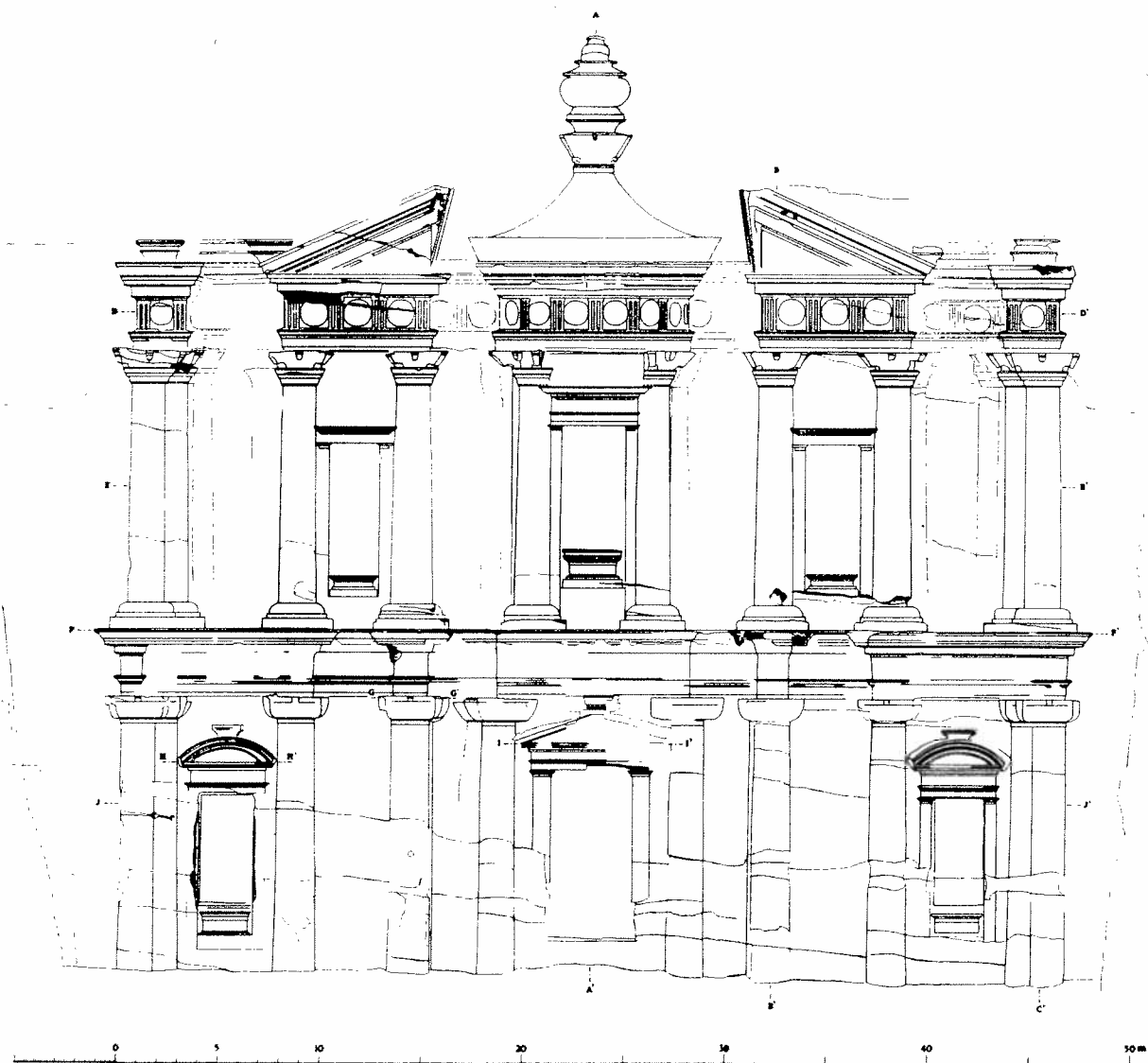


Fig. 7. Relevé du tombeau Ed Deir, dans le site de Pétra (Jordanie). Echelle du document original: 1/100. (Document IGN-UNESCO)



Fig. 8. Tombeau Ed Deir (Pétra, Jordanie). Redressement photographique. (Photo IGN-UNESCO)

dentale de la cathédrale de Rouen a été traitée dans cet esprit (fig. 6).

Dans cet esprit aussi, ont été effectuées les restitutions des parties les plus anciennes de la Basilique de Saint-Denis, près de Paris: le narthex, la crypte et le déambulatoire, œuvres magnifiques voulues par Suger à l'aube des temps gothiques.

A cette même catégorie appartiennent les relevés de nombreux monuments du site de Petra, en Jordanie (fig. 7 et 8) effectués sur contrat avec l'UNESCO en 1969 — 1970 (7). C'est par l'UNESCO également que le CPAA est chargé du relevé d'un des sites les plus prestigieux, l'Acropole d'Athènes (prises de vues: mars — avril 1971).

2° — Les demandes les plus nombreuses portent sur des *relevés partiels nécessaires à des travaux plus ou moins urgents de conservation*. Il s'agit souvent d'églises dont les murs, les piliers et les voûtes ont subi d'importantes déformations et pour lesquelles il faut établir des élévations, des coupes verticales dans différentes directions et des coupes horizontales à plusieurs niveaux: églises Saint Michel des Lions à Limoges, Saint Pierre et Saint Maclou à Bar-sur-Aube (fig. 9), Saint Nizier à Lyon, Saint Pierre à Beaulieu-sur-Dordogne, Saint Thomas

à Strasbourg, etc. Les techniques photogrammétriques ne peuvent pas toujours, à elles seules, suffire à l'établissement de ces relevés dans lesquels les méthodes topométriques (géodésiques) ont parfois aussi une part importante, surtout lorsqu'il faut relier entre elles, dans un même système de coordonnées trirectangle, des parties intérieures et extérieures de l'édifice. Mais cette juxtaposition des deux types de techniques, qui se complètent, est dans l'ordre normal des choses et permet d'obtenir, avec un maximum d'efficacité, les résultats les plus complets. Le premier symposium de Prague, en 1968, avait d'ailleurs parfaitement souligné tout l'intérêt de cette association des méthodes topométriques et photogrammétriques et de l'adaptation de la part accordée aux unes et aux autres à chaque cas particulier.

3° — Pour l'Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France, le CPAA exécute des restitutions par redressement [notamment par redressement systématique à 30 degrés] lorsqu'il s'agit d'éléments relativement plan, au par stéréophotogrammétrie. Les méthodes de prise de vues ont été codifiées de façon très simple pour un rendement maximal et un allègement des processus,



Fig. 9. Eglise Saint Pierre de Bar-sur-Aube. Relevé photogrammétrique en vue de travaux de restauration. Echelle du document original: 1/50. (Document IGN — Centre de Recherches sur les Monuments Historiques)

puisque ces prise de vues sont confiées à des opérateurs qui ne sont ni géomètres, ni photogrammètres: emploi systématique du cas normal avec axes horizontaux ou inclinés de 30 grades, mesures réduites à quelques mesures de longueurs. La restitution, faite à l'échelle de 1/100 — alors que la plupart des autres travaux du CPAA sont à 1/50 ou à une échelle supérieure — est dépouillée, ne comportant que les lignes architecturales, complétée par l'appareil ou

par le décor uniquement lorsque ces éléments jouent un rôle dans la structure de l'édifice. Le Secrétaire Général de l'Inventaire a parfaitement bien défini les travaux photogrammétriques de son service par l'expression „reportage photogrammétrique“, mais un reportage étendu à tous les monuments, au sens très large du terme, inscrits à l'inventaire, et pour lesquels les clichés enregistrés avec les chambre TMK et SMK jouent à la fois le rôle d'archives pho-

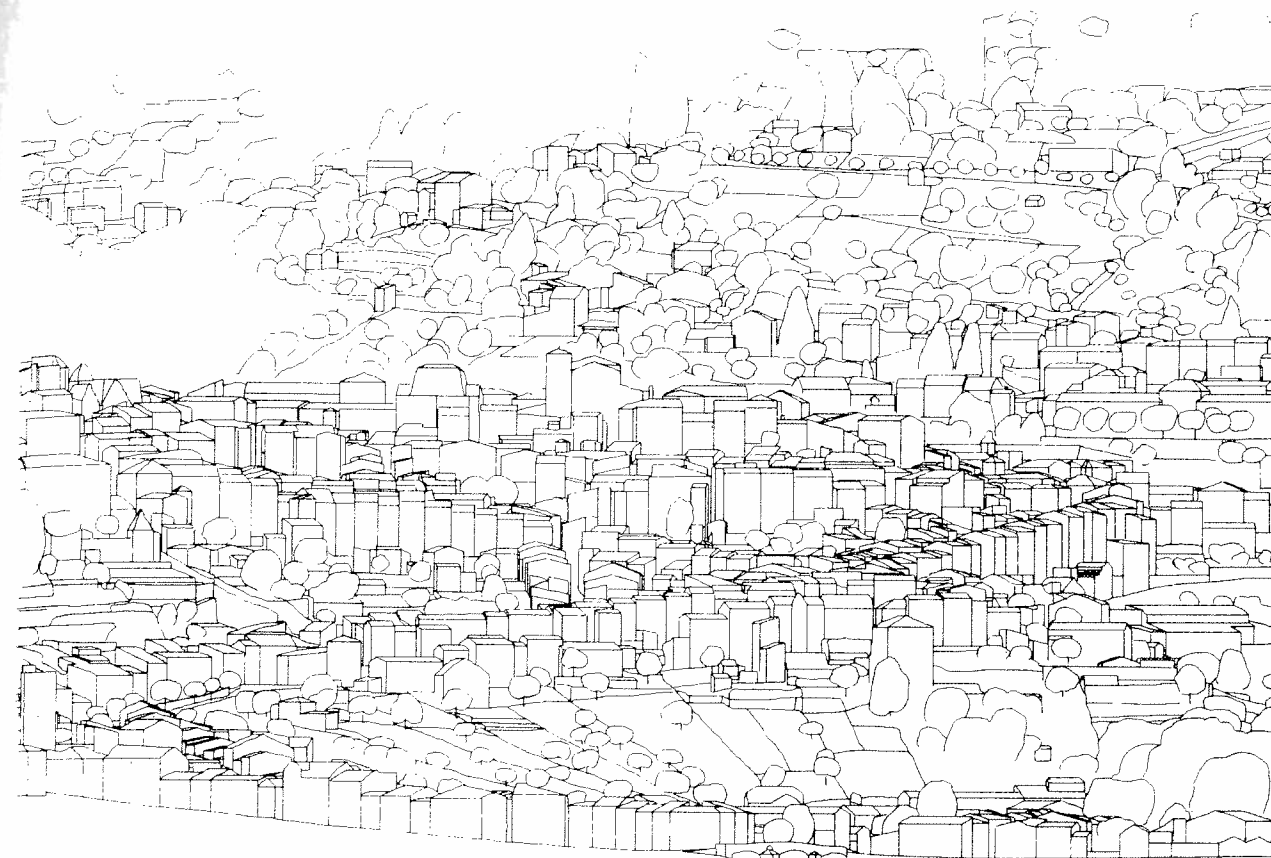


Fig. 10. Fragment d'une élévation de la ville de Thiers obtenue par restitution stéréophotogrammétrique. (Document IGN)

togrammétriques et celui de documentation photographique.

4° — *L'étude des sites* constitue un quatrième domaine d'activité du CPAA. Elle s'imposait avec évidence dans le cas des monuments de Petra, puisque l'on sait que les temples nabathéens de ce lieu ont été taillés dans les parois d'un grandiose cirque rocheux. Des vues d'ensemble permettant de restituer ces parois et leurs temples ont donc été prises. Mais sous quelle forme convient-il de faire cette restitution? Outre les relevés en plan et en coupes, toujours indispensables, les élévations d'un ensemble architectural ou d'un site, si elles offrent une image inhabituelle et parfois déroutante, semblent être des documents particulièrement intéressants pour l'analyse de cet ensemble ou de ce site. Le CPAA avait expérimenté cette représentation en 1968 lors du relevé de la forteresse seldjoukide de Qalaat Djabar en Syrie (8). Cette expérience a été poursuivie, comme il vient d'être dit, à Petra. Enfin, un essai du même genre a été tenté, en accord avec des architectes-urbanistes, sur la vieille ville de

Thiers, construite en étages sur une crête descendant vers la Vallée de la Durolle (fig. 10).

Il s'agit donc de véritables „élévations“ d'une ville, projections de l'ensemble bâti sur des plans verticaux de différentes directions. Ces projections sont obtenues par restitution analogique de photographies aériennes de la ville. Actuellement, la restitution, faite dans les coordonnées x et z de l'appareil, nécessite des prises de vues adaptées à chaque plan de projection choisi. Les résultats sont remarquables et les architectes pensent qu'ils sont d'un grand intérêt pour l'étude de masse d'un ensemble urbain et pour l'analyse des possibilités d'intégration d'édifices nouveaux sans détruire l'harmonie de cet ensemble.

Ces méthodes — surtout appliquées aux centres urbains — sont toutefois d'une application longue et il convient d'en poursuivre l'amélioration vers une plus ou moins grande automatisation. Le CPAA les considère comme une première étape dans l'application de la photogrammétrie à l'étude des sites et des centres urbains historiques.

Le Comité International de Photogrammétrie Architecturale

Dans différentes régions du monde, les progrès réalisés depuis 1968 dans l'adoption des méthodes photogrammétriques par les services responsables du patrimoine architectural ancien sont remarquables.

Notre propos n'est pas de dresser ici un bilan de ces progrès. Nous nous efforcerons de le faire dans la première synthèse que publiera le Comité International de Photogrammétrie Architecturale et qui prendra le relais du rapport que nous avons établi en 1968 pour l'ICOMOS et la Société Internationale de Photogrammétrie (2). Nous devons, pour terminer, présenter ce Comité, auquel la Société Tchécoslovaque pour la Science et la Technique a fait l'honneur de confier le patronage du 2ème Symposium Géodésique sur le relevé des monuments.

Le Comité International de Photogrammétrie architecturale a été organisée conjointement par l'ICOMOS et par la Société Internationale de Photogrammétrie. Il fonctionne comme l'un des comités internationaux de l'ICOMOS. Il est composé de huit membres:

— quatre membres représentant l'ICOMOS:

Prof. C. Erder (Turquie), chef du Département de restauration, Faculté d'Architecture, Ankara

Dr. Ing. H. Foramitti (Autriche), architecte-conservateur, chef du Département de Photogrammétrie du Service des Monuments Historiques, Vienne

Mr. R. W. Mc Dowall (Grande-Bretagne), Commission Royale des Monuments Historiques, Londres

M. L. A. Petrov (URSS), directeur des Ateliers centraux de Restauration, Moscou

— quatre membres représentant la S. I. P.:

Ing. en chef M. Carbonnell (France), chef du Service de Photogrammétrie et du Centre de Photogrammétrie Architecturale et Archéologique de l'I. G. N., Paris, président du Comité

Ing. M. Jiřinec (Tchécoslovaquie), chef des Services techniques de l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments historiques et de la nature, Prague

Prof. Dr. F. Löschner (Allemagne), directeur de l'Institut de Géodésie et de Photogrammétrie d'Aix-la-Chapelle

Prof. Gén. G. Schmiedt (Italie), Institut d'Archéologie de l'Université de Gênes.

Le Comité a tenu sa première réunion les 18 et 19 juin 1970, à Paris. La deuxième réunion aura lieu à Prague, immédiatement après le Symposium de Brno, grâce à l'amabilité et au chaleureux accueil des autorités tchécoslovaques.

Le Comité s'est fixé pour tâches essentielles:

1° — de recueillir et de diffuser toutes les informations relatives à photogrammétrie architecturale et archéologique: méthodes et équipements, travaux effectués, enseignement, bibliographie. A cette fin, un réseau de membres correspondants a été constitué. Il est demandé à ces membres d'adresser au Comité toutes les informations en leur possession. En échange, il leur est envoyé une publication annuelle, synthèse de tous les rapports reçus. Bien entendu, le Comité fonctionne en étroite coordination avec l'ICOMOS et l'ISP, et en particulier avec les comités nationaux de l'ICOMOS et les sociétés nationales de photogrammétrie. Le rapport annuel sera d'autre part publié dans le bulletin de la Société Française de Photogrammétrie.

2° — de patronner des études techniques pouvant faire progresser la photogrammétrie architecturale. Le premier thème retenu est le suivant:

„Application de la photogrammétrie à la conservation des monuments menacés par les agents naturels d'érosion, d'altération et de destruction: — étude d'ensemble de l'évolution des structures, avec une attention particulière aux monuments situés au contact immédiat de la mer ou d'une rivière; — étude fine de l'état de surface des matériaux in situ, dans toutes les parties du monument“;

3° — d'organiser des colloques;

4° — de publier un document annuel d'information générale (voir 1°), des rapports sur les études techniques, une brochure sur les possibilités de la photogrammétrie architecturale, etc.

5° — d'apporter son concours, en ce qui concerne la photogrammétrie, au Centre de Documentation de l'ICOMOS qui doit fonctionner prochainement à Paris avec l'aide de l'UNESCO.

Convaincu que les progrès de la photogrammétrie appliquée aux relevés des monuments et des sites exigent une coopération constante des architectes, conservateurs, historiens d'art et photogrammètres, le Comité souhaite une très large collaboration internationale à ses travaux.

(Saint-Mandé, le 1er janvier 1971)

Bibliographie

(1) ICOMOS: *Colloque sur la photogrammétrie appliquée aux monuments historiques* (Saint-Mandé, 4. — 6. juillet 1968).

(2) Carbonnell M.: *L'histoire et la situation présente des la photogrammétrie à l'architecture* (Colloque de l'ICOMOS, juillet 1968).

(3) Société Tchécoslovaque pour la Science et la Technique. *Premier symposium géodésique sur le relevé des monuments historiques* (Prague, 15. — 18. octobre 1968).

(4) Foramitti H.: *La photogrammétrie au service des conservateurs*. Centre International d'Etudes pour la Conservation et la Restauration des Biens Culturels, Rome, 1969.

(5) Carbonnell M.: *Introduction à l'application de la photogrammétrie aux édifices et aux ensembles monumentaux anciens*. Monumentum, IV, 1969, p. 3 — 35.

(6) Carbonnell M.: *La photogrammétrie dans l'inventaire*, Saisons d'Alsace, n° 33 — 34, 1970, p. 59 — 64.

(7) Hottier P.: *Photogrammetric Survey of Petra* (Jordan), rapport n° 2053/BMS. RD/CLT, 1970 (UNESCO).

(8) Carbonnell M.: *Relevé photogrammétrique des monuments et sites du Haut-Euphrate* (République arabe syrienne), rapport UNESCO n° 581/BMS. RD/CLT, 1968.

SUMMARY

The Development of Photogrammetry as Applied in the Field of Surveying Architectures

The author starts his paper with the methods and instruments for simple measurements when bases of preliminary plans and studies are needed, and gets as far as precise and detailed measurements for providing bases of renovation and restoration procedures. New instruments developed in the German Democratic Republic, the Federal German Republic, Switzerland and other countries for providing photogrammetric pictures and their plotting are of great interest for preservation of historical monuments. The use of numerical and analytical methods will have to be investigated as well. In the second part of the paper the activities of the Photogrammetric Centre for Archeology and Architecture (C.P.A.A.) by the National Geographic Institute (l'Institut Géographique National) are dealt with, e. g. measurement of the external wall of the Cathedral in Strassbourg, the great western front of the Cathedral in Rouen, and measurements abroad, in Jordan, Greece, etc. The Photogrammetric Centre compiles even bases of preservation procedures for the General Inventory Centre of Architectures and Monuments of Art, and, finally, it assists the urban architects in investigating memorable places. In the conclusion the paper gives information on establishing the International Committee on Architectural Photogrammetry (Comité International de Photogrammétrie Architecturale) and describes the Committee programme.

РЕЗЮМЕ

Развитие фотограмметрии в отрасли измерения архитектур

Автор исходит из методов и оборудования приборами для простых измерений для скорого получения основ предварительных проектов и работ и продолжает по точное и детальное измерение в качестве основ для обновления и работ по реставрации. Вновь разработанные приборы фирм ГДР, ФРГ, Швейцарии и других для изготовления фотограмметрических снимков и для их обработки являются для охраны памятников старины очень нужными и желательными. Надо будет уделять внимание и численным и аналитическим методам. В следующей части описываются (ЦПАА) работы совершенные фотограмметрическим центром для археологии и архитектуры при Государственном фран-

цузском географическом институте (l'Institut Géographique National), напр. измерение внешних стен соборов в Штрассбурге, измерение большого западного фасада собора в Руэне и вне границ Франции, напр. в Иордане, Греции и т. п. Фотограмметрический центр совершает и работы в качестве основы для работ по консервации для Генерального центра инвентаризации строительных и художественных памятников, и дальше производит в сотрудничестве с архитекторами изучение достопримечательных мест. В заключении приводятся в докладе информации об учреждении международного комитета по применению фотограмметрии в архитектуре (Comité International de Photogrammétrie architecturale). Автор нас ознакомляет с его программой.

ZUSAMMENFASSUNG

Entwicklung der Photogrammetrie im Fachgebiet der Architekturenvermessung

Der Autor beschreibt die Methoden und die Geräte-ausrüstung für einfache Vermessungen für eine bereitfertige Besorgung von Unterlagen vorläufiger Projekte und Studien bis zur präzisen und ausführlichen Vermessung, die als Unterlage für die Erneuerung und Restaurierungsarbeiten dient. Neuentwickelte Geräte der Firmen in der DDR, der BRD und der Schweiz und weiterer, für die Herstellung photogrammetrischer Aufnahmen sowie für deren Auswertung, sind für die Denkmalpflege sehr wichtig und wünschenswert. Aufmerksamkeit verdienen auch die numerischen und analytischen Methoden. Im weiteren Teil werden (CPAA) Arbeiten, die vom Photogrammetrischen Zentrum für Archeologie und Architektur beim Französischen Staatlichen Geographischen Institut (l'Institut Géographique National) ausgeführt werden, beschrieben, z. B. das äussere Mauerwerk der Kathedrale in Strassburg, die grosse westliche Fassade der Kathedrale in Rouen und auch andere ausserhalb Frankreichs, z. B. in Jordanien, Griechenland u. a. Vom Photogrammetrischen Zentrum werden auch Arbeiten als Unterlage für Konservierungsarbeiten ausgeführt, wie z. B. für das Generalinventar der Bau- und Kunstdenkmäler sowie auch für das Studium von Denkmalorten in Zusammenarbeit mit den Architekten-Urbanisten. Abschliessend wird im Bericht über die Gründung des Internationalen Ausschusses für die Ausnutzung der Photogrammetrie in der Architektur (Comité International de Photogrammétrie architecturale) und über sein Programm informiert.

La photogrammétrie et la protection des monuments en Tchécoslovaquie

par l'Ingenieur JOZEF PETRÁŠ, Candidat ès sciences,
du Laboratoire scientifique de photogrammétrie,
Ecole polytechnique Slovaque à Bratislava

1 — Remarques préliminaires

Les problèmes de levé des monuments sont particulièrement étendus. Ils s'efforcent tout d'abord d'enregistrer l'état des recherches archéologiques par une représentation géométrique des objets groupés de manière plus ou moins fortuite jusqu'à la représentation géométrique des monuments architecturaux créés d'après des lois rigoureuses tout en tenant compte, non seulement des intentions subjectives des auteurs, mais aussi des déformations ultérieures dues à un vieillissement progressif naturel, à l'utilisation de ces monuments à travers les siècles, etc. Lors du levé de tels monuments, il importe de saisir leur état actuel avec toute la précision possible. Les tolérances de la précision requise sont établies, en règle générale, par les instructions relatives au levé de tels monuments. En Tchécoslovaquie, ce sont les „Instructions relatives au Levé de Monuments historiques et des sites naturels protégés“ publiées par l'Administration centrale de Géodésie et Cartographie de Prague en 1966.

Ces instructions, qui sont motivées par le but auquel la documentation métrique doit servir, dictent l'échelle de la documentation graphique et l'économie du travail. Dans des cas spéciaux, notamment s'il s'agit de travaux d'études, on choisit des critères de précision plus sévères, qui permettent d'étudier le monument donné au point de vue des lois de construction ou, par exemple, sous le rapport des imprécisions appliquées par l'auteur en vue d'obtenir un effet esthétique particulier, etc.

Lors du levé de monuments il importe, dans la plupart des cas, de lever les plans des bâtiments à trois dimensions avec tous des détails qui jouent un rôle décisif dans la protection de monuments et dans l'élaboration de la documentation métrique. Cette dernière est exécutée en représentation à deux dimensions, sous forme de plans, élévations et vues de profil, complétés de sections horizontales et verticales aux niveaux et directions caractéristiques. La représentation à deux dimensions répond à l'usage actuel des plans dessinés d'architecture et offre une clarté suffisante. Elle exige cependant que les différentes élaborations soient parfaitement har-

monisées et permettent de s'y reconnaître facilement. Pour mieux exprimer l'état actuel des monuments et pour en obtenir une vue d'ensemble complexe, il convient aussi d'avoir recours à une documentation photographique, en noir ou en couleurs. Il est vrai que le caractère linéaire de la documentation métrique fournit une image géométrique précise, il lui manque cependant le climat qui environne le spectateur ainsi que tous les détails et circonstances. C'est ce qui manque à une image géométrique austère qui, de plus, est plus ou moins généralisée du fait de la représentation graphique limitée dans une certaine mesure. Le haut pouvoir séparateur de l'émulsion photographique, la richesse des nuances grises des photographies en noir et, le cas échéant, la richesse de la présentation en couleurs offrent la possibilité d'obtenir un ensemble de détails, même peu importants, permettant de bien représenter le cadre entourant le monument.

Les avantages de la documentation photographique sont notoires et suppléent quelquefois à la documentation graphique.

2 — Evolution de l'utilisation des méthodes photogrammétriques pour le levé de monuments en Tchécoslovaquie

Il est bien connu que les méthodes photogrammétriques tirent parti des avantages de l'épreuve photographique pour l'utilisation comme une image objective de la réalité. Leur utilisation dans la protection de monuments dépendait de l'évolution de la photogrammétrie et de l'équipement photogrammétrique existant.

Les documents dont nous disposons prouvent que, sur le territoire de la République tchécoslovaque, on utilisait progressivement toutes les méthodes photogrammétriques pour le levé de monuments historiques. Ainsi, à l'époque 1920 — 1930 c'étaient surtout les professeurs Růžička, Pantoflíček et Semerád qui propageaient la méthode de photogrammétrie par intersections. Vers 1930, le professeur Semerád utilisa, pour la première fois, la méthode de photogrammétrie à image isolée pour le levé de la façade de l'église de Vranov nad Dyjí. A cette époque, on a aussi employé, pour la première fois,

la stéréophotogrammétrie pour le levé de la coupole de l'église Saint-Nicolas à Malá Strana de Prague (auteur: professeur Fiker).

Une importante évolution, qualitative et quantitative, de la documentation métrique a eu lieu en général après la seconde Guerre mondiale. Les autorités publiques consacrent aux monuments historiques des soins spéciaux. Le budget de l'Etat prévoit chaque année des sommes importantes à la protection, la reconstruction et à la conservation des monuments. On a aussi augmenté de manière très appréciable les fonds destinés aux recherches archéologiques, en a augmenté le nombre et la superficie des sites naturels protégés par l'Etat. Proportionnellement à ces tâches, on a augmenté aussi le nombre d'institutions et travailleurs appelés à s'occuper de la protection complexe de monuments culturels et de sites. En 1958, on a créé les Institutions d'Etat de la Protection de Monuments et de Sites, l'un pour la Bohême et la Moravie, l'autre pour la Slovaquie. En 1959, on a créé les Centres régionaux de la Protection de Monuments et de Sites, établissements qui effectuent les travaux de protection des monuments architecturaux et des sites classés. A cette mission coopèrent, dans une large mesure, les établissements de l'Administration de Géodésie et Cartographie, les Institutions de projet, les Institutions des Académies des Sciences (tchèque et slovaque) ainsi que les chercheurs des grandes écoles. Les méthodes photogrammétriques, utilisées au levé des monuments historiques, prennent un nouvel essor à un niveau beaucoup plus élevé.

3 — Méthodes photogrammétriques et leurs caractéristiques

Pour dresser la documentation métrique des monuments architecturaux et des sites naturels classés, la photogrammétrie dispose à l'heure actuelle de nombreuses méthodes et de moyens très variés qui peuvent être appliqués alternativement, d'après le genre et l'étendue des travaux à exécuter, et d'après les desirs du client et les conditions locales.

Pour établir la documentation métrique de monuments architecturaux, les mieux appropriées sont les méthodes de la photogrammétrie terrestre. Il n'y a d'ailleurs rien d'étonnant à cela car il s'agit en effet de travaux très détaillés et très exigeants, au point de vue de la précision. La photogrammétrie terrestre, qui est l'une des méthodes de mesures minutieuses utilisées, est appréciée dans la documentation métrique des monuments architecturaux, surtout du fait que les vues prises horizontalement et verticalement (les plus utilisées dans la photogrammétrie terrestre) se prêtent bien à l'élaboration de plans de façades, de projections horizontales et de sections verticales.

Les avantages de la photogrammétrie aérienne ne peuvent être exploités qu'à la confection de plans planimétriques et altimétriques de localités très étendues, telles que les grands ensembles urbains et noyaux historiques des villes, les vastes enceintes de châteaux, les grandes localités archéologiques, etc. Il y a lieu encore de signaler que la photogrammétrie aérienne ne peut être utile que si la

localité, dont on se propose d'effectuer le levé, est suffisamment grande et étendue, parce que les frais des vols photogrammétriques, des opérations servant à déterminer la position des points de repère et de contrôle, ainsi que ceux de la manière assez coûteuse de l'interprétation des résultats, doivent être en rapport raisonnable avec les résultats obtenus.

L'expérience montre que les travailleurs des institutions de la protection de monuments attachent la plus grande attention à la méthode photogrammétrique dans les cas où il s'agit d'élaborer des plans de façades car, en effet, le levé par les méthodes géodésiques habituelles est pénible, exige beaucoup de temps et, très souvent, est même impossible. Par contre, la photogrammétrie se montre particulièrement utile pour les solutions de ce genre et améliore, dans une large mesure, l'efficacité du travail.

Les méthodes les plus intéressantes pour le levé d'une façade et pour la confection du plan correspondant, sont les deux méthodes suivantes:

— redressements optique et mécanique des clichés donnant le photoplan de la façade;

— levé stéréophotogrammétrique donnant le plan graphique linéaire de la façade en question.

Pour décider laquelle de ces méthodes sera appliquée dans le cas donné, on prend en considération, avant tout, la complexité, les dimensions, les abords et l'espace général du monument et, ensuite, l'équipement photogrammétrique dont on dispose pour la solution du problème.

La méthode la plus économique est celle du redressement, optique et mécanique des clichés. Les photoplans des façades, obtenus par application de cette méthode, constituent le plus important apport à la documentation métrique des monuments architecturaux: la confection de ces photoplans est très rapide et la quantité de renseignements, que comporte la reproduction photographique, n'est nullement négligeable. De plus, il est très facile d'exécuter, à partir d'un photoplan, en dessin linéaire; ce procédé est d'ailleurs utilisé dans la plupart des cas. Le seul obstacle, qui s'oppose à un emploi universel de cette méthode, est la complexité des façades; les déformations radiales, dues à la représentation perspective d'un cliché photographique, ne permettent pas d'appliquer cette méthode dans les cas de façades articulées en profondeur.

La méthode stéréophotogrammétrique est plus onéreuse et exige un équipement spécial mais, par contre, elle n'est nullement limitée par la complexité en profondeur des façades. Cette méthode est d'autant plus avantageuse que son emploi est universel; elle permet, en effet, non seulement d'exécuter un plan de la façade, mais de lever aussi des projections horizontales et des sections verticales.

La méthode stéréophotogrammétrique offre, pour le levé de monuments architecturaux, les deux possibilités suivantes:

— solution analogique s'appuyant sur l'utilisation d'appareils de restitution spéciaux, tels que le stéréoautographe, l'autographe, le stéréoplanigraphe et autres;

— solution analytique; dans ce cas, on détermine d'après les coordonnées photographiques mesurées sur le stéréocomparateur les coordonnées spatiales de différents points convenablement choisis du monument dont on effectue le levé.

Les avantages de la solution analogique résident dans le fait qu'elle permet de restituer directement le résultat sous forme de plan de la façade, de projection horizontale ou de sections verticales et, le cas échéant, de dresser directement le levé du plan planimétrique et altimétrique.

Les avantages de la solution analytique résident dans le haut degré de précision et le besoin relativement restreint d'appareils spéciaux. Si l'on dispose d'un ordinateur, il suffit d'avoir un stéréocomparateur qui mesure les coordonnées photographiques et un coordinatographe courant ou automatique qui porte les coordonnées des points dont on a effectué le levé.

4 — Exemples de documentation photogrammétrique

A l'élaboration de la documentation photogrammétrique coopèrent à l'heure actuelle tout d'abord, les services de l'entreprise nationale „Inženýrská geodézia“ (Géodésie du Génie); jusqu'en 1967, c'étaient les Institutions de Géodésie et de Cartographie de Prague, Pardubice, Brno et Bratislava. A ces travaux collaborent, en outre, les travailleurs des grandes écoles (Laboratoire de Photogrammétrie près la Chaire de Levé et de Cartographie de la Faculté du Bâtiment de l'Ecole technique supérieure du Prague, la Chaire de Géodésie et le Laboratoire scientifique de Photogrammétrie de la Faculté du Bâtiment de l'Ecole technique supérieure de Bratislava, la chaire de Géodésie de l'Ecole supérieure des Transports de Žilina, etc.).

Par rapport aux applications sporadiques de la méthode photogrammétrique de l'époque précédant la Seconde Guerre mondiale, le part que prend aujourd'hui la photogrammétrie dans l'élaboration de la documentation métrique des monuments architecturaux est particulièrement importante, notamment au cours de ces 12 ou 13 dernières années. On a effectué les levés de centaines de monuments et exécuté des milliers d'épreuves photogrammétriques. Permettre-moi de rappeler quelques uns des travaux les plus importants qui nous permettront de documenter la contribution de la photogrammétrie dans ce domaine. Il est certes impossible de donner, ici, un aperçu complet de ces travaux et ce ne serait même pas nécessaire. In s'agit avant tout d'architectures officielles, c'est-à-dire de châteaux, cathédrales, églises, couvents, etc.

On a exécuté, par exemple, par méthode de photogrammétrie à image isolée, les photoplans des façades des châteaux forts de Točnick et de Křivoklát, du château de Rychnov nad Kněžnou et de nombreux monuments dans la région de la Bohême de l'Est. Nombre d'édifices choisis ont été levés par cette méthode à Most et dans ses environs.

Prague, la capitale de la Tchécoslovaquie, est re-

nommée par la richesse de ses innombrables monuments architecturaux. Rien d'étonnant qu'on consacre de grands soins à leur entretien et à leur sauvegarde. Il va de soi, qu'à Prague la méthode photogrammétrique a été appliquée en rapport à l'importance de ces monuments. Ainsi, on a établi un grand nombre de photoplans en vue de vastes reconstructions du Château de Prague. Notons que le territoire protégé du Château de Prague couvre, à lui seul, une superficie d'environ 40 hectares. Le territoire d'intérêt restreint dans la région du Château de Prague est égal, à peu près, au quadruple de la superficie protégée, la large territoire d'intérêt atteignant une étendue à peu près 16 fois plus grande. Parmi les autres monuments importants de Prague, il y a lieu de mentionner les palais Kinský, Toskán et de nombreux édifices sur la place de la Vieille Ville. Parmi les édifices plus récents, notons la Gare principale, la Gare de Těšnov et autres.

En Slovaquie, l'application de la méthode photogrammétrique date de 1958 seulement. On a exécuté, pour la première fois, les photoplans des façades extérieures du Château de Bratislava à l'occasion de sa reconstruction. Ces clichés photogrammétriques ont été faits après des pluies de longue durée. Une étude approfondie des différents degrés d'humidité du crépi conservé a permis de déceler les modifications de construction réalisées lors d'anciennes reconstructions du château. Ce monument était presque une ruine depuis l'incendie qui l'a complètement détruit en 1811. Les autres édifices, dont on a exécuté les photoplans, sont les suivants: l'Académie Istropolitana de Bratislava, le dôme Sainte-Elisabeth de Košice, la cathédrale de Rožňava, le Théâtre national de Bratislava, les ruines du château fort de Děvín et des édifices dans la région du barrage de Liptovská Mara (église en bois de Paludza, église de Liptovská Mara, mairie de Parížovce, etc.).

La méthode stéréophotogrammétrique est plus laborieuse, c'est pourquoi on l'emploie notamment au levé d'édifices à façades compliquées en profondeur et des parties dangereuses. Cette méthode utilise la stéréophotogrammétrie terrestre et la méthode de stéréophotogrammétrie „quasi aérienne“ où les axes de prise se trouvent sur la verticale et peuvent être dirigés soit vers la haut, soit vers le bas.

Parmi les édifices traités de cette manière, citons par exemple le levé de la voûte de l'église Saint-Nicolas de Prague. Ce levé sus forme de plan en couches à intervalles de 5 à 50 cm ainsi que le profil numérique longitudinal, selon l'axe de la nef et cinq sections transversales, ont permis de préciser la théorie sur l'origine de ce monument unique de l'architecture de style baroque tchèque et, en outre, de déceler les déformations locales de la voûte.

Comme autres exemples, il y a lieu de mentionner: l'église de la Vierge Marie à Sedlec près de Kutná Hora, le château de Krašov dans le district de Plzeň-Nord, les monuments du district protégé de Znojmo et autres.

En Slovaquie, la méthode stéréophotogrammétrique a été appliquée au levé des ruines des châteaux de Topolčany, Beckov, Čachtice ainsi qu'au levé du château fort de Spiš, dont le district est le plus vaste de l'Europe centrale. Notons encore le levé du dôme Saint-Martin et celui des façades de l'hôtel Carlton de Bratislava.

Les méthodes photogrammétriques se font successivement jour, même en archéologie. On a ainsi levé par la méthode stéréophotogrammétrique les tombeaux qui se trouvent sous le plancher de l'église Saint-Venceslas à Ostrava. Dans cet ordre d'idées, il y a lieu de rappeler l'œuvre d'avant-garde de l'ingénieur Šimana, de l'Institut d'Archéologie de l'Académie tchèque des sciences de Prague, qui a introduit les méthodes photogrammétriques dans les recherches archéologiques.

5 — Remarques finales

Les exemples, que je viens de citer, montrent dans quelle mesure on applique en Tchécoslovaquie la photogrammétrie dans la protection de monuments. Il est possible de se familiariser de plus près avec certains exemples, cités ou non, à l'exposition organisée à l'occasion du symposium. Je me permets de les recommander à votre bienveillante attention.

En vue d'une exploitation ultérieure et encore plus complexe de la valeur documentaire des clichés photographiques et photogrammétriques dans la protection de monuments culturels, je me permets de formuler les quelques suggestions suivantes qui seraient, il me semble, particulièrement utiles.

1° — décréter dans les réglementations officielles relatives au levé des monuments historiques l'obligation d'élaborer une riche documentation photo-

graphique dans les cas où la documentation métrique est exécutée par les méthodes géodésiques;

2° — produire sans exception, outre toute autre documentation, des clichés stéréoscopiques ou même stéréophotogrammétriques de tous les monuments qui, pour des raisons sérieuses, doivent être détruits; il s'agit notamment de monuments d'art populaire;

3° — conserver un ensemble de photoplans originaux dans tous les cas où la documentation métrique est exécutée sous forme de photoplans blancs;

4° — avoir de préférence recours à la méthode de sections lumineuses transversales dans les cas de levé de monuments souterrains, naturels ou architecturaux, assez compliqués;

5° — prévoir un large échange d'expériences dans le domaine de la documentation métrique, tirer plus de profit des périodiques et revues actuels et, le cas échéant, envisager la publication d'un périodique auquel on pourrait garantir une large collaboration internationale.

Bibliographie

Fotogrammetrická dokumentácia stavebných pamiatok, záverečná správa výskumnej úlohy 02. 12 f, Vedecké laboratórium fotogrammerie SVŠT, Stavebná fakulta, Bratislava 1967 [Documentation photogrammétrique de monuments architecturaux, compte rendu final des problèmes mis en tâche].
Sborník I. Geodetické symposium a zaměřování památek (Recueil I. Symposium géodésique sur le levé de monuments). Státní ústav památkové péče a ochrany přírody, Praha 1968.

the author puts forward some proposals concerning a more thorough use of the high documentation value of photo-geographic and photogrammetric pictures.

РЕЗЮМЕ

Фотограмметрия охраны памятников старины ЧССР

При измерении памятников чаще всего идет об измерении трехмерных предметов со всеми подробностями, важными для охраны памятников старины, причем окончательные планы двухмерные как ситуации, планы, сечения и фасады для того, чтобы они предоставляли ясное изображение о трехмерном документированном объекте. Эту цель очень хорошо удовлетворяет фотограмметрия, которая у нас началась применяться уже в двадцатые годы этого века, и потом в боль-

шей мере после 1945 г., особенно в последние 10—15 годов. Доклад приводит удобность отдельных методов на местности и обработку снимков в лаборатории до аналогового решения. Приводятся примеры этой документации. В заключение приводит автор предложения для более комплексного использования высокого документационного значения фотогеографических и фотограмметрических снимков.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Photogrammetrie in der Denkmalpflege der ČSSR

Bei der Vermessung von Denkmälern handelt es sich am häufigsten um die Vermessung dreidimensioneller

Gegenstände mit allen für die Denkmalpflege wichtigen Details, wobei die endgültigen Pläne zweidimensionell als Grundrisspläne, Grundrisse, Schnitte, Fassaden so bearbeitet sind, dass sie ein klares Bild über das dreidimensionelle dokumentierte Objekt bieten. Zu diesem Zweck ist die Photogrammetrie gut geeignet und wird bei uns bereits seit den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts, grösseremassen dann nach dem Jahre 1945, insbesondere in den letzten 10—15 Jahren, angewendet. Der Bericht enthält weiter die Vorteilhaftigkeit der einzelnen Methoden im Gelände und die Bearbeitung der Messbilder im Labor bis zur Analogungslösung. Weiter werden Beispiele dieser Dokumentation angeführt. Abschliessend legt der Verfasser Vorschläge auf eine vollständigere Ausnutzung des grossen Dokumentationswertes der photogeographischen und der photogrammetrischen Bilder vor.

Mesurages des monuments d'architecture dans la RSS de Lituanie

par l'Arch. ROMUALDAS KAMINSKAS,
Directeur de l'Institut pour la Protection des Monuments LSSR et
Doc. ROMUALDAS VILŪNAS, Candidat ès sciences,
l'Université de Vilnius, LSSR

1 — Généralités

Il est impossible de dire quand les premiers mesurages de monuments d'architecture ont été effectués en Lituanie. Dans les années d'après guerre, avec l'intensification des travaux de conservation et de protection des monuments d'architecture et des recherches historiques, on découvre de plus en plus de vieux dessins de projets et de mesurages. La plupart de ces mesurages avaient été effectués en vue de préparer la documentation technique de reconstruction des bâtiments et édifices. Nous nous servons jusqu'à présent de cette documentation et de ces dessins. Par exemple, pour établir le projet de reconstruction de l'édifice du Musée Ethnographique à Vilnius (anc. Nouvel Arsenal XVe — XVIIIe siècles), on s'est servi de mesurages effectués au XIXe siècle. Pour le projet de reconstruction partielle de l'ancien Palais Représentatif de l'Evêché à Vilnius (actuellement Maison des Officiers, XVIIIe siècle), on a eu recours aux mesurages effectués aux XVIIIe — XIXe siècles, etc. Dans beaucoup de cas, les dessins exécutifs des projets de construction d'un édifice (actuellement classé parmi les monuments d'architecture) sont employés aujourd'hui comme dessins de mesurage. En exécutant les travaux de reconstruction partielle du Musée des Beaux-Arts à Vilnius (Hôtel de ville aux XVIe — XVIIIe siècles), on s'est servi du projet dont l'auteur est Stuoka-Gucevicius. A présent, nous utilisons ce projet comme dessin de mesurage.

Au début du XXe siècle, les travaux de mesurage ont pris un tout autre caractère. Outre les dessins de mesurage effectués à des fins purement pratiques (pour élaborer un projet de reconstruction), ils commencent à servir pour des travaux d'inventaire des monuments et pour des travaux scientifiques. L'inscription sur l'inventaire et le mesurage des monuments d'architecture sont surtout devenus indispensables avec le développement des travaux de leur enregistrement et protection. Les premiers mesurages, ayant pour but la protection des monuments d'architecture, ont été effectués en 1923. Depuis cette date, de grands progrès ont été réalisés dans le domaine du mesurage. La réforme agraire effectuée à l'époque avait eu pour résultat le démembrement des hameaux et des villages en fermes isolées, ce qui avait nécessité le déplacement de

nombreuses constructions. La petite architecture n'a pas été la seule à souffrir de ces déplacements: des villages entiers et des constructions (monuments de l'architecture populaire) se trouvèrent en voie de disparition. La conservation, pour l'avenir, de cette architecture n'était assurée en partie que par les procédés de mesurage et de photographie. Les mesurages étaient effectués schématiquement, en hâte, sans aucune méthode précise.

Nous avons recueilli bon nombre de mesurages fragmentaires des monuments d'architecture datant de 1920 à 1940. Ces mesurages ont été effectués en fonction des travaux de conservation et ne concernaient souvent que des fragments ou une partie de l'édifice. On effectuait aussi des mesurages de monuments dans des buts purement scientifiques. Bien que cette période (1920—1940) soit considérée comme le début des travaux de mesurage des monuments, il faut surtout reconnaître que les mesurages de cette époque manquent de coordination méthodique et d'ordre. Cette situation est explicable en premier lieu par le manque de spécialistes, surtout dans le domaine de protection des monuments d'architecture.

En 1940—1941 les mesurages des monuments ont pris un tout autre caractère, lors de la fondation du Service spécial de la Protection des Monuments et lors de la promulgation, dans la République, de la première loi sur la protection des monuments. Cela a facilité l'organisation du travail de protection des monuments et en premier lieu leur mesurage. Dans les années d'après-guerre, on fonde l'Inspection de Protection des Monuments, qui non seulement se charge elle-même de mesurages des monuments d'architecture, mais coordonne ce travail dans toute la République. Par ailleurs, l'Institut d'Histoire de l'Académie des Sciences de la RSS de Lituanie a entrepris des recherches archéologiques et ethnographiques au niveau de l'architecture populaire alors que l'Institut Polytechnique de Kaunas a assuré le mesurage des bâtiments et édifices, monuments de l'architecture populaire. Ces mesurages, ainsi qu'une partie de ceux exécutés avant la guerre, ont formé la base de toute une série de publications scientifiques sur les questions théoriques et historiques de l'architecture lituanienne.

Lors de la création, en 1950, des Ateliers Scientifiques de Restauration (actuellement Office de Re-

stauration des Monuments), les mesurages des monuments d'architecture ont été assurés par cette institution. Tous les mesurages étaient effectués à la main suivant l'Instruction de 1949 sur le classement, la protection et la restauration des monuments en URSS et suivant les indications sur le mesurage des monuments. Toutefois le système de projection, proposé ultérieurement par l'architecte Z. Simanavičius, a donné relativement de bons résultats. L'emploi des altitudes absolues, l'utilisation des lignes horizontales et verticales permettent de faire des mesurages dans une partie du monument à n'importe quel stade de son analyse et de compléter les données disponibles par des mesurages nouveaux.

Les dessins de mesurage, obtenus grâce à ce système, facilitent grandement les études approfondies des monuments et l'établissement de dessins détaillés pour la conservation des monuments, leur réparation partielle ou leur application aux besoins pratiques.

Pour l'étude du projet de reconstruction de la Vieille Cité de Vilnius, il a fallu réunir toutes les données des mesurages disponibles dans les archives, de même que ceux qui avaient été faits récemment. Pratiquement toutes ces données ont dû être vérifiées sur place et complétées. En exécutant le mesurage complexe de la Vieille Cité, on s'est servi, outre les méthodes habituelles, des procédés géodésiques et photographiques.

2 — Le procédé photogrammétrique

Le relevé des monuments de culture de Lituanie par des méthodes photogrammétriques a été commencée au début de 1969, lors de la création, près de l'Université de Vilnius, du laboratoire de photogrammétrie. Ce laboratoire a été fondé grâce aux efforts conjugués du Conseil méthodique et scientifique de protection des monuments, fonctionnant au sein du Ministère des Affaires Culturelles de Lituanie, et de l'Université de Vilnius. On envisage d'obtenir par procédé photogrammétrique des photographies de l'extérieur des monuments d'architecture en bois ou en maçonnerie. Quant aux monuments en maçonnerie de dimensions importantes, on envisage, également par le même procédé, d'effectuer des photos à l'intérieur. On procédera aussi au relevé des monuments d'archéologie. Ces travaux rendent possible la reconstruction du modèle du monument, ce qui, à son tour, permettra la restauration, avec plus d'exactitude, du monument en question. Les archives des photographies permettront de faire une analyse scientifique des monuments, et sont prévues pour une longue conservation.

Des travaux de mesurage, en tant que travaux de recherches, ont été également entrepris par l'Institut d'architecture et de construction. Pour préparer la publication „L'architecture de la RSS de Lituanie“, il a fallu non seulement utiliser toutes les données disponibles, mais effectuer aussi de grands mesurages complémentaires pouvant servir à l'étude de l'histoire et de la théorie de l'architecture.

Après la fondation, dans le cadre du Ministère des Affaires Culturelles de la RSS de Lituanie, du Conseil méthodique et scientifique de la protection des monuments, on a entrepris l'étude des questions méthodiques de mesurage des monuments et, ce qui est plus important, on a continué le travail de mesurage des monuments d'architecture commencé dans les années d'après guerre. C'est ici qu'on a établi, pour constituer un inventaire scientifique, un dépôt à l'échelle nationale contenant toute la documentation relative aux monuments d'architecture. Pour exécuter les travaux de mesurage, on emploie non seulement les relevés à la main, les instruments géodésiques et la photographie, mais aussi les moyens techniques de photogrammétrie. C'est à ces fins qu'un laboratoire interdépartemental de photogrammétrie a été créé près de l'Université de Vilnius, ayant pour but le mesurage des monuments d'architecture. Le Conseil méthodique et scientifique centralise aussi tous les documents et copies des mesurages des monuments d'architecture effectués par d'autres institutions.

R. KAMINSKAS

Le laboratoire de photogrammétrie a exécuté des travaux de recherche sur les méthodes à appliquer pour effectuer des levés photogrammétriques des bâtiments, pour déterminer le canevas géodésique d'appui des façades et pour utiliser les chambres de prise de vues et les instruments de mesurage. Au cours des travaux théoriques et pratiques effectués à ce sujet, nous avons obtenu les résultats suivants:

1 — Dans le cas d'une image photographique isolée, nous avons analysé les possibilités de redressement de photographies à grand angle d'inclinaison sur le plan de façade ($20^\circ - 30^\circ$). Nous avons établi un rapport mathématique entre la précision graphique du plan et le pouvoir distinctif du photogramme pour l'horizontale à la plus petite échelle. Nous avons perfectionné la méthode de redressement des photographies perspectives par la méthode optico-mécanique d'après les éléments d'orientation extérieure, calculés d'avance. Sur la base de la théorie des erreurs, nous avons évalué le degré d'exactitude du plan. Les plans, tracés à l'échelle $1/100$ et $1/50$, montrent que les erreurs dans la détermination des distances ne dépassent pas 0,3 mm.

2 — L'analyse des photothéodolites (pour les besoins topographiques) employés à faire des levés

de bâtiments et édifices, permet d'affirmer que ces photothéodolites topographiques ne peuvent être employés à ces fins que partiellement. Les photothéodolites destinés à photographier les bâtiments doivent avoir une distance focale variable, un obturateur offrant une grande gamme de temps d'exposition, un mécanisme d'application du cliché sur le fond de chambre très sûr, des dispositifs d'orientation permettant un calage sur les angles d'Euler à $20''$ près. Dans la plupart des cas, le format de l'appareil doit être carré. En centrant l'appareil, afin d'établir les composantes de base, le moment le plus propice, d'après nous, est quand le point crucial de devant coïncide avec l'intersection des axes (horizontal et vertical) de la chambre de prise de vues. Dans ce cas le poids de l'appareil ne s'applique pas sur les axes, ce qui accroît la stabilité du système d'orientation. Le mécanisme le plus sûr pour que le cliché s'applique bien sur le fond de chambre est constitué par quatre vis de réglage placées dans les coins du cadre. La distance focale peut varier de 50 mm à 200 mm.

3 — Pour les mesures sur les clichés, nous avons employé le phototransformateur SEG-1 et le stéréoplanigraphe S-5. Nous avons effectué un ajustage détaillé, optique et mécanique, des appareils. Nous avons aussi vérifié la précision du fonctionnement des divers organes des appareils.

4 — Nous avons effectué le levé photogrammétrique du Bastion d'Artillerie de Vilnius. A cette fin, autour du sujet, nous avons prolongé le réseau micropolygonométrique qui réunit en un système de coordonnées les différentes bases géodésiques. Ce réseau est rattaché au réseau polygonométrique

de la ville. Les coordonnées des marqueurs muraux ont été déterminées à partir des bases géodésiques. Quatre points d'appui ont été déterminés sur chaque stéréogramme. En tout, 75 photographies ont été obtenues à l'aide de l'appareil à distance focale variable.

5 — Nous avons effectué un levé photogrammétrique de l'architecture en bois comprenant en tout 24 édifices. Pour orienter le modèle, nous avons employé le système de quatre repères répartis sur les murs ou placés sur des pieds spéciaux dans le plan de transformation. Les distances mesurées entre les marqueurs donnent la possibilité de les pointer à l'échelle du plan par la méthode des repérages graphiques. Cette méthode, en la comparant avec celle des repérages directs, diminue beaucoup les travaux géodésiques et permet de marquer tous les bâtiments et édifices en bois ou en maçonnerie jusqu'à 10 mètres de hauteur.

6 — Pour les bâtiments isolés, dont la surface est plate ou en relief, nous avons appliqué une méthode mixte: le redressement d'une image isolée et le procédé stéréophotogrammétrique.

7 — Pour que les archives photogrammétriques des monuments soient les plus homogènes possible, tous les paramètres: la distance focale, les éléments extérieurs d'orientation, la numération des photographies et des stéréogrammes, les coordonnées des points d'appui ou la distance entre les marqueurs, le titre de l'objet et la date de la prise de vues sont inscrits dans des emplacements prévus et sont imprimés avec toute l'information fournie par le photogramme.

R. VILŪNAS

SUMMARY

Measurement of Historical Architectures in the Lithuanian Soviet Socialist Republic

For conservation of historical monuments in the Lithuanian Soviet Socialist Republic even measurements dating back to the past century and, sometimes, also as far back as to the 18th century are being used. In the 20th century close attention is bestowed upon measuring historical monuments. A photogrammetric laboratory for measuring historical architectures has been established at the University in Vilno in 1969.

The laboratory has performed a great deal of work up till now and proved methods for using in photogrammetric measurement. The results were tested in practice for observing artillery fortifications in Wilno as well as a wooden architecture complex consisting of 24 buildings by means of single-picture photogrammetry combined with stereophotogrammetry.

РЕЗЮМЕ

Измерение памятников архитектуры в Литовской советской социалистической республике

В охране памятников в Литовской советской социалистической республике применяются и измерения происходящие из прошлого века, исключительно из 18 века. В двадцатом веке уделяется измерению памятников старины большее внимание; в 1969 г. была при университете в городе Вильнюсе построена фотограмметрическая лаборатория, целью которой является измерение памятников. Лаборатория совершила до сих пор ряд исследовательских работ, которые можно использовать для фотограмметрического измерения. На практике были проверены результаты при измерении артиллерийских бастионов в г. Вильнюсе и деревянного архитектурного целого состоящего из 24 зданий, причем была использована ordinaria фотограмметрия в соединении со стереофотограмметрией.

ZUSAMMENFASSUNG

Vermessung von Baudenkmalern in der Sozialistischen Sowjetrepublik Litauen

Bei der Denkmalpflege der Sozialistischen Sowjetrepublik Litauen werden auch Vermessungsarbeiten aus dem vergangenen Jahrhundert, in Ausnahmefällen sogar aus dem Ende des 18. Jahrhunderts, angewendet. Im 20. Jahrhundert wird der Vermessung von Baudenkmalern grössere Aufmerksamkeit gewidmet und im Jahre 1969

wurde an der Universität in Vilnius ein photogrammetrisches Labor, mit dem Ziel der Vermessung von Denkmälern, errichtet. Vom Labor wurden bisher eine Reihe von Forschungsarbeiten gelöst und Methoden erarbeitet, die bei der photogrammetrischen Messung angewendet werden sollen. Dabei wurden praktisch die Vermessungsergebnisse der Bestimmung der Artillerie-Festungswerke in Vilnius und des aus 24 Häusern bestehenden architektonischen Holzbaukomplexes bestätigt, wobei eine Kombination der Einbild-Photogrammetrie mit der Stereophotogrammetrie ausgenutzt wurde.

L'utilisation de la photogrammétrie dans le domaine de la protection des monuments historiques en République Démocratique Allemande

par RUDOLF MEYER, ingénieur,
chef du Centre photogrammétrique près de l'Institut pour la Protection
des Monuments Historiques de Berlin

1. Historique

L'utilisation de la photogrammétrie dans le domaine de la protection des monuments historiques se rattache inséparablement au nom d'Albrecht Meydenbauer; déjà à sa première conférence, organisée

le 21 avril 1866 par l'Union des Architectes berlinois, ce savant a déclaré que

„cette nouvelle méthode de mesure ... aura sans nul doute un brillant avenir ...“

Le mémoire qu'il avait élaboré à ce sujet, la même année, lui avait assuré les moyens nécessaires

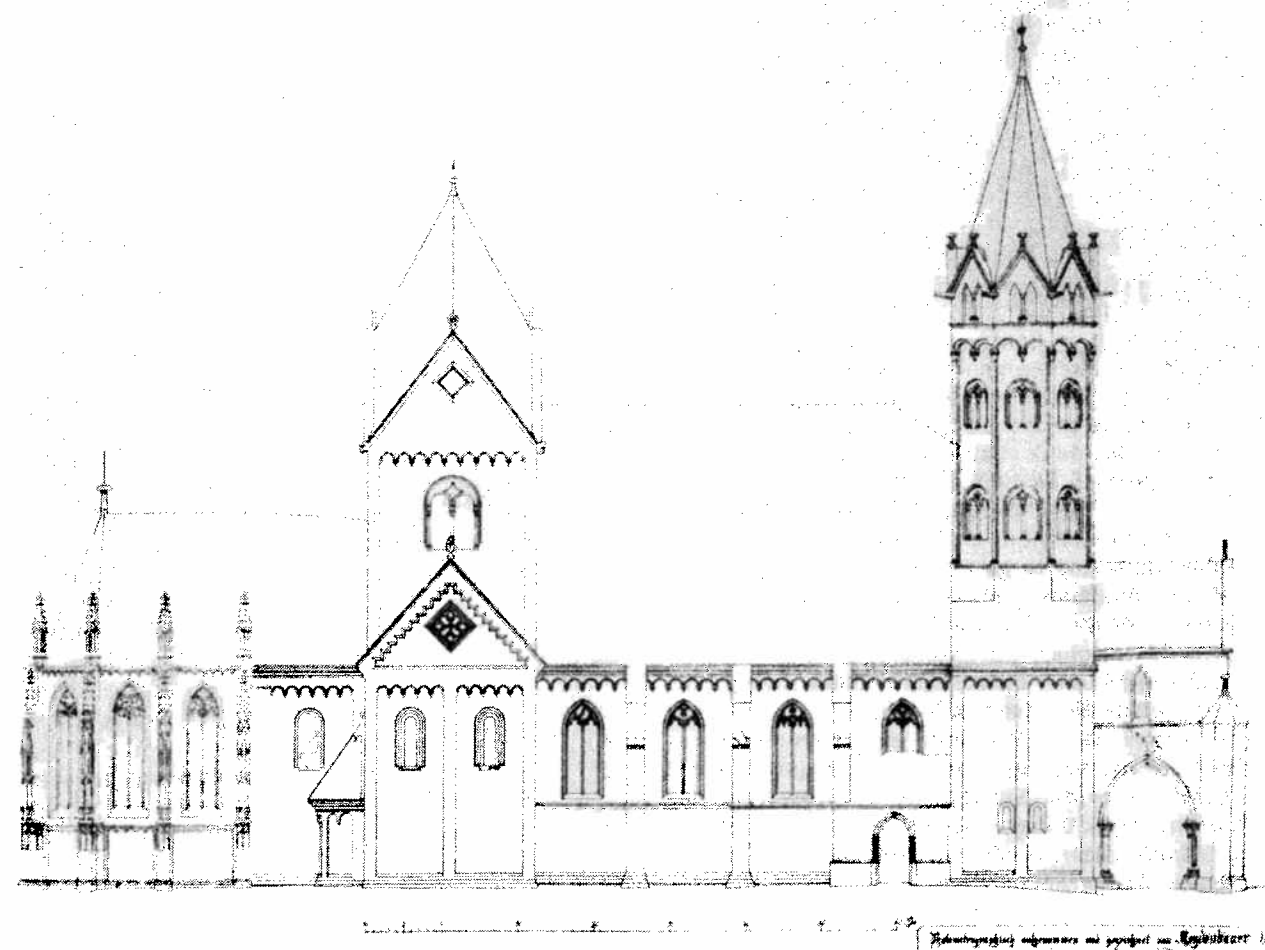


Fig. 1. Vue en élévation de l'église municipale de Frey burg élaborée en 1867 par Albrecht Meydenbauer. (Archives du Centre Photogrammétrique).

en vue de l'exécution des travaux d'essai. De ce premier travail de grande envergure, il ne subsiste malheureusement que la vue en élévation de l'église municipale de Freyburg (Fig. 1), que l'on peut qualifier de premier résultat utilisable de la méthode photogrammétrique.

Dans ses fonctions d'architecte de district et d'architecte, d'université, Meydenbauer s'efforçait sans cesse de convaincre les milieux compétents de la nécessité de mise en pratique de la photogrammétrie. Les travaux d'essai, qu'il avait effectués en 1883 à l'église Sainte-Elisabeth de Marburg, sous surveillance officielle, ont donné de très bons résultats.

Deux années plus tard, en 1885, Meydenbauer a été appelé au ministère compétent, où il s'était mit à réaliser ses plans. Mais ce n'est qu'à l'heure actuelle que nous pouvons nous rendre compte dans quelle mesure son idée de créer des archives photogrammétriques de monuments historiques avait devancé son époque.

Dans les années précédant la Première Guerre mondiale, on a confectionné environ 16000 vues photogrammétriques de près de 2000 monuments architecturaux. Après la Grande guerre, les travaux photogrammétriques se poursuivaient, bien qu'à une échelle moins grande, au Centre photogrammétrique national (Staatliche Bildstelle). Malheureusement, tous les catalogues, plans et actes ont été détruits pendant la Seconde Guerre mondiale. La plupart des négatifs ont été saisis en 1945 par l'armée soviétique et gardés jusqu'en 1958 au Musée d'architecture de Moscou. Le Centre photogrammétrique d'histoire de l'art près de l'Université Humboldt de Berlin (Kunstgeschichtliche Bildstelle der Humboldt Universität, Berlin), auquel ce matériel a été remis en 1959, a commencé à l'identifier et à le classer dans des fichiers qui avaient été achevés entre-temps. En outre, le Centre confectionnait, sur commande, des agrandissements et des copies, qui sont aujourd'hui de précieux matériels pour les travaux de rénovation et de restauration, et que l'on utilise, en outre, à des fins de documentation et de publicité.

Dans la période de 1955 à 1967, de nombreux travaux d'essai ont été entrepris, en particulier, pour la Haute école technique de Dresde; ces travaux ont contribué dans une large mesure au développement des divers procédés technologiques, et ont fourni aux spécialistes, en matière de conservation de monuments historiques, un excellent matériel photogrammétrique. La coopération amicale, qui s'était développée sur cette base, a fourni aux experts photogrammètres de précieux enseignements pour leurs futurs travaux, tout en permettant simultanément aux travailleurs du domaine de la protection des monuments historiques de profiter, dans la mesure la plus large, des grands avantages offerts par les méthodes photogrammétriques.

La fondation, en 1968, du Centre photogrammétrique près de l'Institut pour la protection des monuments historiques (Messbildstelle im Institut für Denkmalpflege) a créé toutes les conditions préalables nécessaires en vue d'une large utilisation de

la photogrammétrie dans le domaine de la protection et de la conservation des monuments historiques. A cette occasion, les archives des vues de l'ancien Institut photogrammétrique (Messbildanstalt) et du Centre photogrammétrique national (Staatliche Bildstelle) ont été incorporées à l'Institut pour la protection des monuments historiques.

2. Tâches du Centre photogrammétrique

A l'heure actuelle, le Centre photogrammétrique a pour principale tâche de fournir la documentation nécessaire à divers travaux préparatoires, à l'établissement de projets, à la réalisation de mesures pratiques visant à assurer les travaux techniques du bâtiment, aux travaux de rénovation, de restauration et de reconstruction.

A tout cela viennent s'ajouter encore les travaux se rattachant à la documentation archéologique, à l'étude de l'évolution des constructions et à d'autres disciplines scientifiques.

Rappelons, en outre, la restitution de mesure et la restitution technique des vues d'archives, travail particulièrement difficile, vu la perte de la documentation technique.

En dehors de ces travaux photogrammétriques, le Centre se charge de la reproduction de dessins et plans, ainsi que de l'élaboration de copies et d'agrandissements de vieux négatifs d'archives.

3. Procédés utilisés

Comme l'avaient confirmé de nombreuses recherches, il convient d'effectuer le plus grand nombre possible de travaux à la base des technologies fixées. A cet effet, on élabore des instructions qui déterminent les procédés de travail, et qui assurent en même temps un haut degré d'économie de ces derniers.

Pour la confection de grandes quantités de vues redressées, on utilise un procédé technologique extrêmement simple, basé sur l'utilisation d'une seule longueur, à la place du quadrilatère des points de contrôle dont on se sert communément. Les vues redressées sont utilisées généralement à la confection de diapositives (sur film „Kartostat“), qui peuvent ensuite être reproduites par le procédé à „ozalid“.

Pour les vues stéréoscopiques, on utilise dans la plupart des cas la restitution linéaire directe; la densité des détails évalués dépend, dans ce cas, de l'usage auquel le travail doit servir. En règle générale, la restitution s'effectue sur des feuilles d'aluminium garnies, de part et d'autre, de papier à dessin.

En cas de restitution stéréoscopique on peut, en outre, avoir recours à la restitution par points des données fournies par le comparateur. Parfois, il faut effectuer la restitution par voie de mesure de vieilles épreuves; dans ce cas, on utilise divers procédés de construction graphique ou de calcul.

4. Appareils utilisés

Au début, les prises de vues se faisaient au moyen d'un simple photothéodolite du type 19/1318 VEB

Carl Zeiss Iéna. Comme de nombreux monuments d'architecture étaient situés dans un milieu exigü, l'angle de champ relativement petit du photothéodolite causait souvent des difficultés de diverses natures. Celles-ci ont été éliminées, en grande partie, par l'emploi d'une chambre métrique grand-angle du type 10/1318. Cet appareil, mis au point à l'Université technique de Dresde (Technische Universität Dresden), primitivement pour servir à d'autres usages, a été adapté plus tard en vue de prises de vues d'ouvrages architectoniques. Le principal avantage de cet appareil consiste en ce qu'il permet de faire des épreuves de format aussi bien horizontal que vertical.

La nouvelle chambre métrique universelle du type UMK 10/1318 VEB Carl Zeiss Iéna, de conception fondamentale analogue, est équipée en outre d'un objectif de grand rendement „Lamegon“ avec possibilité de mise au point, d'un diaphragme „œil de chat“, d'un obturateur central et d'un dispositif de haute précision pour la mesure des angles (Fig. 2).

Cet appareil, qui répond parfaitement aux exigences les plus sévères, sera utilisé à l'avenir pour la photographie de la plupart des épreuves entrant en ligne de compte.

Pour les vues stéréoscopiques de monuments de dimensions réduites, on utilise habituellement la chambre métrique stéréoscopique SKM 5,5/0808 à base de 1,20 m (Fig. 3).



Fig. 2. Chambre métrique universelle UMK 10/1318 (VEB Carl Zeiss Iéna).

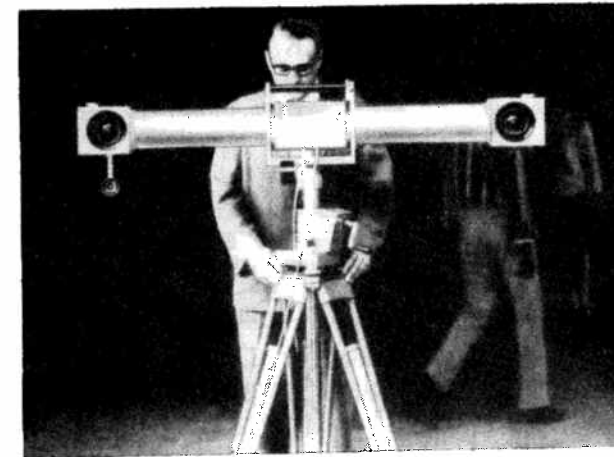


Fig. 3. Chambre métrique stéréoscopique SKM 5,5/0808 à base de 1,20 m (VEB Carl Zeiss Iéna).

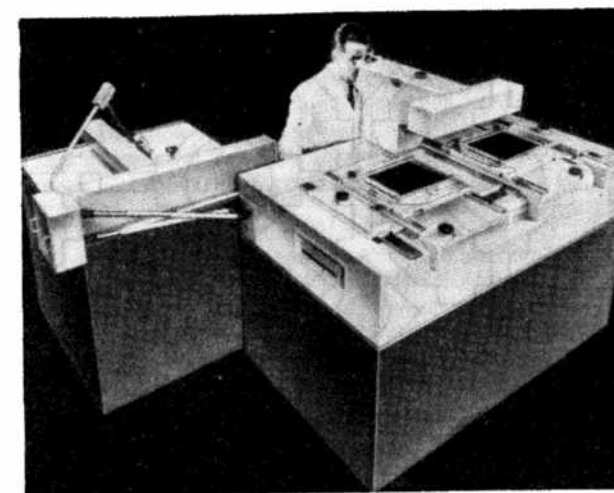


Fig. 4. Appareil stéréoscopique de restitution „Topocart“ (VEB Carl Zeiss Iéna).

Les vues se redressent, exclusivement, au moyen de l'appareil de redressement éprouvé du type SEG 1.

Dans la mesure des coordonnées des vues et des parallaxes pour le traitement numérique, on emploie le stéréocomparateur 1818. Lors de nombreux travaux effectués numériquement, on se sert d'appareils à enregistrement automatique, dont sont équipés plusieurs postes de travail et que l'on peut emprunter en cas de besoin.

Pour la restitution continue, on a mis au point un appareil restitution de vues aériennes „Topocart“ VEB Carl Zeiss Iéna (Fig. 4), qui convient, grâce à ses paramètres techniques, particulièrement bien aux mesures spéciales effectuées dans le domaine de l'architecture.

Auparavant, les prises de vues étaient restituées sur un stéréométrographe emprunté.

Pour la confection de copies compensées, on utilise la tireuse électronique „Elcop“.

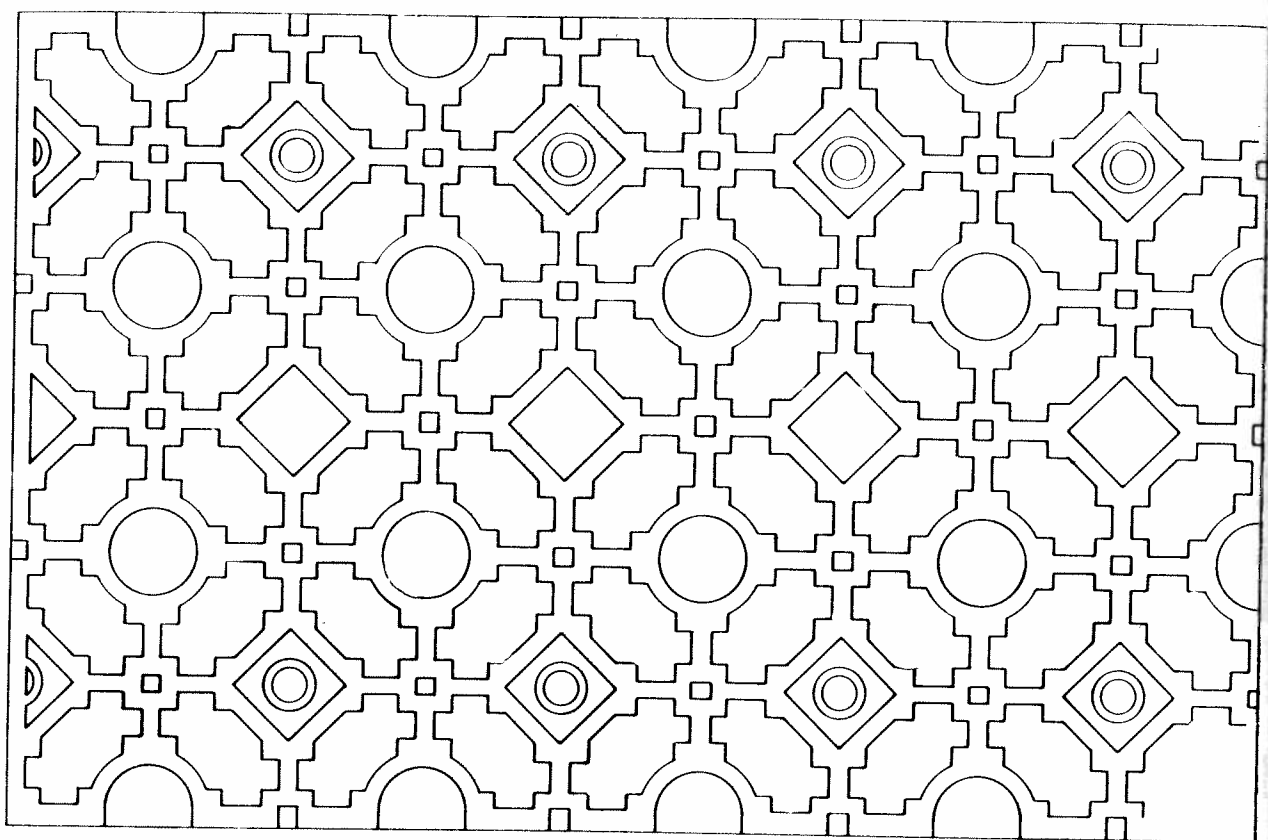


Fig. 5. Développement d'une voûte en berceau [Auteur].

5. Champs d'application et exemples d'utilisation

Dans les villes dont les noyaux historiques, les rues et les places se sont conservés en bon état, il faut tenir compte, dans les travaux de rénovation et de restauration, des exigences formulées par les autorités chargées de la protection des monuments historiques. Pour l'élaboration des projets respectifs, on utilise dans une grande mesure des vues redressées. Le montage des différentes vues dans les plans des façades n'a pas donné de résultats satisfaisants: c'est pourquoi on ne s'en sert plus.

Lors de travaux de construction entrepris en vue de prévenir l'effondrement de ruines ou d'autres monuments d'architecture menacés, on a très souvent recours à l'emploi de vues redressées; il en est ainsi parce que ces vues reproduisent exacte-

ment tous les endommagements et fissures superficiels apparents, dont la structure permet aux spécialistes d'en déceler les causes. Sur ce principe, on a mis au point une nouvelle méthode de projection des mesures de sécurité, dans laquelle les projets indispensables sont portés directement sur l'épreuve redressée, ce qui permet d'obtenir, sans grands frais, une documentation sûre pour l'exécution subséquente des travaux.

La méthode de restitution stéréoscopique trouve son application presque partout où la structure du monument ne permet pas d'avoir recours aux vues redressées. Selon la nature du cas, on fournit des vues en élévation redressées, des profils ou des indications numériques. De cette manière, on peut satisfaire les exigences les plus rigoureuses. Ainsi par exemple, on nous a demandé, pour certaines

études scientifiques et artistiques, de réaliser le développement d'une voûte en berceau. La restitution a été effectuée par points sur un appareil stéréoscopique de restitution, le développement a été fait par voie numérique, avec détermination simultanée de l'axe de la voûte et des écarts des différents points par rapport à la voûte idéale. Ainsi, on a pu dessiner le développement selon les valeurs calculées (Fig. 5).

Les résultats obtenus ont donné de précieux enseignements.

Dans certains cas, la reconstruction de monuments en ruine n'a pu être effectuée que par voie de restitution de vieilles vues d'archives. Sous ce rapport, d'excellents résultats ont été obtenus, notamment dans la reconstruction de l'orgue de Silbermann à l'ancienne église aulique de Dresde.

6. Conclusion

Le développement rapide des technologies se traduit par une application sans cesse plus large de la photogrammétrie, dont l'emploi s'avère particulièrement avantageux au point de vue économique.

L'étroite coopération, entre architectes, ingénieurs, experts en matière d'histoire culturelle, restaurateurs et autres spécialistes, assure les meilleures conditions d'utilisation des procédés photogramétriques.

Le Centre photogrammétrique près l'Institut pour la protection des monuments historiques de la République Démocratique Allemande est en mesure de satisfaire, par ses productions photogramétriques, les besoins de toutes les institutions chargées de la protection et de la conservation de monuments historiques. La coopération internationale dans ce domaine spécial revêt une grande importance, car il n'y a dans les divers pays, que très peu de spécialistes en matière de photogrammétrie qui travaillent dans le secteur de la protection de monuments historiques.

Bibliographie

[1] Böttcher C.: Terrestrisch photogrammetrische Aufnahme der Goldenen Pforte am Dom zu Freiberg. (Relèvement de la „Porte d'Or“ du dôme de Freiberg par la méthode de photogrammétrie terrestre). Vermessungstechnik 11 (1963) 9, p. 340 — 344.

[2] Glasser G.: Die Anwendung photogrammetrischer Aufmassverfahren bei der Wiederherstellung von Baudenkmalern aus der Sicht des Architekten. (Utilisation des procédés photogramétriques dans la rénovation de monuments historiques, considérée du point de vue de l'architecte). Deutsche Architektur 14 (1961), p. 182 — 183.

[3] Hanke P.: Die Anwendung von Entzerrungsverfahren bei der Herstellung von Fassadenplänen. (Utilisation des procédés de redressement lors de l'établissement de plans de façades). Kompendium Photogrammetrie vol. VII, Léna 1966, p. 184 — 203.

[4] Meyer R.: Wirtschaftliche Architekturphotogrammetrie. (La photogrammétrie économique dans l'architecture). Vermessungstechnik, 10 (1962) 7, p. 169 — 174.

[5] Meyer R.: Der gegenwärtige Stand der Anwendung photogrammetrischer Verfahren für die Architekturvermessung. (L'état actuel d'utilisation des procédés photogramétriques à des fins de mesures dans le domaine de l'architecture). Deutsche Architektur 14 (1965), p. 178 — 181.

[6] Meyer R.: Numerische Messtischphotogrammetrie — ihre Anwendung in der Architekturvermessung und anderen nichttopographischen Bereichen. (Photogrammétrie numérique à la planchette — son utilisation à des fins de mesures dans l'architecture et dans d'autres secteurs non topographiques). Vermessungstechnik 15 (1967) 7, p. 241 — 246.

[7] Meyer R.: Aufnahmedisposition zur stereophotogrammetrischen Herstellung von Aufrissen. (Manière de procéder dans l'établissement de vues en élévation par voie de stéréophotogrammétrie). Vermessungstechnik 18 (1970) 6, p. 219 — 246.

[8] Meyer R.: Orientierungsprobleme bei der stereophotogrammetrischen Auswertung von Aufrissen. (Problèmes de l'orientation lors de la restitution stéréophotogramétrique de vues en élévation). Vermessungstechnik 18 (1970) 8, p. 290 — 293.

[9] Voss G.: Ein Beispiel für die Anwendung der Photogrammetrie in der Denkmalpflege. (Exemple d'application de la photogrammétrie dans le domaine de la protection de monuments historiques). Vermessungstechnik 5 (1967) 12, p. 278 — 280.

[10] Weibrecht O.: Die photogrammetrische Rekonstruktion zerstörter Bauwerke. (Reconstruction photogramétrique de monuments d'architecture détruits). Wiss. Z. TH Dresden, 1955, p. 132 — 137.

SUMMARY

The Use of Photogrammetry for Preservation of Historical Monuments in the German Democratic Republic

In the German Democratic Republic the photogrammetric measurement of historical monuments has got the oldest tradition in general since its introducing by Professor Meydenbauer. It is more than one hundred years since the first work was carried out. The ample archives, which have ensued from these activities, are a part of the Institute for Monument Preservation of the G. D. R. (Institut für Denkmalpflege) at present. The photogrammetric department of the Institute has been introducing new simplified technologies into practice. In this work Zeiss Jena instruments if need be modified for measuring architectures are used. Photo-maps as well as other results of photogrammetric measurements are being more and more used, because they present a perfect picture even about technical and static state of the monument measured. Photogrammetry as a measurement method was also used for carrying out special work (measurement and drawing of an unrolled vault, reconstruction of Silbermann's organ in the former Court Cathedral in Dresden).

РЕЗЮМЕ

Применение фотограмметрии в охране памятников старины в ГДР

Фотограмметрическое измерение памятников старины введенное проф. Мейденбауером имеет в ГДР уже большую традицию. С первой работы истекло более чем 100 лет. Таким образом возникший богатый архив является теперь частью Института по памятникам старины ГДР (Institut

für Denkmalpflege). Фотограмметрическое отделение этого института вводит новые более простые технологические процессы. Для этих работ применяются приборы фирмы Цейсс Йена, или же приспособленные специально для измерения архитектурных памятников. Фотопланы и остальные результаты фотограмметрического измерения все более используются, так как они приносят хорошее представление и о техническом и статическом состоянии объекта. Фотограмметрия применяется и при специальных работах (измерение и вычерчение свода, реконструкция органа Сильберманна в бывшем придворном соборе в городе Дрездене).

ZUSAMMENFASSUNG

Anwendung der Photogrammetrie in der Denkmalpflege der DDR

Die photogrammetrische Vermessung der Denkmalobjekte hat in der DDR die längste Tradition, seit ihrer Einführung durch Prof. Meydenbauer. Von der ersten Arbeit sind mehr als 100 Jahre verflossen. Das derart entstandene Archiv bildet zur Zeit einen Teil des Institutes für Denkmalpflege der DDR. Von der photogrammetrischen Abteilung dieses Instituts werden neuere einfachere Technologien in das Leben geführt. Bei diesen Arbeiten werden Geräte der Firma Zeiss-Jena, die in Bedarf-fällen speziell für die Vermessung von Architekturen umgearbeitet sind, angewendet. Bildpläne und andere Ergebnisse der photogrammetrischen Messung werden ständig mehr ausgenutzt, da sie ein vollkommenes Bild auch über den technischen und baulichen Stand des Objektes bieten. Die Photogrammetrie wurde ebenfalls bei speziellen Arbeiten angewendet (Vermessung und Darstellung eines Tonnengewölbes in der Entwicklung, Rekonstruktion der Silbermannschen Orgel in der früheren Hofkirche zu Dresden).

Récents project de photogrammétrie architecturale dans la conservation des monuments historiques aux Etats-Unis

par PERCY E. BORCHERS,
Professeur à l'École d'Architecture de l'Université de l'Etat d'Ohio

Aux Etats-Unis l'application de la photogrammétrie couramment utilisée était relative à l'enregistrement historique, pour des programmes tels que le relevé d'édifices américains historiques. Depuis l'automne 1970, est commencé un nouveau mode d'enregistrement par le Service des Parcs Nationaux du Bureau de l'Intérieur des Etats-Unis (the new Historic American Engineering Record of the National Park Service, U. S. Department of the Interior). Lorsque très peu de constructions sont assurées de la protection d'un Ministère quelconque du gouvernement ou d'une agence privée, ces programmes sont essentiels pour la conservation de l'Histoire du style et de la technique en architecture et construction.

Moins fréquemment, l'enregistrement photogramétrique est nécessaire dans la conservation et la restauration des monuments historiques. L'année dernière — comme partie du complexe de *Vermont State Capitol* — un vieil hôtel vermontais a été enregistré et dessiné au moyen de la photogrammétrie de sorte que ses murs pourront être reconstitués sur de nouvelles fondations après la démolition. La coupole de la *Old Statehouse* à *Annapolis, Maryland* a été enregistrée et est en cours de dessin, cela après que d'autres édifices du gouvernement de cet Etat aient souffert d'explosions terroristes. Le relevé photographique de ces deux édifices a exigé des méthodes bien différentes dans l'emploi des instruments photogramétriques et du contrôle de relevé. Ces méthodes sont décrites plus loin.

La photogrammétrie fournit des données de recherche fondamentale pour chaque domaine auquel on l'applique. La photogrammétrie architecturale — qui semble plus réfractaire aux méthodes conventionnelles que toute autre — exige une recherche fondamentale dans l'exactitude de ses propres mesures et procédés de correction. Les erreurs résiduelles attribuables aux matériels photogramétriques, en particulier, doivent être réduites pour permettre la distinction entre les très petites déformations de la géométrie architecturale et celles introduites par la géométrie photogramétrique.

Dans la conservation des monuments historiques certaines applications existent que la photogrammétrie soit aussi exacte que possible.

Origines historiques

A l'Université de l'Etat d'Ohio la plupart des projets dans le domaine de la photogrammétrie architecturale réalisés depuis 1957 sont relatifs aux relevés des édifices américains historiques du Service des Parcs Nationaux du Bureau de l'Intérieur des Etats-Unis (Historic American Buildings Survey of the National Park Service, U. S. Department of the Interior). Ce service de relevé emploie des professeurs et des étudiants en architecture dans ses équipes pendant l'été, pour enregistrer et dessiner des constructions historiques; la photogrammétrie architecturale a complété ce mesurage manuel par l'enregistrement et le dessin de ces édifices qui sont extrêmement complexes, riches en sculptures ou déformés, dangereux à mesurer ou sur point d'être démolis. En été 1970, un programme semblable, connu sous le nom d'enregistrement de la technologie américaine historique (Historic American Engineering Record), a été conçu par le Service des Parcs Nationaux (National Park Service); en septembre 1970 on a enregistré dans ce nouveau programme les premiers stéréogrammes photogramétriques des ponts du XIXe siècle, des viaducs de chemin de fer et dépôts ferroviaires.

L'objet des programmes du Service des Parcs Nationaux (National Park Service) est l'enregistrement du plan et de la technologie de certains édifices ne bénéficiant pas de la protection de Ministère ou d'agence privée. La démolition imminente d'un édifice pour reconstruction sur l'endroit même est une raison justifiant l'enregistrement photogramétrique. Ceci exige bien souvent de longs voyages et l'établissement rapide d'un relevé et d'un système de photographie sur place, sans avoir reçu l'autorisation d'interrompre l'utilisation de l'édifice ou la circulation normale autour de ce dernier.

Le premier problème technique consiste à faire un reportage photographique complet avec un contrôle suffisant du relevé; toutes les méthodes possibles d'emploi des instruments photogramétriques disponibles sont adaptées aux conditions géométriques du reportage photographique. Il faut souvent mesurer et relever en détail dans les maquettes optiques qui en résultent. La comparaison des dimensions horizontales et verticales relatives d'une part aux façades basses, près de l'appareil photographi-

que, d'autre part aux tours et aux parties éloignées du toit, donne un contrôle critique de l'exactitude des orientations intérieure et extérieure en général.

Les grands édifices tels que les églises de la ville de New York et les premiers gratte-ciels de Chicago sont souvent entourés d'autres édifices bâtis le long de rues étroites, qui posent des problèmes particuliers dans le reportage photogrammétrique pris à axe incliné (1), mais la progression de la démolition et de la reconstruction aux Etats-Unis a détruit en général les groupements historiques des édifices et a isolé les éléments qui méritent l'enregistrement. Il y eut une exception rare en septembre 1970 lorsque le *Casino de Newport* dans l'état de Rhode Island et les quatre édifices contigus ont été enregistrés globalement par une combinaison de stéréogrammes réguliers et inclinés enregistrés depuis quatre postes photographiques, se servant d'un seul *photothéodolite Galileo-Santoni* pour les relevés architecturaux.

L'enregistrement photogrammétrique est forcément un enregistrement des conditions présentes au moment de la photographie, bien que celles-ci puissent comprendre des traces de conditions antérieures. Lorsque l'enregistrement photogrammétrique est comparé avec la photographie non-photogrammétrique antérieure, l'interpolation et l'extrapolation nécessaires peuvent produire une approximation de la forme et les dimensions des éléments originaux qui ont disparu ou qui ont été reconstitués. Ce recouvrement de la forme originale des édifices est l'une des exploitations de la photogrammétrie architecturale dans la conservation des monuments historiques.

La photogrammétrie dans la conservation des monuments historiques

Des sept édifices publics qui ont été enregistrés et dessinés à l'aide de la photogrammétrie pendant les onze dernières années, deux ont leur importance dans ce rapport à cause de la finalité des dessins. Les façades extérieures du *Congress Hall* dans l'*Independence National Park* à Philadelphie, et le plafond de plâtre orné de la Chambre du Sénat ont été enregistrés et dessinés à un moment où un affaissement de la structure du toit était menaçant. Les élévations extérieures et les plans de la maison de Thomas Alva Edison à Glenmont, New Jersey, ont été préparés au moyen de la photogrammétrie pour établir les dimensions originales de cette maison victorienne. Ces dimensions étaient nécessaires pour des plans de rénovation à grande échelle de parties spécifiques des étages supérieurs et du toit.

En 1969 et en 1970, il y eut deux projets d'enregistrement et de dessin à l'aide de la photogrammétrie pour les Gouvernements des états de Vermont et de Maryland. En septembre 1969, le *Pavillon Hotel* à Montpelier, Vermont, contigu aux terrains du *State Capitol*, a été enregistré à l'aide de la photogrammétrie un mois avant la démolition de l'édifice. Des dessins photogrammétriques des façades ont été préparés avant le printemps de 1970 pour

fournir les détails de la reconstitution du gros œuvre de l'édifice sur une nouvelle fondation pour y loger de nouveaux bureaux appartenant au complexe du *State of Vermont Capitol*. En août 1970, la coupole de la *Old Statehouse* à Annapolis, Maryland — dans laquelle en 1784 George Washington a donné sa démission comme général de la *Continental Army* de la révolution américaine — a été enregistrée à l'aide de la photogrammétrie et est en cours de dessin, en ce moment, à l'Université de l'Etat d'Ohio. L'année passée, d'autres édifices du gouvernement en Maryland furent l'objet d'explosions terroristes.

Quoique l'on ait utilisé un *photothéodolite Galileo-Santoni* pour les relevés architecturaux de ces deux monuments et que l'on se soit servi du *Wild A 7 Autograph* de l'Université pour restituer tous les stéréogrammes, les méthodes et surtout le contrôle du relevé pour l'enregistrement des deux édifices ont été bien différents.

En Vermont, les terrains du *State Capitol* permettaient la photographie du *Pavillon Hotel* à partir de deux postes photographiques dont les bases étaient en général parallèles et dont les axes de l'appareil étaient en général normaux aux côtes de l'édifice. Le premier stéréogramme de chaque paire de postes de l'appareil photographique a été pris avec les axes de l'appareil photographique horizontaux, de sorte que sur les axes horizontaux des plaques photographiques se sont trouvées enregistrées des marques horizontales placées systématiquement sur six jalons installés devant l'édifice (2). Ces marques ont été établies dans la maquette optique le plan horizontal de contrôle le moins affecté par l'erreur radiale causée par le défaut de planéité des plaques et des émulsions photogrammétriques. La mesure des distances entre les traces horizontales a été utilisée pour découvrir l'erreur systématique causée par les éléments d'orientation non-correctés, tandis que les différences résiduelles ont permis de calculer l'erreur normale de mesure. Puis un certain nombre de stéréogrammes à axes inclinés, nécessaires à l'enregistrement de la totalité des façades, ont été pris des mêmes postes photographiques. Dans le *A 7 Autograph*, ceux-ci ont été orientés et relevés comme prolongement des stéréogrammes antérieurs, en faisant le plan des façades en utilisant les engrenages du *A 7* destinés à la cartographie planimétrique prise par photographie aérienne.

A Annapolis, Maryland, des postes photographiques sur les toits, tout près de la coupole octogonale de la *Old Statehouse*, ont été pris des stéréogrammes de la façade latérale extérieure avec un appareil dont les axes étaient horizontaux, puis avec un appareil dont les axes étaient inclinés de 24° vers le haut, tout en utilisant des mesures manuelles sur l'édifice pour contrôler le relevé.

A l'intérieur, au rez-de-chaussée, sous la coupole, les élévations des murs au pied de la coupole furent enregistrées par stéréogrammes avec un appareil photographique dont les axes étaient horizontaux, puis avec un appareil dont les axes faisaient un angle de 18° orienté vers le haut. Des marques hori-

zontales photographiques sur ces murs servirent de contrôle de relevé.

Enfin un *stéréogramme*, avec un appareil dont les axes étaient presque verticaux, fut relevé à l'intérieur de la coupole haute et étroite; l'appareil photogrammétrique, dégagé de son trépied *theodolite*, avait son châssis sur le plancher et son objectif tourné vers le haut. Le contrôle de relevé a été établi en trois dimensions par deux mètres à ruban se croisant à angle droit, tendus horizontalement à mi-hauteur de la coupole d'une fenêtre à l'autre et (pour établir une coordonnée verticale en trois dimensions) un mètre à ruban plombé suspendu à mi-hauteur de la coupole au plancher où se trouvait l'appareil. Dans l'appareil *A 7 Autograph* les éléments d'orientation extérieure des positions de l'appareil peuvent être déterminés plus rigoureusement qu'avec le photothéodolite lui-même. Donc l'action d'enlever l'appareil de son trépied et de le poser sur le plancher n'augmente pas appréciablement le temps passé à orienter le *A 7 Autograph*. Les marques sur le mètre à ruban ont été vues très clairement. On fit le plan d'une section verticale et des élévations intérieures de la coupole octogonale en se servant d'engrenages destinés à la cartographie planimétrique d'après photographie terrestre.

Dans les deux projets, l'enregistrement photogrammétrique a été complété par des stéréogrammes sur film pris avec des appareils photographiques Hasselblad équipés de toutes sortes d'objectifs pour enregistrer l'apparence stéréoscopique des détails structuraux et ornementaux susceptibles d'être restaurés ou reproduits par des artisans. On s'est servi d'un appareil photographique *Hasselblad Supreme Wide Angle* pour enregistrer la structure irrégulière des poutres dans les espaces étroits entre la coupole intérieure et la coupole extérieure de la *Old Statehouse* à Annapolis.

Couclusions

La variété des surfaces, dont on a pu dresser le plan en photogrammétrie architecturale, et la va-

SUMMARY

Recent Trends in Using Photogrammetry in Building Industries and Preservation of Historical Monuments in the United States of America

A brief history and the present state of using photogrammetry in building industries and architecture in the U. S. A. Photogrammetric procedures used by the care of historical monuments of the U. S. A.: measurement of buildings of interest. A brief description of the photogrammetric procedures as well as of the instruments used is given. The most interesting work is dealt with, e. g. measuring a narrow and high copula. The photographic instruments used for complementing photogram-

metry des systèmes de contrôles de relevés ont permis des études graphiques des distorsions systématiques causées par chaque élément d'orientation laissé non-correcté, dans des séries entières de surfaces aussi bien horizontales que verticales, et aussi parallèles et normales à la base photogrammétrique. On doit ajouter un procédé de correction au procédé d'orientation pour réduire l'erreur radiale causée par le défaut de planéité des plaques photogrammétriques et des émulsions. L'importance de l'erreur radiale est évidente d'après les premières études photogrammétriques de mouvement dans les structures architecturales et civiles (3), d'après les mesures de marques fiduciaires, et d'après les plaques photographiques touchées accidentellement par la lumière à l'intérieur de l'appareil photographique.

Certaines applications dans la conservation des monuments historiques exigent que la photogrammétrie architecturale soit aussi exacte que possible et permettent la mesure systématique des petites déformations de monuments historiques surchargés afin de déterminer s'ils peuvent continuer à être utilisés en toute sécurité, et permettent la mesure systématique des détériorations causées par la pollution de l'air et le bruit dans les endroits inaccessibles des principaux monuments.

Bibliographie

(1) *Borchers*: Choice of Station and Control for Efficient Orientation and Plotting in Architectural Photogrammetry. International Archives of Photogrammetry, 1960.

(2) *Borchers*: Characteristics of Architectural Photogrammetry. (Preprint paper from the 36th Annual Meeting). American Society of Photogrammetry, March 1970.

(3) *Borchers*: Photogrammetric Measurement of Structural Movements. Journal of the Surveying and Mapping Division, American Society of Civil Engineers, January 1968.

metric takes are described. Building and architecture photogrammetry should provide sufficiently precise results in order that even small deformations might be found, their statics secured, and the repairs carried out as carefully as possible.

РЕЗЮМЕ

Самые новые намерения при применении фотограмметрии в строительстве охраны памятников в Соединенных Штатах

Сжатая история применения фотограмметрии в архитектуре в Соединенных Штатах Америки и современное состояние ее использования. Фотограмметрические работы

в охране памятников старины США — измерение выдающихся зданий. Краткое описание последовательностей работ при фотограмметрическом измерении и примененных приборов. Описание самых интересных работ, напр. при документации узкого и высокого купола, при применении фотографических приборов для дополнения фотограмметрических кадров. Фотограмметрия в строительстве и архитектуре должна предоставлять достаточно точные результаты для возможности определения даже и малых деформаций и для возможности обеспечения их статичности и произведения поправок по возможности с большой тщательностью.

ZUSAMMENFASSUNG

Neueste Gedanken in der Ausnutzung der Photogrammetrie im Bauwesen der Denkmalpflege in der Vereinigten Staaten

Kurze Historie der Anwendung der Photogrammetrie in der Architektur in den USA und derzeitiger Stand ihrer Ausnutzung. Photogrammetrische Arbeiten in der Denkmalpflege der USA — Vermessung bedeutungsvoller Gebäude. Kurze Beschreibung der Verfahren bei der photogrammetrischen Vermessung sowie der angewendeten Geräte. Beschreibung interessanter Arbeiten, z. B. bei der Dokumentation einer schmalen und hohen Kuppel, Anwendung von Photokammern zur Ergänzung photogrammetrischer Aufnahmen. Die Photogrammetrie im Bauwesen und in der Architektur muss genügendermassen genaue Ergebnisse liefern, damit auch kleine Deformationen bestimmt werden können, um ihre Statik sicherstellen und die Erhaltungsarbeiten mit grösster Sorgfalt durchführen zu können.

Relevé photogrammétrique pour la restauration des façades de l'Eglise Noire de Brasov

par Ing. ALEXANDRU GUȚU,
IPROMIN, Bucureșt

1. Généralités

L'Eglise Noire de Brasov est un monument d'architecture de grande valeur historique, dont la construction a commencé en 1385 et a duré quasi 100 ans. Les murs de la construction sont en grès; on y a sculpté d'une main de maître des ornements architectoniques. En 1689, la Cité de Brasov, de même que l'église furent en proie à un grand incendie, à la suite duquel les murs en pierre de l'église sont restés noirs à cause de la fumée, ce qui lui a conféré le nom de l'Eglise Noire.

Cet important monument d'architecture, construit en style gothique tardif, qui dure depuis 5 siècles, présente aujourd'hui des dégradations de la pierre, spécialement pour ce qui est des ornements architectoniques des contreforts et des corniches, ce qui nécessite sa restauration.

En 1951, on a restauré le côté Est et, en 1969, on a commencé la restauration des autres côtés.

La restauration des détails architectoniques de même que le remplacement de la pierre dégradée a sollicité l'exécution de certains relevés précis des façades.

2. Etude de l'exécution du relevé

En vue d'exécuter les relevés photogrammétriques à l'échelle $1/20$ et $1/10$ des façades du monument, on a étudié le procédé de prise de vues, restitution et exécution du relevé photographique.

L'étude a eu en vue:

- les conditions imposées par l'espace disponible autour de l'église, compris entre 7 m — 15 m;
- les façades de l'église ont 89 m de longueur et 28 m de hauteur; la tour atteint une hauteur de 40 m.

A ces deux conditions d'emplacement du monument s'ajoutant les conditions imposées à l'exécution de travaux photogrammétriques, à savoir:

- l'utilisation des appareils photogrammétriques standard, dans des conditions de photographie imposées par l'espace disponible;
- l'utilisation d'un matériel photographique propre, tant pour la restitution que pour le relevé photogrammétrique;

— l'utilisation d'un autotélescope qui permette la photographie à différents niveaux, en assurant, de cette manière, la photographie intégrale des façades.

Par suite de l'étude élaborée, on est arrivé à la conclusion que, pour la prise des photogrammes à moins de 15 m, on peut utiliser le photothéodolite du type Zeiss Photheo 19/1318, s'il est adapté aux conditions imposées par l'espace disponible. Egalement, pour la photographie qu'il faut réaliser à des niveaux différents, on peut utiliser un autotélescope adapté à cette fin.

Pour la restitution photogrammétrique, à l'échelle $1/20$ et $1/10$, on a tiré la conclusion qu'on peut utiliser les photogrammes obtenus à une distance de 5 — 10 m, ayant une base de 1,2 m, en utilisant le stéréo-autographe du type 1318-E1 Zeiss-Iéna.

En même temps, le matériel photogrammétrique peut être utilisé à l'exécution des relevés photogrammétriques à l'échelle $1/20$ et $1/5$.

3. Prise des vues photogrammétriques

On a analysé dans l'étude la disposition horizontale et verticale des bases. Le schéma présenté dans la figure n° 1 montre l'emplacement des coupes des photogrammes en direction verticale et horizontale, en assurant la superposition des couples, de 20 % au minimum.

3.1. Emplacement des bases

Les conditions de l'espace disponible ont imposé le choix d'une base de 1,2 m, ayant assuré le rapport:

$$4b < y < 9b$$

On a préconisé que les bases photogrammétriques soient placées parallèlement à la façade de l'église, à la distance plus grande possible, en fonction de l'espace disponible de chaque zone.

En fonction de la distance où l'on a placé la base (5 m — 9,5 m), on a fixé les niveaux auxquels il faut élever la tige de l'autotélescope portant le support sur lequel est monté l'ensemble d'appareils pour la prise des vues photogrammétriques.

Les intervalles entre les niveaux de prise de vues ont eu, en général, 3 m de longueur; ainsi le premier niveau où l'on a placé la base se trouve à une hauteur de 3 m du sol et le dernier niveau se trouve à une hauteur de 24 m.

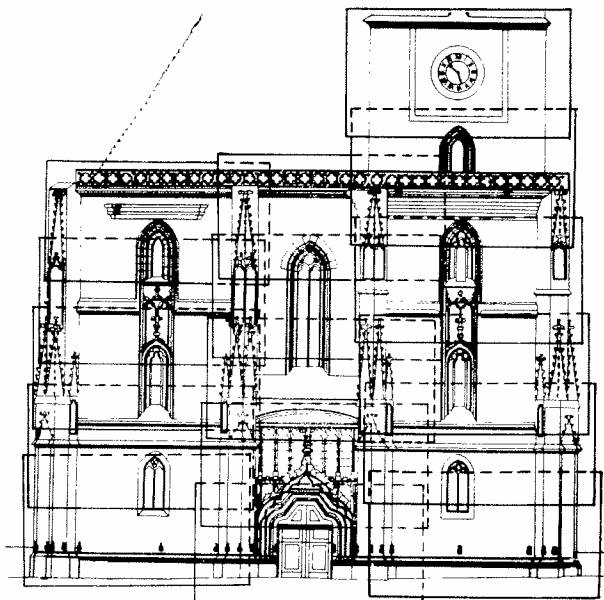


Fig 1 Schema d'arrangement des couples photogrammétriques de la façade d'Ouest.

3.2. Adaptation du photothéodolite Phothéo 19/1318

La prise de photos à la distance comprise entre 5 m et 9,5 m a déterminé l'adaptation du photothéodolite à cette fin. Pour cette adaptation, on a choisi la solution d'utiliser des cadres intermédiaires situés entre le plan focal du photothéodolite et la plaque photographique. Ainsi, on a obtenu une nouvelle constante focale:

$$f' = f + \Delta f$$

dont Δf est calculé par rapport à la distance de la prise des photos „p“ en appliquant la relation:

$$\Delta f = \frac{f^2}{p}$$

Cette relation est représentée dans la figure n° 2. La longueur de la base de 1,2 m et l'utilisation des photothéodolites du type Phothéo 19/1318 ont imposé l'utilisation des viseurs additionnels à la

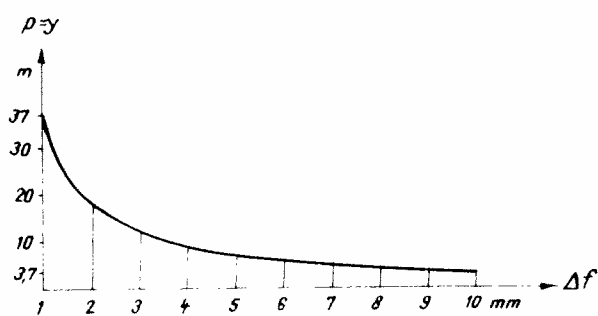


Fig 2 Diagramme de l'épaisseur du cadre

lunette du photothéodolite, afin de réaliser l'orientation correcte des axes de prise des vues, dans les limites des erreurs standard.

3.3. Adaptation de l'autotélescope

La prise des photogrammes stéréoscopiques, réalisée à différents niveaux, a imposé l'utilisation d'un autotélescope qui permet d'élever l'ensemble des appareils de prise de vues jusqu'à 24 m au-dessus du sol.

Parce que l'autotélescope a seulement une petite plateforme de travail, il a été nécessaire de confectionner un support spécial pour les deux photothéodolites. Le support est constitué d'une barre rigide, sur laquelle sont montés les deux photothéodolites, d'un système de rotation pour l'orientation de la base parallèlement aux façades de l'église et d'un système de blocage (voir la figure n° 3).

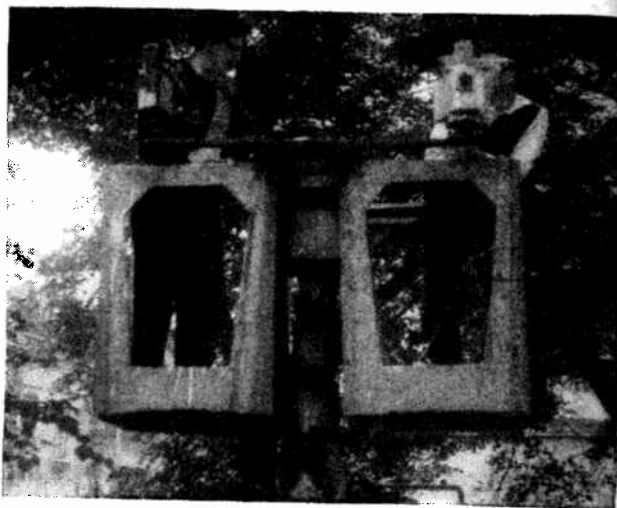


Fig 3. Ensemble d'appareils de prise de vue montés sur la plate-forme de l'autotélescope.

3.4. Prise des photogrammes

Selon le schéma de la prise des photogrammes qui prévoit la disposition des bases parallèlement à la façade, on a tracé sur le terrain des axes parallèles aux façades de l'église qui servent à diriger l'orientation des bases à tout niveau dont on opère la prise des photogrammes.

L'autotélescope, ayant déjà monté le support avec les photothéodolites, a été dirigé, pour être fixé sur l'axe tracé, au point indiqué pour chaque bande verticale de prise de vues.

La hauteur, à laquelle a été montée la base, fut établie en mesurant la hauteur de la tige de l'autotélescope. L'orientation de la base parallèlement aux façades a été réalisée par l'intermédiaire d'un théodolite Theo 010 (voir la figure n° 4), en poursuivant l'orientation correcte au cours de toute la prise de vues. La stabilité de la base a été assurée



Fig. 4. Orientation de la base parallèlement à la façade de l'église.

par l'ancrage de la plate-forme de travail de l'autotélescope avec des câbles tendus en 4 directions diamétralement opposées.

La prise des photogrammes a été réalisée par l'exposition simultanée, exécutée par deux opérateurs, qui ont assuré les conditions géométriques pour la cas normal photogrammétrique.

3.5. Matériel photosensible

On a utilisé des plaques photographiques 13/18 ORWO T01.

Pendant la prise des photogrammes on n'a pas utilisé l'écran standard du photothéodolite, pour tenir compte de la sensibilité réduite des plaques photographiques 1/10° DIN et de la couleur foncée de la pierre dont la façade de l'église est construite.

4. Exploitation photogrammétriques des prises de vues

Pour l'orientation extérieure, à l'échelle de restitution 1/20, on a déterminé des repères placés sur la façade de l'église. Les repères ont été placés sur trois niveaux, dont les deux premiers à la hauteur de 1 m et 2 m et le troisième, au niveau de la galerie, à 22 m.

La forme, la couleur et la dimension des repères ont été établies par suite de l'étude d'emplacement des bases.

Pour établir ces éléments, on a tenu compte des conditions de prise des photos et de la sensibilité globale des plaques T01. Ainsi le repère est constitué d'un carré, où sont dessinés quatre triangles opposés par leurs pointes, ayant une couleur alternativement blanche et rouge.

La position des repères, placés sur les façades de l'église, a été déterminée par des coordonnées spatiales x, y, z; pour le contrôle on a fait des mesures directes des longueurs entre les repères, tant en direction horizontale qu'en direction verticale.

4.1. L'augmentation du nombre des points de repère

Pour l'orientation extérieure des couples des photogrammes situées sur des bandes verticales et horizontales, on a réalisé par voie photogrammétrique une augmentation du nombre des points de repère.

Cette augmentation du nombre des repères est effectuée par une polygonalement appuyée sur les repères déterminés par des méthodes topographiques.

Par la polygonalement on a déterminé seulement les coordonnées photogrammétriques x, z, dans le plan des façades en prenant comme point d'origine la valeur des coordonnées x, z, d'un repère déterminé topographiquement.

La polygonalement a été exécutée à l'aide du stéréoautographe du type Zeiss 1318 EL, en enregistrant automatiquement les coordonnées. Cette polygonalement a été organisée selon les bandes horizontales de photogrammes.

Conformément au schéma représenté dans la figure n° 1, la première et la dernière bande horizontale contiennent les repères déterminés par voie topographique; les repères de liaison situés entre les bandes horizontales ont été compensés, sur les repères déterminés dans la bande horizontale antérieure, en réalisant ainsi une homogénéisation du repérage.

4.2. Précision de la détermination photogrammétrique du repérage

La détermination des points supplémentaires du repérage photogrammétrique a été réalisée au stéréoautographe du type Zeiss 1318 EL, avec l'enregistrement automatique au coordimètre.

Dans la polygonalement photogrammétrique on a considéré comme point d'appui un repère du premier couple de photogrammes, déterminé topographiquement, ayant les coordonnées x_1 et z_1 . De cette manière les repères photogrammétriques ont reçu des coordonnées spatiales dans le plan de la façade, en fonction d'un repère connu, considéré sans erreur.

Pour chaque couple photogrammétrique situé sur la bande verticale ou horizontale, on a procédé de la même façon, en partant d'un repère à coordonnées connues, déterminé dans le couple photogrammétrique antérieur.

Une série d'erreurs, qui affectent les coordonnées des points déterminés, résulte des conditions de prise des photographies et de la restitution.

Le déplacement de la plaque photogrammétrique parallèlement au plan focal, pour prendre des photos à petite distance (5 m — 10 m), a produit la modification de la constante focale, qui augmente en fonction de l'épaisseur du cadre intermédiaire.

La nouvelle valeur de la constante focale $f' = f + \Delta f$ est enregistrée dans le stéréoautographe et l'erreur de détermination df' affecte la détermination de la coordonnée photogrammétrique:

$$x' = x + \Delta x \quad (1)$$

dont:

$$dx' = \frac{x}{f'} df' \quad (2)$$

Ainsi la coordonnée photogrammétrique x' sera affectée, en principal, par l'erreur de mesure de l'épaisseur du cadre df' ; la même situation pour la coordonnée z' . Cette erreur est incluse dans l'erreur moyenne de détermination des coordonnées spatiales exprimées par les relations de base de la photogrammétrie pour le cas normal à savoir:

$$m_{x'} = x' \left(\frac{m_y}{y} + \frac{m_{x'}}{x'} - \frac{m_{f'}}{f'} \right) \quad (3)$$

$$m_{z'} = z' \left(\frac{m_y}{y} + \frac{m_{z'}}{z'} - \frac{m_{f'}}{f'} \right) \quad (4)$$

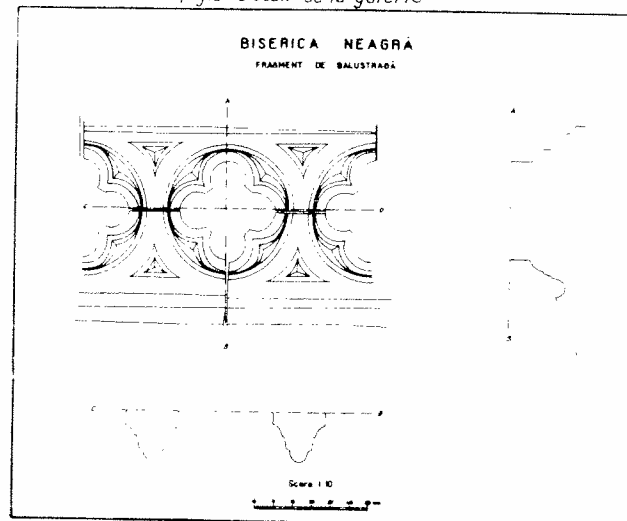
ou:

$$\frac{1}{5000} < \frac{m_y}{y} < \frac{1}{2500} \text{ dans lequel}$$

$$m_y = \pm \frac{y^2}{bf'} m_{p_x} \text{ pour les valeurs:}$$

$$\begin{aligned} y_{\text{minimum}} &= 5 \text{ m} \\ y_{\text{maximum}} &= 10 \text{ m} \\ b &= 1,2 \text{ m} \\ f' &= 200 \text{ mm} \\ m_{p_x} &= \pm 0,01 \text{ mm;} \end{aligned}$$

Fig. 5. Détail de la galerie



RESTITUTIA PORTALULUI FATADEI DE VEST

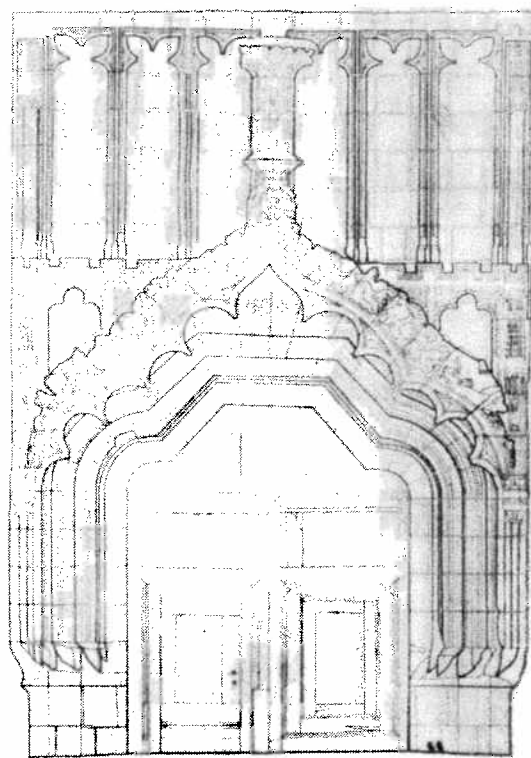


Fig. 6. Portail de la porte d'Ouest

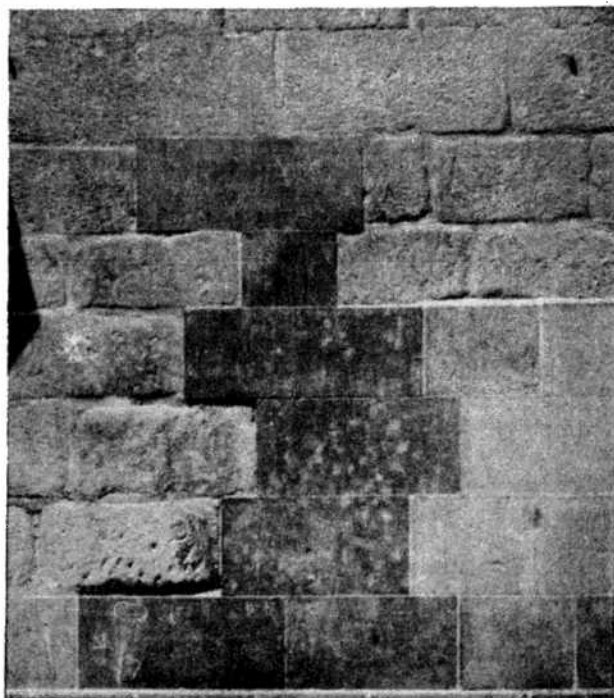


Fig. 7. Fragment de relevé photogrammétrique.

$$\frac{m_{x'}}{x'} = \frac{m_{z'}}{z'} = \frac{1}{6000} \text{ sachant qu'au stéréoautographe } m_{x'} = m_{z'} = \pm 0,01 \text{ mm;}$$

$$\frac{m_{f'}}{f'} = \frac{1}{2000}$$

considérant le mesurage de l'épaisseur du cadre avec l'erreur $\pm 0,10$ mm.

Il en résulte l'erreur moyenne par coordonnées $m_{x'} = m_{z'} = \pm 0,3$ mm, c'est-à-dire une erreur relative de $1/6000$.

5. Plans dressés

En effectuant la restitution photogrammétrique à l'aide du stéréoautographe 1318 EL, on a obtenu des plans à l'échelle $1/20$ des détails ornementaux des contreforts, de la galerie et de la corniche (fig. n° 5). Les plans des portails ont été obtenus à échelle $1/10$ (fig. n° 6).

Parce que la pierre de construction de la façade est détériorée, il a été nécessaire de la mesurer afin

SUMMARY

Photogrammetric Surveying for Restoring the Fronts of the Black Cathedral in Brasov

First the author makes us acquainted with the history of the historical monument as well as the technologies of providing the pictures and dispositions of the foundations. The phototheodolite had to be modified for taking pictures at the distance of from 5 to 9.5 metres. Two phototheodolites were situated on a special platform in the motorcrane and the pictures were taken from even as great the distance as 24 metres. The next part of the paper deals with the photographic procedures, the photomaterial used as well as the selection and determination of the control points. Further, the accuracy of photogrammetric determining the control points is calculated. The final results consist of plots at the scale of 1:20 and 1:10. The large scales like these were used in order that the damaged stones might be replaced, because their size could be easily determined from the photo-maps, that showed even contours of stones and mortar.

РЕЗЮМЕ

Фотограмметрическое измерение с целью реставрации фасадов Черного собора в Брашове

Автор прежде всего ознакомляет с историей памятника и с технической задачей способа изготовления снимков и помещения основания. Фототеодолит надо было приспособить для фотографирования из расстояния 5—9,5 м. Снимки изготавлялись из крана на автомашине даже до высоты 24 м, причем была специальным способом приспособлена пло-

de la remplacer. A cette fin, on a fait le relevé, à l'échelle $1/20$, qui présente le contour de la pierre et du mortier. Puisque la pierre présente des caractéristiques d'érosion on a effectué aussi des relevés photographiques, à l'échelle $1/20$, en présentant l'aspect de la pierre (fig. n° 7).

6. Conclusions

On estime que les appareils standards adaptés peuvent être utilisés avec succès pour les relevés effectués en architecture. En même temps la précision obtenue, dans le présent travail, nous donne le droit d'affirmer que les photographies pris sur des bandes verticales et horizontales peuvent être utilisés pour la détermination analytique des points de repérage nécessaires à l'orientation extérieure des photographies. Cette précision assure également une présentation homogène et correcte des relevés pour les hauts monuments qui ont peu d'espace disponible autour d'eux.

щадка для двух фототеодолитов. В следующей части описываются собственные работы по изготовлению кадров, примененный фотографический материал и выбор и определение опознаков. Точность определения опознаков фотограмметрическим способом выведена в следующей части статьи. Окончательные измерения содержат чертежи в масштабах 1:20 и 1:10. Такие крупные масштабы были применены из-за того, чтобы мочь заменить поврежденные камни, так как на этих фотопланах можно легко с достаточной точностью определить их размеры, потому что видны контуры камня и строительного раствора.

ZUSAMMENFASSUNG

Photogrammetrische Messung zwecks Restaurierung der Fassaden der Schwarzen Kirche in Brasov

Der Autor berichtet zunächst über die Historie des Baudenkmals und über das technische Verfahren der Herstellung von Messbildern und über die Anbringung der Basis. Der Phototheodolit musste für die Bildaufnahme von einer Entfernung von 5 bis 9,5 m gestaltet werden. Die Messbilder wurden von einem Autokran bis zu einer Höhe von 24 m aufgenommen, wobei ein spezieller Arbeitsboden für zwei Phototheodolite errichtet wurde. Im weiteren Teil werden die eigentlichen Aufnahmearbeiten, das angewendete Bildmaterial und die Wahl und Bestimmung der Passpunkte beschrieben. Die Genauigkeit der Passpunktbestimmung wird im weiteren Abschnitt des Beitrages abgeleitet. Das endgültige Messergebnis sind Pläne im Masstab 1:20 und 1:10. Ein so grosser Masstab wurde deshalb gewählt, um die beschädigten Bausteine ersetzen zu können, weil auf diesen Bildplänen ihre Abmessungen mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden können, da der Umriss des Steines und des Mörtels sichtbar ist.

Emploi de la photogrammétrie dans l'étude de la consolidation du monument historique du Monastère d'Arnota

par Ing. ANDREI OVIDIU,
IPROMIN, Bucureșt

Le Monastère d'Arnota est un important monument historique de Roumanie. Ce monastère a été bâti au XVIIe siècle par Matei Basarab, qui a été l'un des plus brillants voïvodes de la Valachie. A part son antiquité, l'importance du monument historique réside tant dans le fait qu'on y rencontre le tombeau du voïvode Matei Basarab, que dans le fait que sur les parois intérieures du monastère se sont conservées en très bon état les peintures originales en fresque. Après des siècles d'existence, ce monument historique est, actuellement, en danger de dégradation. Pour éviter cette éventualité qui représenterait une perte irréparable, on a pris des mesures afin d'exécuter des travaux de consolidation du bâtiment du monastère et des travaux qui préservent le détachement et la dégradation des fresques. Ces travaux exigent une documentation très exacte qui va être utilisée à deux fins, à savoir:

— comme matériel de base pour l'étude et la projection de la consolidation;

— comme matériel de base pour contrôler le comportement du monument pendant une période plus longue.

La documentation a été élaborée par stéréophotogrammétrie.

Dans ce qui suit on va exposer d'une manière succincte les opérations de mesurage.

En ce qui concerne les opérations de terrain, elles ont consisté au repérage et à la prise des photographes.

Comme repères on a utilisé de petits carrés en papier blanc, ayant un côté de 2 cm, sur lesquels on a dessiné à l'encre de Chine rouge, 2 triangles opposés aux pointes. Ces repères ont été collés sur les parois extérieures et intérieures. Une partie de ces repères ont été placés à un même niveau, servant ainsi pour le marquage d'une ligne de référence, ayant arbitrairement $Z = 2.000$ m.

L'emplacement des repères du niveau conventionnel a été dirigé par la nivelle Koni 007, en obtenant finalement une précision d'emplacement de $Z = 2.000 \text{ m} \pm 0,0001 \text{ m}$.

La détermination des coordonnées x, y, z des repères a été faite en système local, conformément à un cheminement parallactique de précision.

Pour ce cheminement on a utilisé un théodolite T 010 et une mire horizontale Bala de 2 m, à des stations fixes. Pour l'opération de mesurage du che-

minement on a choisi un côté de base où sont restés sur le terrain 2 trépieds centrés. Les autres trépieds centrés sur les stations fixes ont été permutés successivement jusqu'à l'arrivée du cheminement sur le côté de base. En calculant de cheminement ainsi mesuré, on a trouvé les discordances suivantes:

$$\begin{aligned} \delta = z &= 33 \text{ cc} \\ \delta = x &= 0,00009 \text{ m} \\ \delta = y &= 0,00243 \text{ m} \end{aligned}$$

Ces discordances ont été compensées sur les 8 stations du cheminement, en résultant pour chaque station une correction de:

$$\begin{aligned} V_z &= 4 \text{ cc} \\ V_x &= 0,00001 \text{ m} \\ V_y &= 0,00060 \text{ m} \end{aligned}$$

Pour tous les repères, collés sur les façades du monastère, on a mesuré les angles azimutaux et zénithaux, pendant même le développement du cheminement.

Les coordonnées x, y, z de chaque repère ont été calculées par intersection directe.

L'écart moyen obtenu dans la détermination des coordonnées des repères a été de:

$$\begin{aligned} \delta_x &= 0,0005 \\ \delta_y &= 0,0005 \\ \delta_z &= 0,0003 \end{aligned}$$

L'erreur moyenne quadratique de la détermination des repères a été de:

$$\begin{aligned} m_x &= \pm 0,0003 \\ m_y &= \pm 0,0003 \\ m_z &= \pm 0,0002 \end{aligned}$$

Selon ce repérage rapporté dans le plan, à l'échelle de $1/20$, on a tracé l'axe longitudinal de symétrie de l'édifice. En fonction de cet axe, on a tracé à l'extérieur et à l'intérieur de l'édifice les directions sur lesquelles on a placé les bases photogrammétriques. Ainsi la prise photogrammétrique a été effectuée sur des bases correspondant à la géométrie de la construction. La prise des photographes a été faite en utilisant un photothéodolite du type Zeiss Phothéo 19/1318, ayant le $C_k = 194,57$. Parce que la prise des photographes a été réalisée à des distances comprises entre 6 — 13 m, on a opéré la modification de la distance focale du photothéodolite, en appliquant des cadres additionnels entre le plan focal du photothéodolite et la plaque photographique.

En fonction de la distance, on a utilisé deux types de cadres, à des différentes épaisseurs, tel qu'on a montré dans le tableau n° 1.

Tableau n° 1

Epaisseur du cadre	Domaine où l'on obtient une image avec le maximum de clarté
1,80 m	11 m — 20 m
5,00 m	6 m — 10 m

En utilisant ces cadres, on a obtenu avec le photothéodolite du type Zeiss Phothéo 19/1318 de très bons photographes en photographiant d'une petite distance. Puisque pour les bases qui ont moins de 2 m, la lunette du photothéodolite Phothéo ne peut plus focaliser correctement sur la mirette, on a attaché à l'oculaire des viseurs supplémentaires qui ont permis l'orientation correcte de la direction de prise des photos même pour des bases très courtes.

Pour la prise photogrammétrique dans la direction des plafonds du monastère on a utilisé un dispositif à miroir plan, qui a été monté devant l'objectif du photothéodolite Phothéo 19/1318. Cela a rendu possible l'utilisation du photothéodolite Phothéo 19/1318 pour les prises photogrammétriques en direction verticale.

Comme matériel photographique pour la prise des vues des façades extérieures on a utilisé les plaques orthochromatiques ORWO-TO 1, et pour les parois intérieures on a utilisé des plaques panchromatiques ORWO-NP-22.

Puisqu' à l'intérieur de l'église il y a peu de lumière, la prise de vues photogrammétriques des parois intérieures a été réalisée en illuminant les parois par l'intermédiaire de 6 ampoules à luminescence, du type ELECTROFAR, 500 W.

La restitution des photographes, ainsi pris, a été faite au stéréoautographe du type Zeiss Iéna 1318 EL.

Parce que le stéréoautographe du type Zeiss 1318 EL ne permet pas d'inscrire une distance focale de plus de 198 mm, la restitution des photographes pris en utilisant les cadres additionnels a été effectuée en transformant le faisceau photogrammétrique. La documentation obtenue par restitution a été rédigée à l'échelle $1/20$ et comprend les pièces suivantes:

- section en plan horizontal de l'édifice, au niveau arbitrairement choisi $Z = 2.000$ m;
- section en plan horizontal de l'édifice au niveau du plancher;
- relevés des parois extérieures;
- relevés des parois intérieures;
- profil dirigé selon l'axe de symétrie de l'édifice;

— profils dirigés perpendiculairement à l'axe de symétrie de l'édifice;

— photorelevés, à l'échelle $1/10$ et $1/50$, des fissures dangereuses.

La précision obtenue pour cette documentation résulte de la comparaison des distances entre les repères et les cotes déterminées par voie tachymétrique, avec les distances respectives et cotes déterminées par voie photogrammétrique, telle qu'on la présente dans le tableau n° 2.

On a constaté que les différences entre les distances et les cotes déterminées par voie tachymétrique et les distances et les cotes déterminées par voie photogrammétrique, varient entre $\pm 2,2$ mm et $-0,5$ mm.

Nous estimons que ce résultat justifie les considérations suivantes:

— Pour le présent travail, nous pensons que par la stéréophotogrammétrie à petite distance on a pu obtenir une documentation complète et très précise, correspondant à l'étude et au projet de consolidation.

On estime aussi qu'on peut contrôler le comportement du monument pendant une durée plus longue, après la consolidation, en répétant, à des intervalles convenables, les déterminations stéréophotogrammétriques ayant une précision similaire à celle obtenue dans le travail ci-présenté.

Nous estimons qu'il est possible de dépister les tassements et les déplacements du monument qui vont dépasser l'amplitude de 2 mm.

On considère aussi que pour le contrôle du comportement du monument après la consolidation, suffisent seulement les prises de vues photogrammétriques pour les parois extérieures.

Les travaux sur le terrain seraient ainsi beaucoup simplifiés et il nécessiterait plus les opérations très difficiles concernant la prise de vues photogrammétriques des parois intérieures.

L'élaboration-même de la documentation de contrôle serait plus simple, ce qui, finalement, influencerait d'une manière favorable l'aspect économique.

— L'idée d'appliquer un cadre additionnel au photothéodolite Phothéo 19/1318, pour la photogrammétrie à petite distance, peut être utilisée aussi pour l'étude d'autres phénomènes comme seraient les déplacements ou les courbements des poutres, les déformations des outillages etc. . .

On pourrait — en ce sens — beaucoup élargir le domaine où l'on peut utiliser l'équipement standard de la photogrammétrie terrestre.

— Nous considérons aussi que l'utilisation du photothéodolite Phothéo 19/1318, ayant cette modification, est préférable à une stéréocamera à base fixe à 1 m de longueur.

Et cela, puisque forcément une telle stéréocamera a une distance focale petite et le format des photographes a des dimensions réduites.

Par contre, en appliquant un cadre intermédiaire au photothéodolite, on a l'avantage que, pour les prises de vues photogrammétriques à des distances comprises dans l'intervalle de 6 — 20 m, on peut réaliser le plus favorable rapport de la base, en travaillant en même temps avec une distance focale d'environ 200 mm.

Or, parce que les distances de prise de vues photogrammétriques — comprises entre 6 — 20 m — sont les plus souvent utilisées dans la photogrammétrie appliquée à des fins non topographiques, nous considérons que l'application du cadre additionnel au photothéodolite est une solution aussi utile que facile à réaliser.

Tableau n° 2

Repères entre lesquels on a calculé la distance et la différence de cote	Valeur de la distance exprimée en mm $l = \sqrt{\Delta u^2 + \Delta y^2}$		Différence exprimé en mm $\Delta l = l_{tach} - l_{photo}$	Cote du repère en mm Z		Différence exprimé en mm $\Delta z = Z_{tach} - Z_{photo}$
	Détermination tachymétrique l_{tach}	Détermination photogrammétrique l_{photo}		Détermination tachymétrique Z_{tach}	Détermination photogrammétrique Z_{photo}	
R1 R2	1,7376	1,7373	+ 0,3	2,0000 2,0000	2,0005 2,0000	- 0,5 0,0
R2 R3	1,5603	1,5614	- 1,1	2,0000 2,0000	2,0000 2,0000	0,0 0,0
R15 R16	1,1051	1,1051	0,0	2,0000 2,0000	2,0000 1,9995	0,0 + 0,5
R1 R1'	Placées sur même verticale			2,0000 4,6287	2,0000 4,6289	0,0 - 0,2
R4 R4'	Placées sur même verticale			2,0000 4,5772	2,0005 4,5750	- 0,5 + 2,2

SUMMARY

The Use of Photogrammetry for Investigation Procedures in Preserving Historical Monument of Arnot Monastery

The monastery at Arnot dating back to the 17th century is one of the very interesting monuments with original frescoes preserved. Very precise basic materials needed for preserving the prescoes were provided by means of stereophotogrammetry. The photogrammetric pictures were made by Zeiss Photoe 19/1318 Phototheo-

dolite with modified focus for taking shots within the range of from 6 to 13 metres. The basic materials have proved that the modified Zeiss Photoe 19/1318 Phototheodolite fully answers to measurements at shorter distances from the area observed and can be used for observing masonry sags and defects that exceed 2 mm. The idea of using additional frames to the phototheodolite can be also applied in observing beam shifts and sags and further deformations, which spreads the application of photogrammetry into further scientific disciplines.

РЕЗЮМЕ

Применение фотограмметрии для изучения при обеспечении исторического памятника-монастыря в Арноте

Монастырь в Арноте относящийся к 17 веку является одним из выдающихся памятников, где сохранились оригинальные фрески, находящиеся теперь под угрозой; для их сохранения надо было разработать очень точную документацию. Для этой цели было применено стереофотограмметрии. Фотограмметрические снимки были изготовлены фототеодолитом Цейсс Фотео 19/1318 с приспособлением фокуса для изготовления кадров с 6 по 13 м. На основании изготовленной документации было установлено, что приспособленный фототеодолит Цейсс Фотео 19/1318 вполне удовлетворяет работы для меньших расстояний от документированной площади, можно следить и за повреждениями кладки, если эти значения меньше чем 2 мм. Идею использовать добавочных рамок к фототеодолиту можно применить и при установлении свдигов и прогибов балок и других деформаций; таким образом использование фотограмметрии расширяется в случае потребности и на следующие отрасли науки.

ZUSAMMENFASSUNG

Anwendung der Photogrammetrie zum Studium bei der Sicherung des historisch wertvollen Klosters in Arnot.

Das Kloster in Arnot aus dem 17. Jahrhundert gehört zu den bedeutungsvollen Baudenkmalern, wo sich gut erhaltene Originalfresken befinden, die bedroht sind und zu deren Rettung eine äusserst genaue Dokumentation erarbeitet werden musste. Dies wurde mittels der Stereophotogrammetrie erreicht. Die Bildaufnahmen wurden mit dem Phototheodolit Zeiss Photoe 19/1318, mit Gestaltung der Brennweite für Nahaufnahmen von 6 bis 13 m, vorgenommen. Auf Grund der ausgearbeiteten Dokumentation konnte man feststellen, dass der so umgearbeitete Phototheodolit Zeiss Photoe 19/1318 für kleinere Abstände von der dokumentierten Fläche vollstermassen entspricht und Senkungen und Beschädigungen des Mauerwerkes, falls sie kleiner als 2 mm sind, verfolgt werden können. Der Gedanke der Anwendung zusätzlicher Rahmen zum Phototheodolit kann auch bei der Bestimmung von Verschiebungen und Balkendurchbiegungen sowie bei anderen Deformationen appliziert werden, wodurch sich die Anwendung der Photogrammetrie eventuell auch auf weitere wissenschaftliche Gebiete erstrecken kann.

Restitution numérique des couples de clichés stéréophotogrammétriques

par GUNNAR REDELIUS,
Service central des Monuments Historiques de Suède

Les activités photogrammétriques ont débuté, dans le courant de l'été 1970, au Service central des Monuments historiques de Suède. Précédemment, une formation et certains essais de photogrammétrie terrestre avaient été effectués à l'Institut de Photogrammétrie de l'Ecole supérieure Polytechnique de Stockholm. Le Professeur Bertil Hallert avait été chargé de cette formation et de ces activités expérimentales et il avait généreusement fourni les instruments et équipements nécessaires. Le Service des Monuments historiques a eu l'avantage d'utiliser les ressources de cet Institut, ce qui a été du plus haut intérêt au début de nos activités. Il est probable que dans l'avenir nous devons nous procurer notre propre équipement.

Au cours de ma formation à l'Institut du Professeur Hallert, j'ai eu l'occasion de m'initier à toutes les formes de restitutions stéréophotogrammétriques, mais je me suis orienté particulièrement sur la photogrammétrie analytique, cette méthode offrant, à mon avis, d'importants avantages pratiques et économiques. L'Institut dispose d'un stéréocomparateur de premier ordre, Wild StK 824, et mes collègues ont établi un programme d'ordinateur spécialement adapté à mes travaux. Dans ces conditions excellentes, j'ai pu effectuer un grand nombre de travaux et je voudrais exposer brièvement les expériences que nous avons recueillies au cours de nos recherches dans une petite ville proche de Stockholm.

En Scandinavie, un grand nombre de villes sont, de nos jours encore, composées de maisons en bois. Il s'agit en général de petites villes dont les constructions sont basses et insignifiantes. Chaque maison n'a souvent pas grande valeur en soi, mais l'ensemble peut être d'un grand intérêt, étant donné qu'il ne se retrouve pas dans d'autres régions de l'Europe. On peut parler des „villes nordiques en bois“ comme d'un phénomène architectonique, mais aussi comme d'un ensemble de constructions d'une importante valeur esthétique. En Suède, on rencontre plusieurs de ces villes le long de la côte orientale, du nord au sud. Certaines, situées plus à l'intérieur des terres, sont d'anciens centres commerciaux remontant au Moyen Âge. Dans ce cas, le plan urbain médiéval est encore partiellement conservé, mais d'ordinaire la planification urbaine et les constructions datent du XIX^{ème} siècle. Des raisons précises expliquent pourquoi ces villes de

bois présentent un caractère homogène et uniforme.

Des incendies pouvaient se produire et devenaient toujours des catastrophes. Les constructions étaient complètement rasées et tout devait être édifié à nouveau. C'est pourquoi on peut fréquemment faire dater les constructions actuelles d'une période précise, un incendie destructeur s'étant produit au cours du XIX^{ème} siècle.

De nos jours on ne craint plus les incendies ni les catastrophes naturelles — et l'on ne veut pas croire à une guerre totale. Ce sont désormais les forces économiques qui décident de la forme des villes. Ce phénomène se rencontre dans le monde entier. De plus, dans certains cas, la circulation moderne impose des modifications au plan d'urbanisation et aux constructions. Aussi peut-il être difficile de sauvegarder les vieux centres des villes, qui ne sont plus adaptés à notre époque. Et pourtant nous voulons les conserver, parce qu'ils représentent une étape de l'évolution historique ou bien parce qu'ils ont une certaine valeur comme milieu de construction. Ces questions entraînent toujours des discussions entre personnes d'avis opposés. Le problème est partout le même. Dans bien des cas, c'est peut-être manquer de réalisme que de vouloir conserver un vieux bâtiment en bois, mais on doit alors, au moins, rassembler une documentation sur ce qui a existé jadis. C'est là que la photogrammétrie peut jouer un rôle important.

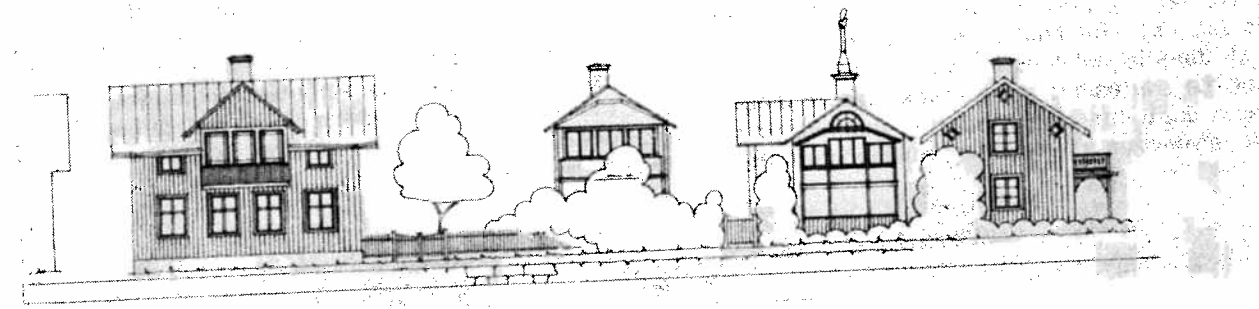
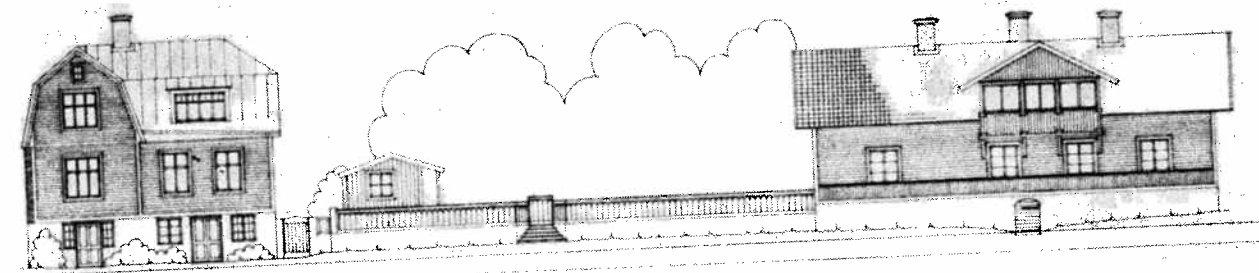
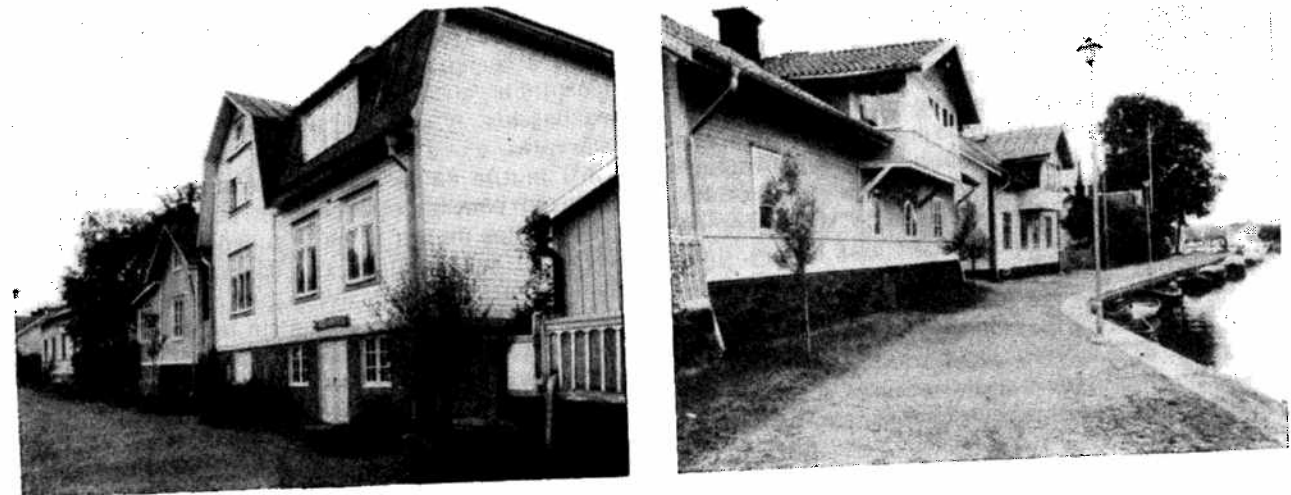
Pendant l'été et l'automne 1970, le Service des Monuments historiques a concentré son intérêt sur la petite ville de Trosa, située à environ 80 km au sud de Stockholm, à l'embouchure d'une petite rivière s'écoulant dans la Baltique. De tous temps, la population a vécu de la pêche et d'un peu de cultures. A l'origine, la ville était située un peu plus en amont sur la rivière, mais elle s'était déplacée au XVII^{ème} siècle vers son emplacement actuel. En 1719, la ville fut brûlée par les Russes, puis reconstruite. De cette époque, il ne reste qu'une seule maison. Les constructions actuelles du centre ont été édifiées à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle, ou même plus tard. Il ne s'agit donc pas de constructions remarquables parce que particulièrement anciennes, mais l'ensemble constitue un milieu très apprécié de nos jours. Les maisons d'habitation sont soit à proximité immédiate de la rivière, soit sur la rue centrale, à l'autre ex-

trémité des terrains. Nombre d'entre elles sont entourées de beaux jardins. Fréquemment des habitants de Stockholm ont acheté ces maisons pour en faire leur résidence d'été. A Trosa, règnent le calme et la paix: on appelle souvent Trosa „une idylle endormie“, ou encore „le bout du monde“, car la route ne va pas plus loin.

Qu'avons-nous donc fait dans cette petite ville? Nous l'avons choisie comme objet d'expérience pour une documentation photogrammétrique combinée à un inventaire historique des bâtiments, c'est-à-dire à une évaluation de chaque maison du point de vue de l'histoire de l'art. De plus on a eu l'occasion d'étudier certains problèmes de circulation, la ville étant, en été, envahie par les automo-

biles de tous les vacanciers qui résident alentour. Cette circulation estivale est complètement disproportionnée aux rues étroites et aux petits ponts qui franchissent la rivière. La circulation constitue une menace pour les vieilles constructions, d'une part en raison des vibrations qu'elle provoque, d'autre part du fait des exigences qu'elle pose en matière de parkings.

La documentation photogrammétrique a donc été intégrée dans un contexte plus étendu, ce qui, je crois, présente une grande importance. La documentation a été réalisée dans un but précis. D'abord les photos doivent donner une idée de l'aspect de la ville au moment considéré. Ensuite, il doit être possible de transformer ces photos en dessins, sans



grandes dépenses. Ces dessins doivent pouvoir fournir une vue d'ensemble des constructions de la ville. Ce ne sont pas les maisons prises séparément qui constituent l'essentiel, mais l'ensemble, c'est-à-dire la présentation de la façade de toute une rue. Un tel dessin constitue une documentation pour l'avenir, mais il peut aussi jouer un rôle dans le débat présent: il influe sur l'opinion. Grâce à lui on peut faire ressortir les qualités artistiques que renferme un milieu de construction uniforme. De ce fait, le dessin lui-même peut contribuer à la sauvegarde de maisons menacées de démolition. Le dessin de la façade de toute une rue est également important pour apprécier la conformation d'une nouvelle construction.

Pour la documentation photogrammétrique, nous avons utilisé l'appareil bien connu, Zeiss SMK 120. Une documentation portant sur une vaste zone nécessite un grand nombre d'images. C'est pourquoi il est nécessaire que la photographie et la restitution soient effectuées rapidement. Nous avons trouvé que c'était possible, si l'on utilise la photogrammétrie analytique au lieu de la restitution par appareils stéréophotogrammétriques. La photographie est plus rapide du fait que l'on peut régler arbitrairement l'appareil. Les instruments stéréoscopiques exigent un certain recul et certains angles, qui ne doivent pas être dépassés. Ces limites ne sont pas imposées dans le cas de restitution analytique. Tout peut être calculé par mesures dans un stéréocomparateur et par traitement automatique des données. On dresse un état des mesures à l'aide duquel le bâtiment peut être redessiné sur une table à dessin ordinaire.

Cette méthode présente également plusieurs avantages. Les mesures et la restitution sont deux opérations entièrement différentes qui n'ont pas besoin d'être effectuées par la même personne. Les mesures à l'aide d'un stéréocomparateur peuvent être effectuées après un minimum d'entraînement et le dessin peut être confié à un spécialiste dans ce domaine. De plus, la réalisation du dessin ne requiert aucun temps d'emploi d'instruments, ce qui est très important pour les coûts. Un bâtiment d'importance réduite peut être dessiné à l'aide d'environ 60 points, dont la mesure peut être effectuée en 60 minutes environ, y compris le temps d'introduction des photos dans l'instrument. C'est pourquoi nous travaillons selon la méthode suivante: les photos sont reproduites en 30 secondes au format 18 X 24 cm. Sur une telle reproduction, on indique et numérote les points nécessaires au dessin du bâtiment. La reproduction est transmise à la personne qui doit effectuer les mesures. Deux points (d'ordinaire sur la façade) sont choisis, pour définir le plan vertical, dans lequel tous les autres devront être projetés. Le traitement automatique des données comprend donc une transformation qui fournit un plan de projection convenable, indépendant de l'angle

de l'appareil par rapport à l'objet. On prévoit généralement de 8 à 10 photos dans un ensemble. Chacune comporte de 40 à 70 points, parfois plus.

Des observations peuvent naturellement être formulées à l'encontre de cette méthode. Il n'est pas possible de dessiner tous les bâtiments à l'aide de quelques points. Ceci notamment en ce qui concerne les bâtiments dont l'ornementation ou la maçonnerie sont compliquées. Mais dans les conditions dans lesquelles nous travaillons, c'est assez rare. La majorité des constructions présentent un caractère régulier et simple, ce qui permet de mesurer à partir d'un nombre de points choisis arbitrairement. Bien entendu ceux-ci doivent être choisis avec soin, mais l'expérience a prouvé que de nombreuses mesures peuvent être effectuées avec une exactitude suffisante, si l'on dispose seulement de quelques bases sûres. Ces points sont mesurés avec une grande précision mais on peut entre eux se livrer à certaines appréciations. C'est parfaitement acceptable, si l'on utilise une échelle de 1/100 pour les dessins. A cette échelle, tous les détails sont présentés d'une manière très schématique, aussi est-il inutile de se livrer à des mesures détaillées. Celles-ci peuvent être concentrées sur des parties importantes du toit et de la façade, notamment aux portes et aux fenêtres. Par comparaison avec bien d'autres pays, nous n'avons pas une grande expérience de la photogrammétrie terrestre, mais la méthode que j'ai exposée a fonctionné parfaitement. Nous avons obtenu les résultats que nous recherchions, dans la petite ville de Trosa.

Pour terminer, je me permettrai de vous présenter quelques réflexions personnelles. Il est très généralement admis que la photogrammétrie a un rôle important à jouer dans la conservation des monuments historiques, mais je crois qu'il serait dangereux de laisser la prédominance aux aspects techniques. Les instruments modernes, qui existent actuellement, sont d'une très grande qualité et l'on peut pousser très loin, si on le désire, la précision des mesures. Dans certains cas cela est justifié, mais nombre d'autres tâches doivent être effectuées d'une autre manière. Il convient d'obtenir rapidement des dessins montrant, à grands traits, un ensemble de construction et leur situation réciproque. C'est ce matériel documentaire qui intéressera les historiens de l'avenir. Nous nous sommes consacrés depuis longtemps à l'étude de monuments historiques isolés, ce qui est parfaitement normal, mais n'est pas suffisant. Il est nécessaire de permettre aux chercheurs de l'avenir de se rendre compte du milieu de constructions dans lequel nous vivons. A cet égard la photogrammétrie revêt une grande importance, mais ces activités ne doivent pas être exercées comme des activités techniques. L'essentiel est de faire quelque chose qui puisse fournir des réponses aux questions qui pourront être posées dans l'avenir.

SUMMARY

Numerical Plotting of Stereophotograms

The Central Service of Historical Monuments in Sweden (Service Central des Monuments Historiques de Suède) started photogrammetric work in 1970. The preliminary work was run by Professor B. Hallert. The first work was carried out in the town of Trosa (80 km from Stockholm) with a number of wooden houses dating back to the 19th and 20th century. At the same time problems of transportation with respect to the shakes of houses were investigated. In surveying the well-known Zeiss SMK 120 Camera was used, the plotting being carried out automatically, which seemed to be of particular interest in the given case. From the work accomplished we can learn that photogrammetry is of great importance for preservation of historical monuments. Yet, we must not forget that a number of further tasks will have to be performed in other way.

РЕЗЮМЕ

Аналитическая обработка стереофотограмметрических снимков

В шведской Центральной службе исторических памятников (Service central des Monuments historiques de Suède) начались фотограмметрические работы в 1970 г. Подготовительными работами руководил проф. Б. Галлерт. Первые работы были совершены в малом городе Троса, в расстоянии 80 км от Стокгольма, где находится ряд деревянных домов относящихся преимущественно к 19 и 20 векам. Одновременно были изучены и проблемы транспорта учитывая

согрессия земли. Для документации была применена известная камера Цейсс SMK 120, причем обработка была произведена аналитически; это для данной задачи являлось в данном случае особенно подходящим. На основании совершенных работ был получен первый опыт, из которого вытекает, что имеется значение фотограмметрии для охраны памятников старины, однако надо осознать, что ряд дальнейших задач надо обеспечивать и при помощи других способов.

ZUSAMMENFASSUNG

Numerische Auswertung stereophotogrammetrischer Messbilder

Im Schwedischen Zentraldienst für historische Denkmäler (Service central des Monuments historiques de Suède) wurde mit photogrammetrischen Arbeiten im Jahre 1970 begonnen. Die Vorbereitungsarbeiten wurden von Prof. B. Hallert geleitet. Die ersten Arbeiten erfolgten in der Stadt Trosa, 80 km von Stockholm, wo sich eine ganze Reihe von Holzhäusern, überwiegendenteils aus dem 19. und 20. Jahrhundert, befindet. Gleichzeitig wurden auch Verkehrsprobleme mit Hinsicht auf die Gebäudeerschütterungen studiert. Zur Dokumentation wurde die bekannte Messbildkammer SMK 120 angewendet, wobei die Auswertung analytisch durchgeführt wurde, was für die gegebene Aufgabe in diesem Falle besonders vorteilhaft erscheint. Auf Grund der ausgeführten Arbeiten wurden die ersten Erfahrungen erzielt, die erweisen, dass die Photogrammetrie für die Denkmalpflege von grosser Bedeutung ist, dass man aber auch dessen bewusst sein muss, dass viele andere Arbeiten auch mittels anderen Methoden ausgeführt werden müssen.

Rationalisation économique des méthodes de photogrammétrie terrestre dans les opérations de levé topographique de bâtiments

par JOSEF ŠMIDRKAL, Ingénieur,
Candidat ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté de construction
de l'École polytechnique de Prague (ČVUT)

Depuis 1958, le laboratoire de photogrammétrie de la Faculté du Bâtiment de l'École polytechnique de Prague a mis au point et fabriqué, pour l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques et de la Nature de Prague, ainsi que pour plusieurs autres organismes, tels que les Entreprises nationales Inženýrská geodézie de Pardubice et Geoindustria, la Société nationale des Chemins de Fer tchécoslovaques (ČSD), toute une série de dispositifs, de construction spéciale, destinés aux opérations de levé photogramétrique de façades et de coupes de bâtiments. Au cours de ces travaux, la faculté d'application pratique de plusieurs méthodes et de certains perfectionnements dont elles ont fait l'objet, a été éprouvée. Ces essais avaient pour but de rationaliser les méthodes photogramétriques, en particulier de réduire le volume des travaux sur le terrain, ainsi que la part de ces travaux dans les mesures topographiques.

On utilise couramment, à l'heure actuelle, dans les opérations de levé photogramétrique de bâtiments, les méthodes photogramétriques à cliché unique. Ces méthodes utilisent, dans l'exécution de plans de façades, des appareils de redressement optiques SEG I capables d'agrandir, dans le rapport de $1/5$ au plus, les clichés disponibles.

Le redressement proprement dit se fait à l'aide de points de contrôle disposés dans les coins des clichés de mesure. Les points de contrôle sont déterminés par levé topographique, soit par la méthode d'intersection directe, soit en utilisant, à cet effet, une méthode plus simple qui consiste à ne prendre que deux points se trouvant sur une perpendiculaire commune tracée au fil à plomb. La mesure des distances verticales se fait directement au ruban. L'éloignement entre deux verticales est déterminé par mesure périmétrique, tandis que leur détermination altimétrique se fait par nivellement. Cette méthode, qui est des plus économiques, présente toutefois un inconvénient sérieux. En effet, elle n'est applicable que dans le cas de bâtiments accessibles. De nouvelles difficultés surgissent dès que l'on a affaire à des bâtiments disposés en plusieurs plans, le redressement de chaque plan devant alors se faire séparément.

La restitution de bâtiments à façades complexes se fait à l'aide de méthodes de la stéréophotogram-

métrie terrestre. Dans le cas de clichés pris à l'aide de photothéodolites Photo 19/1318, les couples de clichés sont restitués d'habitude par les stéréoautographes Zeiss 1318 (cas de clichés où la base stéréophotogramétrique a pu être choisie parallèlement à la façade de l'immeuble photographié) ou par des stéréomètres (cas de clichés où l'on est dans l'impossibilité de choisir une base parallèle à la façade de bâtiment).

Les opérations de restitution de couples de clichés stéréophotogramétriques exigent, elles aussi, l'emploi de points de contrôle, au nombre de 3 au moins pour chaque base photogramétrique.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, au cours de ces dernières années, nous avons cherché à mettre au point de nouvelles méthodes de travail applicables; dont l'emploi réduirait les travaux sur le terrain à un minimum indispensable tout en permettant d'utiliser, sans restriction aucune, l'ensemble de l'équipement existant des laboratoires de photogrammétrie en service sur le territoire tchécoslovaque.

Notre intention est donc, dans les pages suivantes, d'attirer l'attention des spécialistes sur deux possibilités dont la réalisation permettrait sans nul doute de rationaliser les mesures photogramétriques de bâtiments, possibilités dont la réalisation peut être entreprise en Tchécoslovaquie.

1. — Détermination des points de contrôle nécessaires à la méthode de restitution utilisant la stéréophotogrammétrie.

L'un des procédés, permettant de déterminer les points de contrôle nécessaires, est l'utilisation de couples de clichés conjugués. On utilisera avec profit, à cette fin, les procédés de solution numérique donnés par la méthode de la photogrammétrie par intersection dans la forme que lui a donnée Meyer (3), (4) et (5), ou encore les méthodes purement analytiques de la photogrammétrie terrestre. Pour être à même de remplir les conditions concernant le degré de précision des opérations de levé des bâtiments, telles qu'elles sont spécifiées en Tchécoslovaquie par l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques et de la Nature, nous nous sommes efforcés d'établir des procédés de détermination des points de contrôle plus

simples, ce qui nous a mené à élaborer la méthode de restitution numérique sur stéréoautographe. La méthode est la suivante: une fois orientés les clichés formant le couple dans le stéréoautographe, on fait la lecture ou on enregistre, l'échelle du modèle étant judicieusement choisie, les coordonnées-modèle des divers points. Les coordonnées-modèle ainsi déterminées peuvent être utilisées soit au tracé direct du canevas de points de contrôle, ou, le cas échéant, elles peuvent encore être transformées en système de coordonnées topographiques. Bien que cette méthode soit, en elle-même, suffisamment connue des spécialistes, il était pourtant nécessaire de vérifier expérimentalement si le degré de précision donné par la méthode s'avérait suffisant dans le cas considéré.

Les travaux sur le terrain s'en trouveraient limités au choix des bases pour les mesures stéréophotogramétriques. Dans le cas du Photothéodolite Photo 19/1318, leur longueur serait donnée par la relation $b = \frac{y}{5}$ à $\frac{y}{8}$, où b est la longueur des bases en question et y la distance de prise de vues. Les bases retenues devraient être, dans la mesure du possible, parallèles aux façades des bâtiments photographiés. Seul un nombre minimal de points de contrôle peut être relevé topographiquement pour éliminer les erreurs dues à l'orientation externe. Trois points de contrôle seulement sont en général nécessaires pour éliminer les erreurs dues aux imprécisions du relevé des composantes de la base ($b_x = b \cdot \cos \varphi$, $b_y = b \cdot \sin \varphi$, où φ est l'obliquité) et un troisième point de contrôle destiné à éliminer l'erreur due à la convergence ou à la divergence des axes de prise de vues $d\gamma$.

Les opérations de mesure de contrôle effectuées sur la façade complexe de l'église de Zbraslav font l'objet de la thèse de Bálek (1). Pour une largeur de 40 m et une hauteur de 25 m, la disposition des plans de façade de l'église s'étend sur une profondeur de 25 m. Sur les 54 points de contrôle utilisés et situés sur les différents plans, 29 étaient signalés par des signaux de dimensions 5 X 5 cm et n'étaient pas signalés.

La détermination par méthode topographique des points de contrôle a été effectuée par intersection en utilisant, à cet effet, un théodolite Theo 010. Les erreurs moyennes quadratiques de la détermination, dans le cas de points signalés, étaient les suivants: $m_x = \pm 1,3$ mm; $m_y = \pm 3,5$ mm; $m_z = \pm 3,0$ mm. Dans le cas de points non signalés, les erreurs moyennes quadratiques des mesures topographiques étaient de $m_x = \pm 4,8$ mm; $m_y = \pm 8,1$ mm et $m_z = \pm 8,1$ mm.

Les résultats des mesures topographiques étaient donc à même fournir un canevas de points de contrôle suffisamment précis.

Les clichés de l'église ont été pris à partir de 3 bases stéréophotogramétriques à l'aide d'un photothéodolite Photo 19/1318 sur plaque TO - 1 (produit des Etablissements Orwo Wolfen). La restitution des couples de clichés a été réalisée sur un

stéréoautographe Zeiss 1318 à l'échelle du modèle de $1/100$ et à l'échelle de $1/200$.

L'orientation du modèle a été obtenue, d'une part à l'aide de points de contrôle judicieusement choisis du canevas des points déterminés par méthode topographique (séparément pour chaque base), et d'autre part, sans recourir aux points de contrôle (uniquement après reconstitution dans l'appareil, d'éléments connus appartenant à l'orientation interne et à l'orientation externe).

Le second procédé a également fait l'objet d'essais en tenant compte des considérations suivantes:

En stéréophotogrammétrie terrestre seules certaines erreurs, dont sont entachés les éléments de l'orientation externe, sont d'importance, à savoir: a — détermination inexacte ou reconstitution inexacte de la composante b_x de la base. Cette erreur est, fort heureusement, très rare, car la mesure directe de la longueur de la base à l'aide d'un ruban étalonné et la restitution de la longueur de la base sur un appareil de restitution convenablement ajusté, sont des opérations pouvant s'effectuer avec le maximum de précision désirable,

b — les erreurs découlant de la détermination ou de la restitution inexactes de la composante b_y de la base — c'est-à-dire la détermination de l'obliquité φ des axes par rapport à la base — sont également très faibles, à condition, bien entendu, d'exécuter très soigneusement les relevés topographiques nécessaires sur le terrain et d'employer un photothéodolite correctement mis au point et un appareil de restitution convenablement ajusté. Ces erreurs sont même négligeables, surtout lorsqu'il s'agit de clichés pris à de faibles distances,

c — les erreurs les plus fréquentes sont celles qui découlent des erreurs de convergence ou de divergence des axes de prise de vues $d\gamma$. Ces erreurs se produisent assez souvent dans le cas de bases de longueurs moins importantes, même lorsqu'on opère avec des chambres métriques bien entretenues, et sont principalement dues à des erreurs de pointé sur les stations voisines.

L'influence de la convergence se manifeste surtout dans la détermination des distances, c'est-à-dire dans la détermination de la coordonnée-modèle y , influence qui est donnée par la formule:

$$dy = \frac{y^2}{b} \left(1 + \frac{x'^2}{f^2} \right) d\gamma$$

dans laquelle b est la longueur de la base. La valeur maximale de b sera de l'ordre de 6 mètres dans le cas de levés pour des cartes dressées à l'échelle de $1/50$ redressées sur l'appareil de redressement SEG - I,

y est la distance séant le point considéré de la station de gauche et mesurée le long de l'axe de prise de vues. Il s'agit donc d'une coordonnée-modèle dont la valeur, lorsqu'on utilise un photothéodolite Photo 19-1318, ne dépasse jamais, dans le cas considéré, 50 mètres,

x" est la coordonnée-cliché du point considéré sur le cliché de droite, dont la valeur — pour un format de 13 X 18 cm — ne dépasse point 80 mm.

De plus, lorsqu'on désire déterminer la profondeur de la disposition structurale des plans du bâtiment considéré avec une erreur maximale $dy = \pm 3$ cm, l'erreur maximale encore admissible due à la convergence sera donnée par la relation:

$$d\gamma_{\max} = \pm 40''$$

Une analyse détaillée des applications pratiques de la méthode stéréophotogrammétrique aux levés de bâtiments [6] a permis d'établir que ces impératifs étaient, dans la plupart des cas, pleinement respectés. Ce résultat, nous a incités à appliquer la méthode de la détermination des points de contrôle à l'aide du stéréoautographe, sans avoir recours à des opérations de contrôle.

Les assais sur le terrain ont porté, d'une part sur un canevas de points signalisés et de point non signalisés et, d'autre part sur un canevas dont l'orientation a été définie en n'utilisant à cet effet que certains points de contrôle déterminés par méthode topographique; de plus, l'orientation du modèle n'a fait l'objet d'aucun contrôle. La lecture des coordonnées-modèle (échelles $1/100$ et $1/200$) a chaque fois été faite en 2 groupes; le degré de précision interne de l'enregistrement des coordonnées-modèle a été également déterminé.

Le degré de précision externe a été déterminé en comparant les coordonnées-modèle, définies par méthode photogrammétrique et ensuite transformées avec les coordonnées relevées par méthode topographique.

Le degré de précision atteint est prouvé par les données figurant dans le tableau ci-dessous:

Points signalisés						
Echelle du modèle	Orientation	m_x	m_y	m_z	m_{xy}	m_{xz}
$1/200$	5 points utilisés	$\pm 1,3$ cm	$\pm 2,3$ cm	$\pm 1,8$ cm	$\pm 2,7$ cm	$\pm 2,2$ cm
$1/100$	5 points utilisés	0,5	1,3	0,4	1,4	0,6
$1/200$	sans points	$\pm 1,0$	$\pm 1,7$	$\pm 1,9$	$\pm 2,2$	$\pm 1,3$
$1/100$	sans points	0,5	1,4	0,9	1,4	1,0

Point non signalisés						
Echelle du modèle	Orientation	m_x	m_y	m_z	m_{xy}	m_{xz}
$1/200$	5 points utilisés	$\pm 2,3$ cm	$\pm 6,0$ cm	$\pm 1,4$ cm	$\pm 6,4$ cm	$\pm 2,7$ cm
$1/100$	5 points utilisés	0,6	3,0	0,7	3,2	0,9
$1/200$	sans points	$\pm 2,1$	$\pm 5,9$	$\pm 1,4$	$\pm 6,3$	$\pm 2,5$
$1/100$	sans points	0,7	3,2	0,9	3,3	1,1

Une lecture attentive des indications fournies par le tableau, ci-dessus, montre que les différences existant entre points signalisés et points non signalisés sont pratiquement négligeables, et qu'il s'avère possible d'utiliser indifféremment les deux types de points de contrôle.

De même, les différences existant entre le procédé utilisant un modèle sans orientation et où la restitution ne repose que sur des éléments bien déterminés, et la reconstitution des orientations interne et externe, sont négligeables. De plus, dans certains

cas, les résultats de restitution étaient moins précis en raison de l'orientation et de la répartition des erreurs résiduelles.

Il est donc possible de simplifier les conditions d'observation en admettant que l'erreur moyenne quadratique du photoplan résultant soit égale à la somme des carrés des erreurs partielles principales. m_{tot} — erreurs moyennes quadratiques propres au photoplan résultant, erreurs dont la valeur réelle sur le terrain ne devrait pas dépasser ± 5 cm pour des échelles de carte allant de 1 : 25 à 1 : 100.

m_{ob} — erreurs moyennes quadratiques entachant la détermination des points de contrôle situés dans le plan du bâtiment photographié;

m_p — erreurs moyennes de redressement, erreurs qui cumulent les influences de la mise en place des points de contrôle, de la distorsion de l'objectif et que l'on peut supposer égales à $\pm 0,3$ mm pris à l'échelle de la carte;

m_o — erreur moyenne quadratique dont est entaché le tracé de la carte originale, erreur qui cumule l'effet de contraction du papier photographique, des erreurs portant sur le repérage des détails, etc. . . et que l'on peut à titre de simplification, également supposer égales à $\pm 0,3$ mm pris à l'échelle de la carte.

Le degré de précision de la détermination des points de contrôle sera alors donné par la relation suivante:

$$m_{\text{vb}}^2 = m_{\text{tot}}^2 - m_p^2 - m_o^2$$

et après substitution

$$m_{\text{vb}} = \pm 2,6 \text{ cm pour des plans à l'échelle } 1 : 100 \\ \pm 2,1 \text{ cm pour des plans à l'échelle } 1 : 50 \\ \pm 2,8 \text{ cm pour des plans à l'échelle } 1 : 25$$

Une rapide comparaison des exigences portant sur le degré de précision de la détermination des points de contrôle, aux résultats obtenus qui figurent dans le tableau, permet de constater qu'il est toujours possible, pour des échelles de l'ordre de 1 : 100 au plus, de garantir le degré de précision exigé de la part des points de contrôle utilisés aux opérations de restitution ultérieures.

Le volume des travaux sur le terrain est ainsi limité à son strict minimum, ce minimum se réduisant au choix et à la mesure des bases ainsi qu'à la détermination des points altimétriques de départ, dans le cas où ceci s'avère nécessaire.

Une comparaison fondée sur une étude économique dans le cas d'opération de levé de la façade de l'église de Zbraslav (surface totale couverte par les façades:

1.000 m² a donné les résultats suivants (1):

Echelle du plan 1 : 50		
Levé topographique	260 heures	6.720 Kcs
Détermination des points de contrôle par méthode stéréophotogrammétrique et redressement	133 heures	4.551 Kcs

Economies de temps réalisées 48 %

Economies de frais réalisées 32 %

Le procédé mis à l'étude a également donné, dans ses applications de levé, de bons résultats dans des opérations de levé de façade de bâtiments compris dans le complexe de l'Université Charles de Prague, ainsi que d'autres bâtiments. Dans tous les cas, le degré de précision atteint a été satisfaisant.

2. — Application de la méthode de la chambre métrique double.

Les chambres métriques doubles sont couramment utilisés à l'étranger, depuis de longues années, pour les opérations de levé de bâtiments et donnent entière satisfaction à leurs utilisateurs. En 1970, de nouvelles chambres métriques doubles des Etablissements Zeiss de Iéna ont été importées en Tchécoslovaquie, il s'agit de deux chambres SMK 5,5/0808 à longueur de base égale à 1,20 m et l'autre à longueur de base de 0,40 m. Une de ces chambres, qui fait actuellement partie de l'équipement du laboratoire de photogrammétrie de la Faculté du Bâtiment, a été essayée dans la pratique au cours d'opérations de levé de bâtiments. La chambre SMK 5,5/0808 est équipée d'objectifs Lamagon f : 56,5 mm; les clichés sont de dimensions 8 X 8 cm et les plaques 9 X 12 cm. On effectue les prises de vues à axe de prise de vues soit vertical soit horizontal. La manipulation de la chambre est simple, les opérations de commande et de contrôle se faisant à l'aide de circuits électriques.

Les clichés pris à l'aide de la chambre métrique double correspondent exactement aux clichés réalisés par stéréophotogrammétrie; les couples de clichés peuvent donc être utilisés à la détermination des points de contrôle nécessaires aux opérations de redressement effectuées sur un appareil de redressement SEG I ou SEG IV, ou encore, utilisés à la restitution stéréophotogrammétrique directe. La méthode de restitution stéréophotogrammétrique directe nécessitant l'emploi d'appareils de restitution de type spécial, dont la Tchécoslovaquie ne dispose pas (appareil de restitution Technokart ou Topokart des Etablissements Zeiss de Iéna), nous nous sommes trouvés dans l'obligation d'utiliser le stéréoautographe Zeiss 1318 EL ou le stéréométrographe qui, toutefois, nécessitent la transformation affine des faisceaux. Les distances c'est-à-dire les coordonnées-modèle y, subissant dans ce cas des déformations affines, sont plus importantes — le triple dans le cas du stéréoautographe et le double dans celui du stéréométrographe. Il ne faut donc jamais perdre de vue cette circonstance lors du choix des distances de prise de vues.

Le tableau, ci-dessous, donne un aperçu succinct des possibilités d'application des chambres SMK.

constante de la chambre $f = 56,53$ mm, $b = 1200,1$ mm
 y = distances de prise de vues

dy = degré de précision réalisable dans la détermination des distances, les parallaxes horizontales p étant mesurées avec un degré de précision $m_p = \pm 0,01$ mm

m_s = indice d'échelle de la prise de vues effectuée
 s = largeur de l'objet représenté sur un cliché
 ξ = largeur du modèle stéréoscopique ($\xi = s - 1,2$ m)

m_x, m_z = erreurs moyennes quadratiques maximales dont sont entachées les coordonnées-modèle x et z

y/b = valeur réciproque du rapport de base

y (m)	Y/b	dy (mm)	m _x - m _z (mm)	m _s	s (m)	š (m)
5	4,2	± 3,7	± 2,6	88	7,0	5,8
10	8,2	14,8	10,4	176	14,0	11,8
15	12,5	33,2	23,5	265	21,0	19,8
20	16,7	59,0	41,8	353	28,2	27,0

Il est extrêmement utile, dans les opérations de levé, que les axes de prises de vues soient, dans la mesure du possible, perpendiculaires au plan des façades. Malheureusement, la chambre métrique SMK 5,5/0808 n'est équipée d'un viseur ne permettant pas s'orienter correctement la base stéréophotogrammétrique. Nous avons donc associé à la chambre, par nos propres moyens, un collimateur permettant d'orienter correctement l'axe de prise de vues, en utilisant encore à cet effet un miroir plan placé dans un cadre de construction spéciale et fixé à la façade de bâtiment photographié.

Après avoir répété 20 fois de suite la collimation pour les distances données, nous avons pu déterminer le degré de précision de l'orientation de l'axe de prise de vues par rapport à la façade du bâtiment photographié.

Distance y (en mètres)	Erreur moyenne quadratique, de l'orientation (cc)	Dispersion minimale (cc)	Dispersion maximale (cc)
5	51	14	110
10	69	4	129
15	45	5	128
Moyennes arithmétiques	55	8	123

Si l'on tient compte du fait que les erreurs de collimation donnent naissance à des erreurs entachant les coordonnées-cliché données par les relations:

$$\Delta x' = f + \frac{x'^2}{f} \cdot d\varphi \text{ et } \Delta z' = \frac{x'}{f} \cdot d\varphi$$

la valeur des erreurs maximales, dont sont affectées les coordonnées sur la façade du bâtiment en question (échelle du cliché = 1:300), est donnée

$$\text{pour } d = 55^{\text{cc}} \text{ par } \Delta m_{\text{max}} = 2,1 \text{ mm};$$

$$z_{\text{max}} = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{et pour } d = 123^{\text{cc}} \text{ par } \Delta m_{\text{max}} = 4,7 \text{ mm};$$

$$z_{\text{max}} = 1,7 \text{ mm}$$

Les erreurs relevées sont donc parfaitement négligeables.

L'emploi du collimateur permet d'orienter très simplement l'axe de prise de vues par rapport au plan de la façade; les opérations de restitution peuvent alors se faire sur stéréoautographe.

Il est toutefois encore nécessaire de réaliser un second perfectionnement, donné par la possibilité d'utiliser une base de prise de vues verticale, utile surtout dans le cas où l'angle de champ disponible ne suffit pas à embrasser le bâtiment dans sa totalité. Dans ce dernier cas, il est alors nécessaire de prendre les clichés exigés en se plaçant aux étages supérieures d'immeubles situés en face du bâtiment que l'on photographie. Les endroits, d'où l'on prend les clichés (aux étages supérieurs), devront être choisis de manière à faire bénéficier l'opérateur d'une base horizontale. Une base verticale serait, pour cette raison, des plus souhaitables.

La chambre SMK a été utilisée expérimentalement à la prise de clichés de documentation concernant une série d'immeubles, généralement de trois à quatre étages, dans le pâté de maison n° XIII de la ville de Jihlava. La documentation photographique, ainsi obtenue, a été utilisée aux travaux de montage de photoplans exécutés à l'échelle de 1:100. Le relevé de la façade des maisons, d'une longueur de 235 mètres environ, exécuté à l'aide de chambre double, a nécessité en tout 9 heures de travail (7 heures pour les travaux photographiques et 2 heures pour les travaux de mesure périmétrale de contrôle et pour le nivellement des points altimétriques sur les bâtiments en question). Les travaux effectués au bureau d'études se sont bornés à la détermination des points de contrôle et des points caractéristiques nécessaires à la construction des coupes transversales sur stéréocomparateur (27 couples de clichés stéréophotogrammétriques conjugués) et au calcul des coordonnées des points de contrôle et des points de détail qui ont exigé en tout 38 heures de travail. Les travaux photographiques et le redressement graphique des clichés ont, à leur tour, nécessité 20 heures de travail. Ces travaux comprenaient également le tracé des matrices des façades et des points altimétriques. Le bilan de l'emploi du temps ne peut être qu'approximatif, étant donné qu'il s'agit de la première opération de ce genre utilisant les techniques de la chambre double.

Bibliographie

- [1] *Bálek J.*: Ověření přesnosti fotogrammetrického způsobu určování vřícovacích bodů pláňů fasád. (Vérification du degré de précision de la détermination par procédé photogrammétrique des points de contrôle pour plans de façade). Faculté du Bâtiment de l'Ecole polytechnique de Prague (ČVUT), Prague 1969 (Thèse).
- [2] *Hagara J.*: Dokumentácia hradných areálov stereo-fotogrammetrickými metodami. (Les méthodes stéréophotogrammétriques au service de la documentation de complexes de bâtiments dans les enceintes de châteaux forts). Geodetický a kartografický obzor, 1970, p. 246 — 252.
- [3] *Meyer R.*: Numerische Messtischphotogrammetrie — ihre Anwendung in der Architekturvermessung. Vermessungstechnik, 1967, p. 241 — 246.
- [4] *Meyer R.*: Aufnahmedispositionen zur stereophotogrammétrische Herstellung von Aufrissen. Vermessungstechnik, 1970, p. 219 — 223.
- [5] *Meyer R.*: Orientierungsprobleme bei der stereophotogrammétrischen Auswertung von Aufrissen. Vermessungstechnik, 1970, p. 290 — 293.
- [6] *Šmidrkal J.*: Využití fotogrammetrie při zaměřování stavebních památek. (Applications de la photogrammétrie aux opérations de levé de monuments historiques). Thèse présentée à la Faculté du Bâtiment de l'Ecole polytechnique de Prague pour l'obtention du grade de Candidat ès Sciences, Prague 1964.
- [7] *Šmidrkal J.*: Photogrammetrie im Dienste der Denkmalpflege in der ČSSR. Kompendium VEB Zeiss Iéna 1963, tome VII, p. 164 — 183.

SUMMARY

The Raise of Economy of Underground Photogrammetric Methods for Surveying Building Structures

The Photogrammetric Laboratory of the Building Faculty of the Czech Technical College in Prague has been carrying out surveying of a number of buildings fronts and sections for monument preservation since 1958. The problem has also been included into the educational programme, and a number of the students' diploma works dealt with the subject. One of them is concerned in determining the necessary control points for plotting by means of stereophotogrammetry. The accuracy attained fully answers to the requirements of the practice. In 1970 the Laboratory has started work with a new SMK

5,5/0808 stereo camera (Stereomesskammer) with the 120-cm basis. The camera was tested in surveying the building fronts in Jihlava, and the results proved to be quite satisfying both as to the accuracy and time.

РЕЗЮМЕ

Повышение экономики подземных фотограмметрических методов при измерении строительных объектов

Лаборатория фотограмметрии строительного факультета Чешского высшего учебного заведения в Праге измерила с 1958 г. ряд фасадов и сечений для ведомства охраны памятников старины. Эта проблематика включена и в процесс обучения; этой теме был посвящен ряд работ студентов разработанных в целях получения диплома. Одна из этих работ занимается определением необходимых опознаков для трансформирования при помощи стереофотограмметрии. Полученная точность вполне удовлетворяет практическое использование. В 1970 г. начала лаборатория работать с новой, двойной камерой (Stereomesskammer) SMK 5,5/0808 с базисом в 120 см. Практические испытания были произведены при документировании фасадов в городе Йгаве. Результаты с точки зрения точности и времени являются удовлетворяющими.

ZUSAMMENFASSUNG

Steigerung der Wirtschaftlichkeit unterträgiger photogrammetrischer Methoden bei der Vermessung von Bauobjekten

Vom Labor für Photogrammetrie der Fakultät für Bauwesen an der Technischen Hochschule in Prag wurden seit dem Jahre 1958 eine ganze Reihe von Gebäudefassaden und -schnitten für das Resort der Denkmalpflege vermessen. Diese Problematik wurde auch in den Lehrstoff eingereicht und auf dieses Thema wurden bisher einige Diplomarbeiten vorgelegt. Eine von diesen Arbeiten befasst sich mit der Bestimmung der nötigen Anzahl von Passpunkten für die Auswertung mit Hilfe der Stereophotogrammetrie. Die erreichte Genauigkeit entspricht vollkommen den praktischen Anforderungen. Im Jahre 1970 hat das Labor mit der neuen Stereomesskammer SMK 5,5/0808, mit 120 cm Basislänge, zu arbeiten begonnen. Praktisch wurde sie bei der Dokumentierung der Fassaden in Jihlava erprobt. Die Ergebnisse sind, was Genauigkeit und Zeitensparung betrifft, befriedigend.

Les monuments de communication et leur levé par la méthode de photogrammétrie terrestre

par l'Ingenieur VĚRA KLINEROVÁ,
Chemins de fer d'Etat et

le Docteur JIŘÍ VONDRA,
l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques et de la Nature
à Prague

Bien que la société actuelle exploite dans une mesure toujours croissante les enseignements de la technique moderne, elle ne manifeste pas assez d'intelligence pour ce qui a donné naissance à cette technique.

L'essor de la technique et le niveau, qu'elle a atteint dans les diverses conditions historiques, font l'objet de l'histoire de la technique qui s'efforce de démontrer comment l'homme a asservi la nature grâce aux instruments qu'il a inventés et comment, de ce fait, il apprenait à mieux exploiter l'énergie de la nature.

Les documents historiques sont pour nous une source de connaissances de l'évolution de la technique moderne et les monuments en constituent une partie importante; par leur essence, leur quantité et leur forme, ces monuments nous fournissent des renseignements directs et indirects sur la technique et, partant, sur la culture des temps passés.

Les monuments techniques, c'est-à-dire les restes matériels, nous renseignent sur l'évolution de la technique et sur son niveau dans les diverses conditions historiques et nous les divisons, de même que les autres monuments, en monuments techniques mobiliers et immobiliers. Les monuments techniques immobiliers conservés dans le terrain se subdivisent, d'après les domaines techniques et industriels dont ils sont les témoins en plusieurs catégories essentielles: industrie minière, métallurgie, agriculture, industrie alimentaire, constructions mécaniques, industrie textile, industrie du verre et de la céramiques, constructions hydrauliques, communications; il faut englober dans ces catégories aussi les monuments des métiers artisanaux.

On ne parvient pas toujours à conserver sans faute tous les monuments de terrain dans leur substance et dans leur forme originale et on se trouve très souvent dans la situation où un monument historique doit céder sa place à la vie nouvelle. Le devoir de première importance de la protection des monuments est donc de cataloguer, avant tout, tous les monuments de manière scientifique et d'en conserver la mémoire aux générations futures par une documentation spéciale où les monuments sont décrits de manière précise, reproduits par photographies ou dessins, par levés et, quelquefois même par modèle.

On entend donc par documentation des monuments: des écrits, dessins, photographies, levés et, s'il y a lieu, des modèles, qui décrivent l'état d'un monument à un moment donné; une telle documentation doit être dressée non seulement avant la destruction du monument mais aussi et surtout lors de chaque changement important de sa forme ou de sa substance. La documentation métrique d'un monument doit être dressée aussi pour permettre une analyse historique de l'objet, des recherches scientifiques et une restitution du monument à tout moment voulu. Les grandes constructions de certains monuments techniques dans le terrain, tels que les ponts, viaducs ferroviaires ou les anciens hauts fourneaux sont trop étendues et difficilement accessibles et permettent de ce fait d'appliquer dans une large mesure la photogrammétrie, cette méthode moderne de levé. Les méthodes classiques de levé appliquées jusqu'à présent exigent trop de temps, sont onéreuses et, ne l'oublions pas, très exigeantes au point de vue physique. Un monument de grandes dimensions occupe une foule d'ouvriers qualifiés avec, à leur tête, plusieurs ingénieurs et les travaux demandent plusieurs semaines. Pour les objets difficilement accessibles, il faut construire des échafaudages et des passerelles de sécurité. Les travailleurs sont en plus exposés non seulement à toutes les intempéries, mais aussi au risque d'accident vu le trafic intense sur l'objet en question et au-dessous de lui. Il faut généraliser l'objet pour effectuer son levé, on saute les détails qui ne sont pas indispensables pour la documentation mais qui paraissent importants ou peuvent devenir indispensables à l'avenir, telle que la construction de la maçonnerie de ponts en pierre ou en briques, celle de murs de soutènement ou de revêtement et de têtes de tunnel. Ces difficultés excluaient d'avance toute possibilité de compléter, d'unifier au point de vue technique et d'actualiser la documentation de constructions ferroviaires par les méthodes classiques. C'était la raison pour laquelle on s'efforçait de trouver des méthodes nouvelles susceptibles de fournir, dans des délais aussi courts que possible, une documentation de caractère d'information et d'une bonne qualité technique, n'exigeant pas des quantités accrues de travailleurs et n'occasionnant pas des charges financières trop élevées. La méthode qui

satisfait le mieux à ces conditions, est la méthode de photogrammétrie terrestre. Aussi l'Administration centrale des Chemins de fer près du ministère des Transports s'est-elle donné pour tâche d'élaborer une technologie appropriée pour la documentation de constructions artificielles de chemin de fer par la méthode de photogrammétrie terrestre; le problème a été résolu par l'Atelier de Projet, Construction et Développement des Voies ferrées. Les méthodes de photogrammétrie terrestre ont été vérifiées sur quatre types de ponts. Ceux-ci différaient non seulement par leur construction mais aussi par leur longueur, leur hauteur au-dessus du terrain, le nombre de travées et par leur adaptation aux conditions naturelles du paysage. Comme représentants, on a choisi les objets suivants:

1. Un pont en béton armé d'une longueur de 25 m et d'une hauteur au-dessus du terrain de 7 m. Ce pont franchit une route de sortie à trafic très intense avec un angle de croisement de 90°. Le pont a été construit à l'occasion de la reconstruction de la gare de Smíchov en 1948 — 52; il est entouré de maisons;
2. Un pont d'acier en treillis avec champ d'inondation, longueur 120 m, hauteur au-dessus du terrain 17 m. Ce pont franchit une vallée de rivière. La partie en pierre date de 1863, la partie en acier a été construite en 1924;
3. Un pont en pierre, voûté, longueur 10 m, hauteur au-dessus du terrain 4 m. Ce pont franchit une route vicinale avec un angle de croisement de 90°. Les cônes de remblai sont recouverts d'une forte végétation. Date de 1870, construction de la deuxième voie en 1937;
4. Un pont à poutres, longueur 30 m, hauteur au-dessus du terrain 7 m. Le pont est entouré de maisons, franchit une rue à trafic moyen avec un angle de croisement peu favorable de 30°. Le pont fait partie du viaduc Negrelli de Prague, date de 1847; conservé comme monument historique.

Ces quatre ponts faisaient l'objet de vérifications de la méthode stéréophotogrammétrique qui est une méthode universelle. Les travaux de terrain et de bureau ne différaient en rien de la pratique courante. Pour la prise de vues, on a eu recours au photothéodolite Photheo 19/1318, la restitution a été effectuée sur le stéréoplanigraphe à l'échelle de 1/100. Pour la prise de vues du pont d'acier en treillis on a utilisé l'équipement SMK 5,5/0808/120. L'emploi de cet équipement pour les travaux de terrain s'avère particulièrement économique. Etant donné que la méthode stéréophotogrammétrique exige plus de travail, dans le terrain et au bureau, et comme à peu près 2/3 des ponts ferroviaires sont de dimensions réduites et, partant, de construction assez simple, les recherches ont visé spécialement l'application de la méthode photogrammétrique à image isolée. La restitution des résultats sous forme de photoplans présente de gros avantages; au point de vue technologie, ces photoplans sont très simples à exécuter et offrent au service et à la documentation beaucoup plus de renseignements qu'un simple

dessin technique. On s'est aussi efforcé de réduire les opérations de bureau au minimum, tout en conservant la précision requise. Le nombre d'opérations de bureau (calcul et représentation graphique) croît dans le même rapport qu'augmente la différenciation en profondeur de l'objet en élévation, à axes de prise obliques. Par suite de la projection centrale, la représentation des points aux divers niveaux sera faussée.

La figure 1 montre la fausse projection du point P dans la position P' et non dans la position P₀. Ce décalage dépend de la différenciation en profondeur Δy, de la distance entre la photostation et l'objet y = f . m_f et de la distance entre le point P et le nadir du cliché. La relation est la suivante:

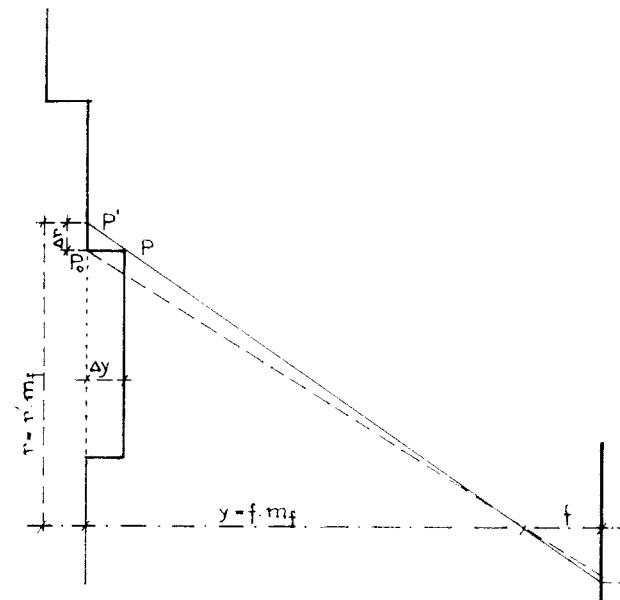


Fig. 1

$$y = \frac{r' \cdot f}{r} \cdot m_f \quad (1)$$

Si l'axe de prise n'est pas perpendiculaire à l'objet, la représentation du point est décalée d'une valeur ε. La figure 2 montre très clairement que si ε < Δr, cette valeur est négligeable. Pour un angle oblique φ, la relation est la suivante:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\varepsilon \cdot m_f}{\Delta r} \quad (2)$$

Les relations fondamentales de la photogrammétrie à image isolée permettent d'établir la différenciation en profondeur maximale ainsi que l'angle d'obliquité maximale pouvant encore être négligés et de considérer toujours un cliché comme cas optimal de cette méthode, c'est-à-dire capable d'être redressé sur un plan de redressement à axe de prise perpendiculaire à l'élévation.

Pour les besoins de la documentation de ponts ferroviaires, on a établi d'avance la précision requise et l'échelle du plan. La précision finale du plan dressé à l'échelle de 1/100 ne devait pas être inférieure à 5 cm. Lorsqu'on porte ces valeurs dans la formule (1) on obtient:

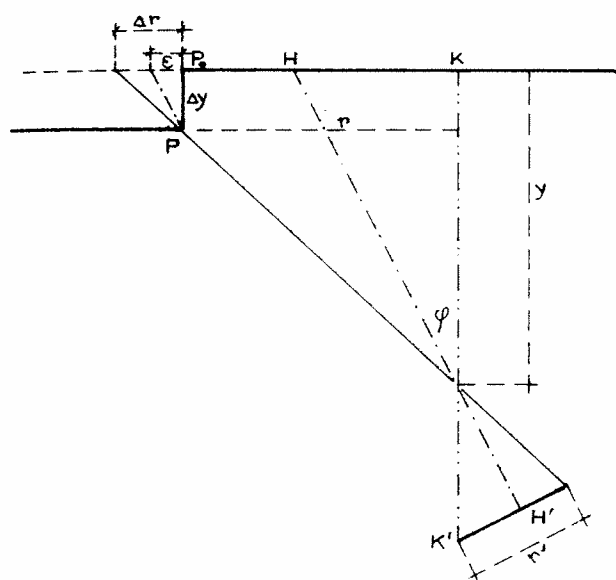


Fig. 2

$$\Delta y = \frac{0,5 \cdot 190}{100} 100 = 10 \text{ cm}$$

(on suppose alors que $f = 190$ cm pour les photothéodolites standard, $r' = 100$ cm).

De même, si l'on porte ces valeurs dans la formule (2) on constate que si l'angle $\varphi < 13^\circ$, les clichés peuvent être considérés comme perpendiculaires. La grandeur du décalage radial Δr dépend d'après la formule (1), non seulement de la grandeur de la différenciation en profondeur mais aussi de la position du point représenté vis-à-vis du nadir

r'	Δy	r'	Δy	r'	Δy
0	00	40	25	80	12
10	100	50	20	90	11
20	50	60	17	100	10
30	33	70	14		

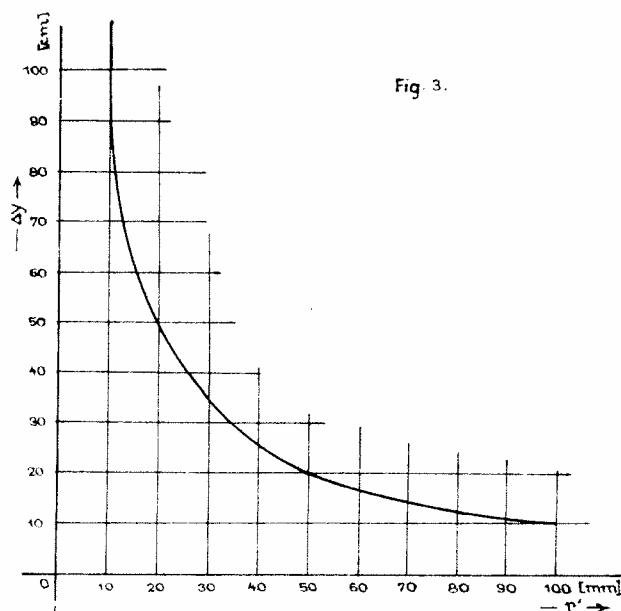


Fig. 3

du cliché. Aussi a-t-on calculé cette fonction pour les différentes valeurs de r' comprises entre 0 et 100 mm à raison de 10 mm et les valeurs de Δy ainsi obtenues ont été exprimées sous forme de graphique.

Il résulte de cette considération que si l'image de l'objet représenté est maintenue au-dessous de la limite du graphique indiqué sur la figure 3, on pourra négliger la différenciation en profondeur dépassant 10 cm. En portant ces valeurs dans le rapport de l'objet levé et représenté

$$y : f = p/2 : r' \quad (3)$$

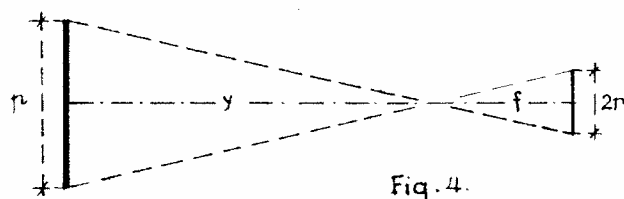


Fig. 4

dans lequel p signifie la grandeur réelle de l'objet et, en considérant cette grandeur entre les limites de 2 à 90 m, on obtiendra les valeurs de y représentées par le graphique.

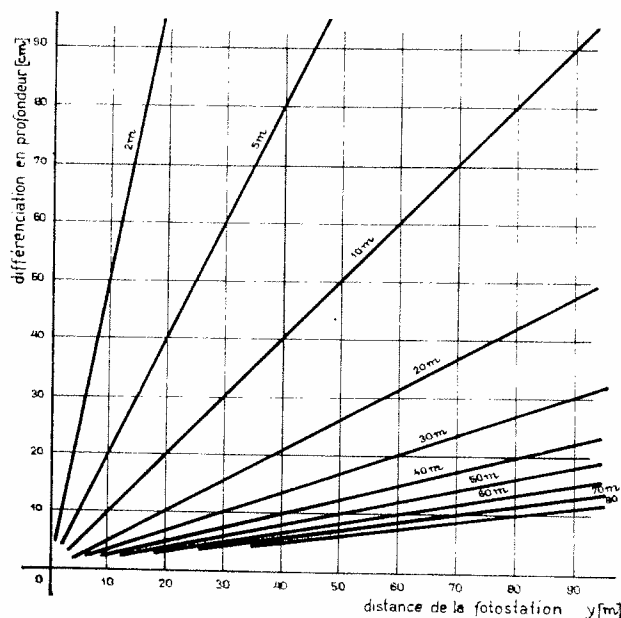


Fig. 5

Exemple d'application du graphique: On se propose de redresser un objet de 10 m à différenciation en profondeur de 30 m sur un seul plan de redressement. On lit sur le graphique que la distance minimale entre la photostation et l'objet sera de 30 m. Ce moyen très simple nous permet d'établir pour tous les cas la position optimale de la photostation; il suffit de mesurer approximativement la grandeur de l'objet et de mesurer avec précision la différenciation en profondeur. La limite supérieure des distances y est donnée par les possibilités de

l'appareil de redressement SEG I et exprimée par la relation

$$y_{\max} = z \cdot f \cdot m_i \quad (4)$$

dans laquelle

z = grandissement maximal SEG I = 4,5 x

f = constante de la chambre photographique

m_i = le dénominateur de la fraction indiquant l'échelle du photoplan.

En partant de ces valeurs, on constate que pour l'échelle de $1/100$ la distance maximale

$$y_{\max} = 88 \text{ m.}$$

Les relations ci-dessus ne permettent d'établir la distance optimale de la photostation que pour les cas normaux (c'est-à-dire pour prises à axe de prise de vue perpendiculaire). Dans les cas où l'agglomération ambiante, la configuration du terrain ou le cours d'eau ne permettent pas d'effectuer une prise de vue perpendiculaire, il faut choisir un axe de prise de vue oblique à angle compris entre 13° et 53° (la limite inférieure est établie par la relation (1) et la limite supérieure par les possibilités d'inclinaison de l'appareil de redressement SEG I). L'obliquité de l'axe de prise de vue dépassant 20° ne peut être appliquée que pour les objets sans différenciation en profondeur sinon on se trouve en présence d'alignements indésirables qui exigent des levés supplémentaires.

Les clichés métriques ont été restitués sous forme de photoplans et de photoplans blanchis et redressés à un seul niveau de référence à l'échelle de $1/100$ et $1/50$ sur papier armé Correctostat. Pour l'avenir, vu le grand nombre de copies qu'on ne peut pas évaluer d'avance, on prévoit d'exécuter le redressement sur film irrétrécissable sous forme de positif; ce positif pourrait constituer une matrice idéale pour la confection de copies ultérieures.

L'ajustement final du photoplan était dicté par les exigences des spécialistes du domaine de ponts. Les cotes requises (largeur libre, hauteur libre, largeur des piles, etc.) ont été reportées à partir du photoplan à l'aide d'un équipement à reporter avec une précision de 0,1 mm et inscrites dans le plan. Toutes les écritures ont été faites par photocomposition qui observe la forme graphique uniforme des plans.

Précision obtenue.

Pour juger de la précision obtenue, on a comparé les longueurs mesurées sur le plan à celles levées directement dans le terrain. On a comparé 65 valeurs dont 95 % étaient plus petites que 20 m. Les valeurs du plan ont été reportées par l'équipement à reporter, sur le terrain elles étaient mesurées avec un ruban étalonné. On a fait la moyenne des écarts résultants :

elle est égale à

$$s = \frac{[\varepsilon]}{n} = 0,037 \text{ m.}$$

Bien que la quantité des valeurs examinées et leur levé ne nous autorise pas d'exprimer l'écart moyen

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n}}$$

on constate que l'écart moyen résultant est égal à

$$m = \pm 0,044 \text{ m}$$

ce qui répond à la répartition des erreurs d'après la loi de Gauss

$$m = 1,2533 \cdot s = \pm 0,046.$$

La précision résultante peut encore être augmentée, mais uniquement au dépens de l'effet économique de cette méthode.

Les résultats obtenus sont les mêmes, tant pour la méthode photogrammétrique à image isolée que pour le stéréophotogrammétrie. En jugeant de la précision de la méthode à image isolée, on a constaté qu'une augmentation de l'échelle n'a pas entraîné l'augmentation de précision escomptée. Ce fait est dû à l'augmentation du grain qui dépasse la limite de précision de l'équipement à reporter.

Appréciation des résultats économiques.

Pour juger de l'économie des méthodes photogrammétriques, on a comparé les temps exigés et les charges financières de ces méthodes, au coût des méthodes classiques. Le coût des méthodes classiques pour les objets étudiés a été estimé par des spécialistes.

Les économies des méthodes photogrammétriques peuvent être divisées en:

1. — économies indirectes et
2. — économies directes.

Economies indirectes:

Dans la catégorie d'économies de ce genre on peut ranger:

— *L'augmentation de la productivité du travail.* Cette augmentation est due à la technologie des travaux où l'essentiel est transporté du terrain dans les bureaux. Les travaux de bureau ne sont influencés ni par le trafic ni par le temps. On utilise des machines puissantes à fonctionnement automatique, les opérations sont mécanisées et il est possible de travailler à deux ou trois relevés.

— *L'acquisition d'un maximum de renseignements.* Aucune des méthodes appliquées jusqu'à présent ne pouvait fournir le plan avec la même quantité de renseignements et dans les mêmes délais (un cliché métrique comporte 150.000 informations). Si, dans la première étape, tous ces renseignements ne sont pas utilisés, le cliché métrique qui les conserve à l'avenir peut être restitué à tout moment voulu sans qu'il soit nécessaire d'effectuer de nouveaux levés.

— *La suppression des constructions de sécurité.* Les méthodes classiques exigeaient jusqu'à présent qu'on construise près des objets inaccessibles des constructions de sécurité coûteuses. Pour les méthodes photogrammétriques, ces constructions n'entrent pas en ligne de compte.

— *L'élimination* (ou forte réduction) *du travail vivant*. Dans l'espace de la voie ferrée en service ou à des hauteurs considérables.

— *L'obtention de plans uniformes au point de vue technique*. Vu les méthodes de confection des plans et les grands intervalles de temps, on n'a pas réussi jusqu'à présent à assurer une uniformité technique nécessaire.

— *L'obtention de matériel pour microclichés*. Il est possible d'exécuter facilement, à partir des clichés métriques, des microclichés qui, avec les cartes perforées, constitueront la charpente d'un système d'informations moderne.

Economies directes:

Pour pouvoir juger des économies directes, on a chiffré le coût du levé des objets examinés. Les frais de temps et financiers sont les temps de travail de mesure pur, sans compter les temps de travaux accessoires et improductifs. On a établi les valeurs moyennes pour l'unité de mesure de 1 mètre et on a obtenu les valeurs suivantes:

A) Frais de temps:

méthode photogrammétrique à image isolée	60 min/m
méthode stéréophotogrammétrique	72 min/m
méthode classique	138 min/m

B) Frais financiers:

méthode photogrammétrique à image isolée	35,— Kcs
méthode stéréophotogrammétrique	91,— Kcs
méthode classique	101,— Kcs

Ces frais ont été calculés pour une documentation comportant deux élévations et une projection horizontale au niveau du terrain et sous forme définitive. Le transfert des frais de temps aux frais financiers a été effectué d'après le tarif des travaux géodésiques et cartographiques au barème individuel.

En comparant ces frais, on peut constater qu'une économie est notable dans les cas permettant d'appliquer la méthode de photogrammétrie à image isolée; pour la stéréophotogrammétrie, l'effet éco-

nomique s'élève considérablement avec l'étendue et la différenciation en profondeur de l'objet.

Lorsqu'on analyse la situation des Chemins de fer d'Etat, vu le grand nombre de cas d'application de méthodes à image unique et stéréophotogrammétrique, on prévoit des économies suivantes:

économies financières	76 %
économies de temps	55 %

Il y a lieu de rappeler que ces valeurs s'appliquent uniquement aux opérations de mesure pures. Chaque levé doit être chargé en plus de temps accessoires, improductifs au point de vue économique. Il s'agit de temps nécessaires au transport de l'équipement de mesure, de pertes de temps dues aux intempéries, aux mauvaises conditions de lumière, au trafic intense. De ces temps, celui qu'exige le transport du matériel est le plus important, il importe donc de le réduire au minimum par une bonne organisation du travail.

Les méthodes photogrammétriques trouveront dans les services des Chemins de fer d'Etat encore de nombreuses autres applications. On suppose qu'il sera possible de les utiliser pour déceler les déformations des arches et piles des ponts et pour l'élaboration d'une documentation de détails de construction des ponts. Pour la prise de vue des détails, on aura recours à la méthode photogrammétrique à image unique; comme ces détails sont d'un abord difficile, les vues seront prises à l'aide d'une caméra cinématographique. Les recherches ont montré que, si les vues sont prises à une distance de 1 mètre, on peut obtenir une précision de ± 2 mm de la position planimétrique d'un point. Les recherches dans ce domaine se poursuivent.

Bien qu'il soit clair que la présente communication s'écarte dans une certaine mesure du cadre des autres exposés s'occupant exclusivement de la documentation métrique de monuments historiques, on ne peut cependant nier que notre technologie éprouvée peut non seulement être appliquée succès au levé de profils verticaux de monuments architecturaux, mais qu'elle peut à la fois être recommandée comme effective à un très haut degré. Si donc cette communication a réussi à souligner ce fait de manière satisfaisante, son but a été atteint.

SUMMARY

Surveying Historical Communication Lines by Means of Terrestrial Photogrammetry

The introduction deals briefly with the significance of technical monuments of historical interest and their classification presenting also reasons for the necessity of compiling their basic materials (documentation). Further part of the paper deals with photogrammetric mapping of bridges and viaducts; this task has been solved for the Ministry of Transport. Stereophotogrammetric mapping with Photo 19/1318 Zeiss Jena Phototheodolite and SMK 5.5/0808/120 Set of the same make was applied. A neglectable division in depth was found when single-picture photogrammetry was used; in this case the resulting accuracy of the 1/100 plan might not exceed the value of ± 5 cm. The results were put to the test and proved to be up to the requirements. Assets of photogrammetry are summed up in the conclusion of the paper. The reduction of costs was calculated to 76 per cent and time savings to 55 per cent as compared with the results of geodetic procedures.

РЕЗЮМЕ

Исторические линии связи и их измерение при помощи наземной фотограмметрии

В введении сжатым способом объяснены значение технических памятников и их распределение и обоснование, почему надо составлять их документацию. Следующая часть доклада направлена на документацию мостов и виадуктов фотограмметрическим способом; это было решено как задача министерства транспорта. Для задачи была применена стереофотограмметрия при помощи фототеодолита Фото 19/1318 Цейсс Йена и комплект SMK 5.5/0808/120 той же фирмы.

Было определено еще пренебрегательное глупинное расчленение при применении ординарной фотограмметрии таким образом, чтобы окончательная точность плана в масштабе 1 : 100 не превышала значения ± 5 см. Результаты были исследованы и вполне удовлетворяют все требования. Преимущества фотограмметрии приведены в заключении доклада, при чем была вычислена денежная экономия составляющая 76 % и экономия времени 55 % по сравнению с геодезическими методами.

ZUSAMMENFASSUNG

Denkwürdige Verkehrswegebauten und ihre Vermessung mit Hilfe der terrestrischen Photogrammetrie

In der Einleitung wird kurz die Bedeutung der technischen Denkmäler, ihre Teilung und Begründung der Notwendigkeit der Herstellung ihrer Dokumentation erwähnt. Der weitere Teil des Berichtes befasst sich dann mit der Dokumentation von Brücken und Viadukten mittels Photogrammetrie, was als Aufgabe des Verkehrsministeriums gelöst wurde. Zur Durchführung dieser Aufgabe wurde die Zweibildphotogrammetrie mit Phototheodolit Photo 19/1318 Zeiss Jena und die Garnitur SMK 5.5/0808/120 derselben Firma eingesetzt. Es wurde eine noch zu vernachlässigende Tiefengliederung bei der Anwendung der Einbildphotogrammetrie derart bestimmt, dass die endgültige Genauigkeit des Planes im Masstab 1:100 den Wert von ± 5 cm nicht übersteigt. Die Ergebnisse wurden untersucht und es wurde festgestellt, dass sie den gegebenen Anforderungen vollermassen entsprechen. Die Vorteile der Photogrammetrie werden im Abschluss des Berichtes angeführt, wobei erwiesen wird, dass die Kosteneinsparungen 76 % und die Zeitensparungen 55 % entgegen den geodätischen Methoden betragen.

L'architecture populaire en Tchécoslovaquie et sa caractéristique pour les besoins de la documentation de levé

par MILADA NOVÁKOVÁ, docteure

l'Institut d'Etat de la protection des Monuments Historiques et de la Nature à Prague

Actuellement, nous considérons les ouvrages d'architecture populaire historique comme partie intégrante de la culture de l'architecture de chaque nation et de chaque pays, comme une composante importante du processus de son évolution et de l'expression artistique.

D'après l'exposé des motifs de la loi n° 22/1958 du R. d. l. et d. sur les monuments culturels, de caractère général de la notion de tout monument culturel réside dans son irremplaçabilité. Et comme l'architecture populaire, dans son ensemble, est aujourd'hui le document d'une évolution historique déjà complètement achevée dans notre pays, les spécimens actuels sont irremplaçables non seulement comme pièces individuelles, mais aussi comme espèce, et ils ont donc le caractère de monuments culturels dans tous les cas où ils ne sont pas irrémédiablement dépréciés.

Dans les conditions de notre évolution historique, l'architecture populaire est devenue surtout l'expression de la culture architecturale rurale. C'est pourquoi le terme d'architecture populaire englobe, dans notre pratique de protection des monuments, les ouvrages qui ont été destinés principalement à l'agriculture ou à l'élevage qui s'y est assimilé. Nous intégrons donc dans l'architecture populaire des constructions isolées et leurs ensembles, de même que des constructions auxiliaires et temporaires ayant trait à l'exploitation agricole et enfin les ouvrages qui servaient à l'exploitation de l'artisanat rural. Sous cet angle, nous classons dans ce groupe aussi les ouvrages dans les petites villes et faubourgs qui sont fondés sur les principaux types de l'architecture populaire, même s'ils sont adaptés aux besoins de la petite ville pour pouvoir servir à la fois à l'exploitation agricole et à la pratique d'un métier, d'un commerce de détail, d'un service etc. Enfin nous rangeons également parmi les ouvrages d'architecture populaire des équipements de village de caractère public et les bâtiments de village prévus pour des fins culturelles si, à leur construction on a utilisé des matériaux de construction populaire et des techniques de bâtiment populaires et si, dans leur conception générale ou le traitement artistique, se font valoir des éléments de la tradition folklorique.

De ce fait, on rencontre les monuments architecturaux populaires dans les villages ou petites villes des régions agricoles. Ils représentent un groupe fermé, qui se distingue du reste des bâtiments de culture par de nombreux caractères autonomes, qui sont le résultat de l'action exercée par tout un ensemble de facteurs: la nature, les matériaux, la construction, la fonction, etc., qui correspondent aux conditions géographiques, sociales, économiques et historiques. Les créateurs des bâtiments populaires ont toujours vécu en liaison étroite avec la nature et ses lois. C'est pourquoi l'architecture populaire qui, en principe, est un prénomène culturel, porte les caractères des phénomènes dominés dans une grande mesure par les conditions naturelles. Leur synthèse, exprimée dans l'unité organique des matériaux de construction, des mesures et proportions des masses ainsi que des formes et éléments esthétiques, en fait en même temps une partie intégrante de l'image du paysage.

La mesure des constructions populaires est donnée en premier lieu par l'homme, par son travail et les besoins d'exploitation, le milieu social de l'individu, son appartenance à la collectivité rurale. Les éléments du plan de la maison d'habitation et de la propriété rurale répondent avant tout aux impératifs de la vie. C'est pourquoi l'utilité et l'économie sont les traits prédominants dans leur agencement. La même chose s'applique à l'utilisation des matériaux de construction, aux procédés techniques employés pour son traitement et aux genres de constructions.

C'est pourquoi, contrairement aux œuvres architecturales de l'art accompli qui sont tributaires, dans la plus grande mesure, au système de formes de telle ou telle époque stylistique, l'essence et l'ornementation de l'architecture populaire sont liés surtout à leur origine. En même temps on constate que des types d'architecture qui sont directement fonction de la durée de certaines conditions naturelles, sociales et économiques, restent presque constants, se répétant souvent dans des zones géographiques analogues et n'offrant qu'une marge étroite au développement des variantes. Ils sont représentés par les types fondamentaux des maisons, des fermes et des agglomérations.

Sur les types de maisons on peut suivre l'évolution de l'accroissement et de la disposition en plan des pièces d'habitation, et leurs connexités avec les pièces à destination spéciale, depuis les formes les plus simples de l'habitation à un jusqu'à deux espaces, jusqu'aux maisons à trois et plusieurs espaces.

Comme chaînon important du processus d'évolution de la maison populaire d'Europe centrale, en particulier dans sa zone danubienne, signalons les maisons dites du type à grenier, dont la composition de l'espace est exprimée non seulement dans la disposition en plan, mais aussi dans la gradation des masses des différentes parties de construction de corps de bâtiment d'habitation.

Le maison d'habitation populaire représente généralement le centre social de l'exploitation agricole. C'est pourquoi elle n'est pas une unité isolée, mais au contraire une partie de l'ensemble de bâtiments de ferme tels que par exemple les étables, les greniers, les granges et les hangars. Le mode de leur disposition en rapport avec l'espace de la cour et leur enchaînement avec le corps de bâtiment d'habitation respecte toujours un certain ordre dans les compositions des plans et des masses des types de disposition fondamentaux des propriétés rurales.

Le mode de classement des unités d'exploitation dans le plan des agglomérations rurales détermine le caractère des types fondamentaux des ensembles urbanistes qui, en même temps que la structure du réseau d'agglomérations, sont un document de l'évolution historique de la colonisation des différents territoires depuis les temps les plus reculés.

Un fait digne d'attention: certains types de maisons, de propriétés et d'agglomérations existent presque toujours en interconnexités régulières.

Le cours ininterrompu de la tradition populaire est l'épine dorsale qui détermine le caractère spécifique de l'architecture populaire. Sa puissance a permis de suivre sur les constructions folkloriques toute une série d'éléments dont l'origine remonte aux racines mêmes de la culture du bâtiment. Depuis les plus anciennes origines de l'architecture jusqu'à nos jours, l'architecture populaire présente une continuité ininterrompue dans l'utilisation de matériaux de construction, de constructions de murs et de charpentes de toit et dans la disposition spatiale intérieure traditionnelles.

Nous devons donc tenir compte du fait que les critères courants pour l'évaluation des monuments qui ont le caractère de créations individuelles d'auteurs — ce sont surtout les critères de l'âge matériel et de l'originalité artistique — ne peuvent être appliqués aux ouvrages de l'architecture populaire où, au contraire, l'âge matériel de l'édifice est dominé par son type projeté sur les différents plans de rapports, tandis que son côté artistique ne se fait valoir, dans le contexte des valeurs culturelles, qu'au dernier maillon de la chaîne, aux niveaux de la superstructure qui, toutefois, dans l'architecture populaire, sont souvent involontaires sinon absents.

Certains procédés de techniques de bâtiment archaïques tels que par exemple les murs et pignons en cailloux, l'appareil en terre battue ou en rouleaux d'argile disposés en épi, boisage en troncs entiers, les constructions sur pilotis, les charpentes de toit suspendues et en rondins, représentent souvent les seuls témoignages matériels existant encore dans le terrain qui servent de matériel de comparaison irremplaçable pour élucider les trouvailles archéologiques sur lesquelles on n'a que des connaissances insuffisantes, en général seulement des empreintes de constructions préhistoriques. De manière analogue on peut voir dans de nombreuses formes archaïques les modèles et la clé permettant de résoudre certains phénomènes sur lesquels se sont appuyées des étapes supérieures du développement de l'architecture et qui ont évolué déjà complètement en dehors du domaine de la culture populaire. Sous ce rapport, l'architecture populaire est une source incomparable de recherches scientifiques s'occupant des questions fondamentales de l'évolution de l'activité de construction humaine, recherches qui sont loin d'être achevées.

En même temps il est typique pour l'architecture populaire qu'elle ait toujours su s'adapter aux nouveaux besoins économiques des leurs maîtres d'œuvre, sans pourtant abandonner les méthodes traditionnelles utiles et vérifiées par l'expérience de longues années qu'elle actualisait au contraire en adoptant de nouveaux éléments modernes à l'époque de la construction de l'ouvrage.

Or, à côté de son caractère traditionnel de principe, la culture folklorique se distingue aussi par sa faculté exceptionnelle de s'emparer constamment et de façon continue de motifs étrangers, de les accumuler et stocker, de les transformer à sa façon et de les transmettre, ainsi modifiés, comme l'expression du goût populaire qui ne cesse d'évoluer. Parfois ce sont des motifs repris au même niveau culturel ou repris dans des domaines étrangers quant au milieu social et ethnique et au style. Cette variabilité se traduit en premier lieu dans l'expression architecturale extérieure, notamment dans la forme des pignons, dans l'articulation de la façade et dans son décor. L'architecture populaire est donc un exemple brillant d'une synthèse dialectique du passé avec le présent et du poste avec le milieu.

D'après les matériaux de construction utilisés, leur traitement technologique et les méthodes de construction, on peut classer l'architecture populaire tchécoslovaque en quatre zones fondamentales dont les trois premières constituent, sur le territoire de la Tchécoslovaquie, des ensembles géographiques homogènes qui enchaînent avec les zones architecturales de la maison populaire européenne.

Sur la Slovaquie du sud et la Moravie du sud-est s'étend le rebord nord de la zone de la maison d'argile qui se rattache à l'espace moyen du bas Danube et de tout le proche orient. De l'Europe occidentale et du nord-ouest, pénètre dans la Bohême du nord-ouest la zone de la maison de bois à

construction en colombage. Le reste du territoire tchécoslovaque est occupé par la maison en rondins. Il est lié à la vaste zone de la maison en rondins qui pénètre à travers les territoires montagneux et boisés de l'Europe, depuis les flancs sud des Alpes, d'une part dans la direction nord-est, d'autre part en suivant l'arc des Carpates vers le sud sur les Balkans. Le tout est recouvert par la diaspora de la maison en maçonnerie qui prédomine même dans certaines régions à économie évoluée ou à proximité des grands centres culturels, en particulier à partir de la fin du XVIII^e siècle.

Au cours de l'évolution centenaire s'est formée à l'intérieur des zones architecturales fondamentales une mosaïque de types régionaux d'architecture populaire distincts les uns des autres — dans le cadre des mêmes principes de matériaux et de construction que ces matériaux conditionnent — notamment par l'expression architectonique, la composition des plans et des masses de la maison d'habitation et des unités de la propriété, mais surtout par les caractères plastiques exprimant les particularités du dialecte architectonique local.

Des régions se détachent souvent des districts ou seulement des groupes de bâtiments liés par leur conception artistique individuelle à la sphère d'activité d'artisans du village doués pour l'art.

Les zones architecturales — à l'exception de la diaspora de la maison en maçonnerie — et les ensembles régionaux correspondent en principe à la répartition géographique de notre pays, car chaque genre de paysage — donné par la base géologique, le profil géomorphologique, le régime des cours d'eau, la structure du sol, le caractère du couvert de végétation et le climat — a influencé les conditions techniques et économiques de l'édification et a imprimé un caractère personnel à l'architecture populaire de chaque région grâce à ces éléments naturels.

Le pays vaste, sans couverture de bois, avec des sédiments de loess au sud de la Slovaquie et en Moravie du sud et du centre a donc conditionné nécessairement l'existence de bâtiments à murs monolithiques, chargés de terre battue ou formés de couches entrelacées de rouleaux en argile ou de briques séchées au soleil. Dans cette antique zone culturelle, correspondent grosso modo au noyau de la Grande-Moravie, survivent aussi de nombreuses traditions de bâtiment très anciennes dans la disposition en plan et les éléments de construction, documentés notamment par la tectonique des murs, la répartition des proportions et des masses, la fréquente utilisation des techniques de tressage en matériaux locaux, jons et osier, et des résidus de charpentes de toits d'une simplicité archaïque.

Parmi les plus importants degrés d'évolution de la composition spatiale intérieure de la maison d'habitation de cette zone on compte la maison du type à grenier, qui s'y est développé en plusieurs versions déterminant en même temps son appartenance à la région, le cas échéant au district. On y considère comme typiques également les maisons à logements séparés pour plusieurs familles, rangés

selon l'axe longitudinal en profondeur de la cour. Comme exception particulière mentionnons les grandes cours des Habans qui forment un groupe fermé de maisons reliées par leur construction pour les membres d'une même famille, avec un atelier, une cuisine et un fournil communs.

On peut considérer comme un tout original la partie sud-ouest de la Slovaquie — la région de Nitra et Záhorská — et la Slovaquie Morave. Parmi les caractères typiques importants de l'architecture des maisons folkloriques de cette région, il faut citer par exemple les „žudro“, les portails plastiquement soulignés sous forme de saillies, avec des colonnettes ou piliers adossés, les galeries à arcades recouvrant le pas de la porte, et l'extension de la maison du type à grenier appelée ici maison avec „hauteur“, une pièce à l'étage qui s'élève soit derrière le vestibule sous forme de tourelle ajoutée à la partie d'habitation au rez-de-chaussée sous un même toit, ou bien s'avance sous forme d'un bas demi-étage dans la façade au-dessus du vestibule ou de la pièce principale. Par la vallée du Váh, cette „hauteur“ pénètre jusqu'à la région d'Orava où elle devient un élément de la maison en rondins et passe ensuite en Pologne. Ce qu'on y trouve de typique, ce sont également les chambres à un ou à deux niveaux (les greniers à blé ou à fourrage) situés généralement en face de la façade principale de la propriété dans l'espace de la place du village où elles forment des rangs urbanistes individuels.

Au rebord sud de la Slovaquie et de la Moravie, les bâtiments en maçonnerie en argile sont mêlés aux constructions en bois. Les arbres feuillus, les seuls qu'on trouve dans la région, fournissent un matériau de construction difficile à usiner. C'est pourquoi on y rencontre, en dehors de la technique des rondins, les constructions à cadres et à potelets qui sont moins fréquentes ailleurs. L'inégalité des murs en rondins est recouverte d'une couche épaisse d'enduit en argile.

L'image du paysage viticole du midi est étroitement liée aux groupes de caves à vin et de cabanes qui forment régulièrement sur bords des vignobles des ensembles urbanistes indépendants.

Le type de la maison à grenier est devenu caractéristique aussi pour la région de la maison de Haná dans la plaine de la Moravie centrale. Le grenier à deux étages est construit sur le côté de la façade longitudinale de la partie d'habitation. Il continue à l'étage au-dessus du vestibule par le grenier à blé qui saille du centre du bâtiment sous forme d'un puissant „žudro“ occupant toute la hauteur du comble. Au rez-de-chaussée, devant l'entrée de la maison, se trouve une large galerie à arcades.

L'architecture populaire du district, englobant plusieurs communes autour de Vyškov, représente la variante locale de la maison à grenier avec le „žudro“ caractéristique de Haná. Le grenier à deux niveaux est situé à l'angle du bâtiment d'habitation, verticalement à son axe longitudinal. A l'étage, le grenier passe au-dessus du vestibule dans la façade et saille dans la rue en même temps que la galerie

fermée, accessible par une porte revêtant la forme caractéristique de champignon.

La zone de la maison en rondins traverse grosso modo la moitié nord de la Slovaquie et de la Moravie, au-dessus de la zone de la maison en argile et, traversant les Croupes Tchéco-moraves, elle passe en Bohême qu'elle couvre presque complètement. Elle a une typologie très riche et se divise en ensembles régionaux relativement grands. Aux limites de ces ensembles on distingue encore d'autres districts très accusés.

La partie orientale de la république fédérée appartient à la région de la maison en rondins des Carpates dans laquelle se sont conservés de nombreux facteurs témoignant de l'ancienneté de la culture architecturale de rondins. En outre, on y rencontre certains éléments architecturaux qui définissent le caractère spécifique de certains territoires.

A l'est ce sont, par exemple, des maisons qui occupent les cours en profondeur et avec des galeries à arcades encastrées dans les façades longitudinales. Dans la province de Spiš prédominent de grandes maisons avec des dispositions en plan très articulées et des pignons élevés, étagés, portant le faitage de toitures descendant à pic. La colonisation minière a apporté dans les alentours des villes minières de la Slovaquie centrale également le type de la maison à étage avec galeries à arcades et balcons.

Il faut signaler aussi les remarquables fermes à cour fermée au pied des Tatras et, dans la vallée de Liptovský Hrádok, le mode de jumelage de deux maisons avec un vestibule commun.

C'est sur le Hron supérieur et sur l'Orava que l'on trouve les types les plus anciens et plus purs au point de vue du style de la maison slovaque en rondins.

La région limitrophe entre la Moravie et la Slovaquie, occupée par le massif des Beskides, est couverte par le district de la maison de Valachie morave, représentant la prééminence d'extrême ouest de la région des Carpates.

La zone de la maison en rondins dans la partie occidentale de l'Etat tchécoslovaque, correspondant au point de vue orographique au Massif de Bohême, présente une variété extraordinaire, en particulier dans la disposition en plan des propriétés rurales, dans leur composition urbaniste et dans le dialecte architectural des différents bâtiments.

A ce point de vue, nous distinguons quatre grands ensembles régionaux: l'ensemble de la maison du nord-est de la Bohême, l'ensemble de la maison de Croupes Tchécomoraves, l'ensemble de la maison de la Bohême centrale et enfin l'ensemble de la maison de la Šumava.

La région de la Bohême du nord-est se distingue par une extrême variabilité des formes extérieures et des éléments ornementaux. Ce fut surtout dans la Bohême de la fin du XVIII^e et de la première moitié du XIX^e siècle que culmina la vieille tradition du métier de charpentier pour aboutir à une perfection

artistique des moyens d'expression, qui se font valoir surtout dans l'articulation des façades et des pignons, dans le décor des lignes et des plastiques des éléments découpés.

Les maisons en rondins y subsistent encore en un tel nombre qu'elles participent fortement à l'image du paysage et représentent encore aujourd'hui, dans beaucoup de cas, des ensembles urbanistes entiers d'agglomérations rurales. L'influence de la profonde tradition des constructions en rondins a fait persister dans cette région, plus longtemps qu'ailleurs, la maison en rondins urbaine et suburbaine, et cela même dans plusieurs agglomérations compactes.

La région des Croupes Tchéco-moraves est caractérisée, entre autres, par une composition en plan et des masses des propriétés rurales correspondant à des blocs fermés entourant une cour intérieure. Le corps de bâtiment d'habitation resserre avec les bâtiments de ferme une sorte de patio généralement très petit auquel on accède par une porte cochlère au-dessous du grenier.

La large bande de la Bohême centrale est couverte par la région de la maison en rondins de la Bohême centrale. L'ancienneté génétique de ce type de maison est confirmée notamment par les traditions gothiques subsistant dans bon nombre d'éléments archaïques, à commencer par les rapports de proportion des parties de la construction jusqu'aux détails architectoniques.

Dans la catégorie des types de bâtiments archaïques on classe aussi les granges en rondins avec des lassières à clôture polygonale. Leur présence irrégulière dans les districts localisés les rattache aux régions de la maison en rondins de la Bohême centrale, aussi bien qu'à celles de la Bohême du nord-est et des Croupes Tchéco-moraves. Comme phénomènes d'architecture assez rare on peut signaler également dans cette zone les greniers de petites dimensions, souvent avec des combles en rondins, placés isolément dans la cour de la ferme. On les trouve d'une part la région frontalière de la Bohême occidentale, d'autre part en Silésie et en Slovaquie orientale.

Le massif montagneux de la Šumava et le pays à son pied sont recouverts par la zone de la maison en rondins de la Šumava, caractérisée extérieurement par des rondins en troncs non équarris, un comble bas à deux égouts et un gros pignon généralement percé par le balcon. Parmi ses nombreux caractères archaïques on peut mentionner notamment les pignons en rondins, la réunion des espaces d'habitation et d'exploitation dans une seule maison avec un grand vestibule passant par son milieu et l'extension de la maison du type à grenier. Celui-ci figure en versions les plus variées de composition de l'espace et de la masse, en combinaison de la salle de séjour en bois avec un grenier en pierre et, enfin, comme construction entièrement en pierre. La maison de la région des Chods est son représentant par excellence; aux procédés archaïques des techniques du bâtiment correspondent également l'épaisseur des murs, peu courante pour les constructions folkloriques, la conception de l'architec-

ture en tant que bloc monolithique et la technique de la voûte.

La zone de la maison en colombage se propage dans la Bohême occidentale et septentrionale. Sa tectonique est dictée par la construction d'une ossature en bois en poutres verticales et horizontales, remplie sur les constructions plus anciennes de claies ou de briques séchées au soleil, sur les constructions plus récentes de briques cuites. Aux environs de Cheb, où se sont développées de grandes exploitations rurales à cour, on remarque la maison en colombage caractérisée par la multiplicité des formes de la structure ornementale des murs et des pignons, par la richesse des détails découpés en bois et par la polychromie bigarrée. Un type plus ancien de construction en colombage s'est conservé dans les prolongements à l'extrême nord de la Bohême. Des pans verticaux passent par les murs du bâtiment depuis les fondations jusqu'à sa couronne supérieure, s'adossent au rez-de-chaussée entouré de poutres et forment en même temps l'ossature autonome de l'étage en colombage.

Contrairement aux zones de la maison en argile, en rondins ou en colombage, la zone de la maison en maçonnerie ne constitue pas, comme nous l'avons déjà signalé, un ensemble homogène au point de vue géographique. Elle ne recouvre que certains territoires de ces zones, mais souvent en une mesure telle qu'elle a imprimé complètement son caractère spécifique à ces régions. La maison folklorique en maçonnerie est devenue, en premier lieu, un représentant accusé de l'adoption et de la transformation autonome de l'ensemble des formes des architectures d'un certain style dans le milieu rural. Dans le bassin fertile de la Bohême du sud, c'est le baroque qui, en dehors des témoins précieusement conservés de la réception du gothique et de la Renaissance, a influencé dans une très large mesure l'architecture populaire en maçonnerie. Dans les alentours de Plzeň, en Bohême orientale et en Moravie et Slovaquie, c'est au contraire l'influence des styles Louis XVI et Empire qui prédomine.

La valeur de l'architecture populaire en maçonnerie ne réside pas seulement dans ce remarquable phénomène décoratif, mais aussi dans les ensembles urbanistes soulignés par la composition unifiée des places de village. C'est surtout dans la Bohême du sud qu'a été mis en œuvre presque systématiquement le but visé par le baroque — la création d'une coulisse parfaite d'une composition monumentale homogène. Le baroque rural de la Bohême du sud a imprimé au paysage de la Bohême du sud un caractère tout personnel, il est son représentant expressif. L'image de ce pays couvert d'étangs, qui doit son aspect actuel à la Renaissance, est inséparable de la structure traditionnelle de l'agglomération et de la composition des masses des habitations, dont les lignes horizontales prolongées adhèrent fermement — entre les grandes nappes d'eau — à l'assise géomorphologique.

Enfin, ce qui est un phénomène mondial, c'est que dans la Bohême du sud où, en ce qui concerne les styles d'architecture, le gothique tardif a atteint

son apogée, ce fut justement le baroque qui se soit imposé d'une manière accusée seulement dans le milieu populaire, mais dans une mesure telle que nous pouvons considérer ce procédé comme l'une des lignes du baroque qui se prolonge jusqu'au milieu du XIXe siècle.

Cette position exclusive du baroque rural de la Bohême du sud ressort le mieux d'une comparaison avec la création populaire analogue de la Bohême centrale où l'architecture populaire dépendait beaucoup plus directement des modèles pris dans l'architecture monumentale des styles baroque, rococo et Empire. Le caractère spécifique de la maison en maçonnerie, inspirée en principe par l'ensemble des formes baroques, est devenu dans l'esprit du public tchécoslovaque et mondial le représentant d'un phénomène architectural purement tchèque, tout comme la maison de Monts de l'Isère dans le domaine des constructions en rondins.

La caractère personnel et bigarré de notre architecture populaire, tel que nous venons de la décrire, ainsi que son importance parfois exceptionnelle pour la recherche scientifique effectuée dans le cadre de certaines disciplines techniques et historiques, exigent qu'on voue aux monuments culturels de ce genre une attention particulière lors de leur documentation.

La documentation des monuments culturels s'effectue, comme on le sait, de trois manières: la documentation descriptive, la documentation photographique et la documentation métrique.

La documentation descriptive des ouvrages d'architecture populaire est axée surtout sur les faits et rapports importants au point de vue géographique, architectural, technique, urbaniste, sociologique et historique. Elle est établie par écrit, le cas échéant aussi par de simples croquis et des clichés photographiques d'enregistrement. Son principal objectif réside dans l'analyse des ouvrages et de leurs milieux, analyse respectant les besoins théoriques et pratiques de la protection des monuments.

La documentation photographique rend, au moyen de clichés documentaires, le cas échéant représentatifs — réalisés d'après la documentation descriptive et des directives spéciales — les vues fondamentales de l'ouvrage, de son milieu urbaniste ou naturel, et reproduit les intérieurs ou détails d'architecture importants. Son principal objectif est de donner l'image, aussi réelle que possible, de l'aspect de l'ouvrage étudié et de ses rapports optiques avec le milieu.

Par contre, la documentation métrique vise l'expression graphique techniquement utilisable de toutes les valeurs culturelles matériellement réalisées de l'ouvrage. Elle est fondée, elle aussi, sur les résultats de la documentation descriptive qu'elle complète, éventuellement corrige. La mise en œuvre de la documentation métrique est basée sur les directives concrètes des organismes spécialisés de la protection nationale des monuments, la suite des opérations étant stipulée par les „Instructions de levé des ouvrages historiques et des zones protégées de la nature“, publiées par l'Administration

centrale de géodésie et de cartographie en accord avec le ministère de l'Éducation et des Affaires culturelles et le haut-commissariat du Conseil national slovaque pour l'Éducation et les Affaires culturelles le 29 décembre 1965 sous le n° 23 - 333.3 - 13 800/1965.

Sous l'angle des besoins de la protection des monuments, la documentation métrique s'effectue en vue de dresser l'inventaire des monuments, pour pouvoir procéder à l'analyse de la construction et à l'assainissement d'ouvrages historiques et à leur aménagement, en vue de leur déplacement ou en rapport avec leur démolition. Tandis que pour le dressement de l'inventaire, qui concerne tous les ouvrages historiques et circonscriptions historiques assez grandes, en général ensembles urbanistes et leurs environs, on peut à la planimétrie et à l'altimétrie utiliser une documentation cartographique à l'échelle de 1/5000, il est nécessaire au contraire de respecter dans les autres cas les règlements des instructions citées.

À l'exception des démolitions pour lesquelles le matériel documentaire reste d'habitude le seul dossier permettant à l'avenir de connaître et d'étudier l'ouvrage démolé, toutes les autres documentations, donc aussi la documentation métrique, serviront avant tout la pratique de la protection des ouvrages d'architecture populaire soit sur leur emplacement d'origine, soit après déplacement.

La protection sur l'emplacement d'origine concerne en général tous les ensembles d'exploitation rurale (fermes). C'est pourquoi il faut, dans planimétrie aussi bien que dans l'altimétrie, représenter non seulement toutes les constructions qui font partie de la ferme, mais aussi les surfaces par lesquelles elles sont liées entre elles dans l'espace, telles que cours, jardins, vergers, champs avoisinants. La protection, donc aussi la documentation des ouvrages individuels, sera plutôt exceptionnelle.

Pendant la documentation métrique des ouvrages de l'architecture populaire, il est toujours nécessaire de vouer une attention soutenue, d'une part aux constructions et aux formes, d'autre part au choix

des coupes longitudinales et transversales, afin de pouvoir caractériser l'ouvrage concret et son apparence typologique. Dans le choix des coupes, il s'agira notamment de rendre la disposition spatiale de l'ouvrage, la situation du foyer (du corps de chauffage) et d'exprimer le rapport de la pièce de séjour principale aux autres espaces d'habitation et d'exploitation.

Comme cas particulier mentionnons la documentation métrique qui doit servir, comme un des documents, pour la création d'un ensemble classé d'architecture populaire. En dehors de la documentation complète des ouvrages historiques et de la documentation de façade des ouvrages d'intérêt historique, y compris les façades développées des places de village et des alignements des rues, il faudra réaliser la documentation métrique de toute la circonscription classée au niveau du plan d'aménagement détaillé.

La documentation métrique nécessaire pour le déplacement de l'ouvrage d'architecture populaire est, elle aussi, un cas particulier. Le déplacement d'ouvrages entiers d'architecture populaire n'entre probablement en ligne de compte, dans nos conditions, que pour les constructions en bois, c'est-à-dire en rondins et en colombage. Sur le plan technique, ce déplacement s'effectue par un démontage soigné, par conservation et reconstruction en un autre endroit. Afin que cette opération compliquée puisse être réalisée en respectant les conditions scientifiques de l'ethnographie et de la protection des monuments, il faut procéder d'après des plans de démontage.

Toutefois, dans tous les cas sus-mentionnés, l'utilisation de la documentation métrique n'est pas liée seulement à la pratique de la protection des monuments. Elle est aussi la source exacte des recherches effectuées à différentes optiques scientifiques, en particulier lorsqu'il s'agit d'ouvrages qui ont subi par suite des modifications de construction, ont été démolis ou autrement détruits. C'est là justement que réside son importance permanente et principale.

SUMMARY

National Architectures and their Characteristics for the Need of Providing Measurement Documents

The national architectures are a closed group of buildings monuments noted for a lot of characteristic marks. The strength of the national tradition keeps an incessant continuity of both constructional and dispositional obsolete methods whose origin goes as far back as the very roots of building culture.

The Czechoslovak national architectures are divided

into four basic constructional areas according to the building material and the technological processing used: earthen house, timbered and frame-work houses which are overlapped by the dispersion of brick-(or stone-)built house. All the areas mentioned fall further into a mosaic picture of regions and districts differing from each other especially by their special architectural dialects.

The extraordinary scientific importance of the national architecture monuments demands that their documenting should be strictly objective and this may be complied especially with the good basic measurement materials.

Народная архитектура и ее характеристика для потребностей съемочной документации

Народная архитектура представляет собой замкнутую группу строительных памятников обозначающихся рядом самобытных знаков. Сила народной традиции причинила, что она сохраняет непрерывную связь архаических способов конструкции и расположений, начало которых относится к самым корням строительной культуры.

По примененному строительному материалу и его технологической обработке распределяется народная архитектура Чехословакии в четыре основных строительных области, дома земляного, срубового и фахверкового, которые перекрты дисперсией дома каменного. Все области дальше расчленяются в мозаичное изображение регионов и областей, отличающихся особенно своеобразным архитектурным диалектом.

Чрезвычайное научное значение памятников народной архитектуры требует, чтобы их документация гарантировала точную объективность, что удовлетворяет особенно съемочная документация.

Volksarchitektur und ihre Charakteristik für Zwecke der geodätischen Dokumentation

Die Volksarchitektur stellt eine in sich geschlossene Gruppe von Baudenkmalern vor, die sich durch eine Reihe eigenartiger Merkmale kennzeichnen. Die Kraft der Volkstradition hatte eine Erhaltung der dauernden Kontinuität archaischer Konstruktions- und Dispositionsarten zur Folge, deren Ursprung bis zu den eigentlichen Wurzeln der Baukultur zurückzuführen ist. Nach dem angewendeten Baumaterial und seiner technologischen Bearbeitung kann die Volksarchitektur in der Tschechoslowakei in vier Hauptgebiete geteilt werden: Lehmbauten, gezimmerte Holzbauten und Riegelbauten, die alle zum Teil von gemauerten Gebäuden überdeckt werden. Sämtliche Gebiete gliedern sich dann weiter in ein Mosaikbild der Regionen und Landschaftsbezirke, die sich insbesondere durch individuellen architektonischen Dialekt voneinander unterscheiden.

Die ausserordentliche wissenschaftliche Bedeutung der Denkmäler der Volksarchitektur erfordert von der Dokumentation eine strenge Objektivität, was insbesondere die geodätische Dokumentation bieten kann.

La mesure en tant que partie du système de documentation de l'architecture folklorique

par JAROSLAV VAJDIŠ, architecte,
Institut d'Etat pour la Reconstruction
des Villes et des Monuments
Historiques, Prague

Ces temps derniers, l'attention des spécialistes se concentre enfin sur les monuments architecturaux folkloriques. Ceux-ci constituent incontestablement, dans l'ensemble des richesses culturelles de notre pays, un élément remarquable et de haut niveau esthétique. Malgré certaines corrélations, du point de vue développement et forme, avec ce qu'on appelle l'architecture „officielle“, ils constituent un monde à part et contribuent, d'une façon originale, à créer un milieu architectural caractéristique de notre pays. Ils prouvent l'immense élan créateur des charpentiers, des maçons et des autres créateurs populaires qui, au fil des siècles, ont pris part à la construction des villages. Un autre fait remarquable est la grande diversité de l'organisation des habitations et de leur intégration dans le paysage. Bien que nous nous rendions généralement compte de la haute valeur architecturale marquant le développement historique de nos villages, elles n'ont pas jusqu'à ce jour fait l'objet d'une étude scientifique intégrale et poussée.

La valeur d'une architecture folklorique ne réside pas dans son aspect agréable, même si le pittoresque n'est pas, sans aucun doute, son moindre attrait. Elle ne réside pas davantage dans la décoration ornementale des pignons et des petits porches, ni dans les toits couverts de chaume ou de bardeaux. Il se peut que, dans certains cas, la composante ornementale d'un bâtiment atteigne un niveau à ce point élevé que, lors de l'appréciation, elle l'emporte sur les autres. Néanmoins et en général, la qualité de la réalisation artistique des maisons réside dans la disposition de leur masse et de leur répartition dans l'espace, ainsi que dans leur intégration dans un ensemble d'habitations. De plus, l'intérêt de l'architecture folklorique réside également, et non en dernier lieu, dans le fait qu'elle permet d'identifier certains éléments de construction et de structure dont les racines remontent à de lointaines époques historiques et même préhistoriques, et dont elles représentent éventuellement un degré plus avancé de développement. Il existe des bâtiments qui comportent des éléments de construction dont les archéologues découvrent les traces dans le sous-sol. Or, sans leur analogie constatée sur des bâtiments conservés — quoique d'origine plus récente — les archéologues pourraient difficilement prou-

ver, sur ces restes de bâtiments découverts, leur structure primaire du point de vue de leur répartition dans l'espace et de la forme de leur masse.

Par sa disposition et son aménagement dans l'espace, l'architecture folklorique prouve l'autonomie du développement culturel des nations tchèque et slovaque. Certains problèmes, auxquels se heurte l'étude de cette architecture, illustrent d'une façon intéressante certains moments de l'histoire de notre peuple.

Les lacunes existant, jusqu'à présent, dans nos connaissances de l'évolution, de la valeur et de la signification de l'architecture folklorique et de l'habitat dans la vie d'un peuple, mènent à la sous-estimation, sinon à la négation, de leur valeur. Cela se traduit par une liquidation de nombreux et précieux éléments de constructions rurales de date plus ancienne, ainsi que par des obstacles entravant les efforts visant à la conservation des bâtiments et à leur sauvegarde, en tant que monuments historiques.

Toutes les mesures visant à la sauvegarde de l'architecture folklorique, à son évaluation et à sa connaissance, soit sous l'angle de son évolution, soit sous celui de l'étude de l'esthétique des rapports structuraux ou enfin sous l'angle ethnographique et sociologique, doivent être basées sur l'étude de l'architecture folklorique et de l'habitat sur une étendue donnée, coïncidant en général avec une région délimitée plus ou moins logiquement et plus conséquemment, en accord avec le compétence administrative de l'organisme chargé de cette tâche. Les résultats de telles recherches constituent ensuite le point de départ de travaux ultérieurs, commençant en général par le classement des différents phénomènes et se terminant par l'évaluation comparative suivant les points de vue mentionnés plus haut.

Le compte rendu des recherches, servant de base à ces travaux, doit tenir, et tient en général, compte de l'orientation requise des études ultérieures ou d'une autre application pratique. Ceci revient à dire que les recherches s'efforcent de répondre aux questions les concernant. En principe pourtant, toute étude de l'architecture folklorique devrait présenter dans ses résultats des matériaux caractérisant une construction donnée sous ses aspects

fondamentaux, afin de lui prêter une validité générale. Ce caractère d'objectivité doit être rigoureusement requis, afin de conserver au moins les connaissances les plus importantes sur chacune des constructions étudiées, à une époque où l'ensemble du fonds de l'architecture folklorique est menacé par la pression technique et civilisatrice de l'époque moderne, il n'est guère possible de garantir qu'un autre chercheur puisse, à l'avenir, compléter ces données de base.

L'objectivité de cette documentation de recherches peut, en premier lieu, être obtenue par l'adoption de formes qui, par le principe même de leur réalisation technique, en assurent l'authenticité et l'intégralité. Une notation verbale de la réalité, dans ce cas, ne saurait être considérée comme absolument sûre, car elle dépend dans une grande mesure, des qualités personnelles du chercheur, de ces connaissances, de ces intérêts et buts scientifiques. Dans une certaine mesure, l'objectivité d'une notation verbale peut être positivement influencée par l'utilisation d'un genre de questionnaire ou de formules; en tout cas pourtant, la teneur des réponses dépend des qualités individuelles de la personne qui les rédige. Notre intention n'est pas de disqualifier ainsi la forme verbale des données établies par recherches, mais seulement de souligner qu'elle doit en tout cas être accompagnée d'autres procédés de notation de la réalité objective. Il s'agit, en premier lieu, de la notation photographique et de la représentation à l'aide de croquis cotés.

Les deux procédés imposent des exigences considérables au chercheur en ce qui concerne la réalisation technique, tant du point de vue de ses aptitudes personnelles que de l'attribution de l'équipement nécessaire et, le cas échéant, du personnel auxiliaire. Toutefois, foute de remplir ces exigences, on ne saurait assurer la bonne qualité et l'intégralité de la notation. Une description, si bonne soit-elle, ne saurait, sans être complétée des deux modes de notation figurative en question, évoquer chez le lecteur l'idée de l'aménagement de la masse et de l'espace et de la composition ornementale, l'idée des matériaux de construction, du traitement des surfaces, non plus que des rapports d'espace et des possibilités de l'exploitation du bâtiment. Il faut souligner ici l'interdépendance des trois méthodes fondamentales susmentionnées de recherches, dont chacune possède ses traits spécifiques, et chacune représente le bâtiment étudié d'un point de vue différent. D'autre part, il faut absolument exiger une haute qualification professionnelle de la personne chargée de l'élaboration de ces documents. Des conditions idéales sont sans doute réunies, lorsque le chercheur maîtrise toutes les méthodes en question, c'est-à-dire, lorsqu'il possède des connaissances théoriques dans le domaine de l'architecture folklorique en même temps que la pratique de la topographie.

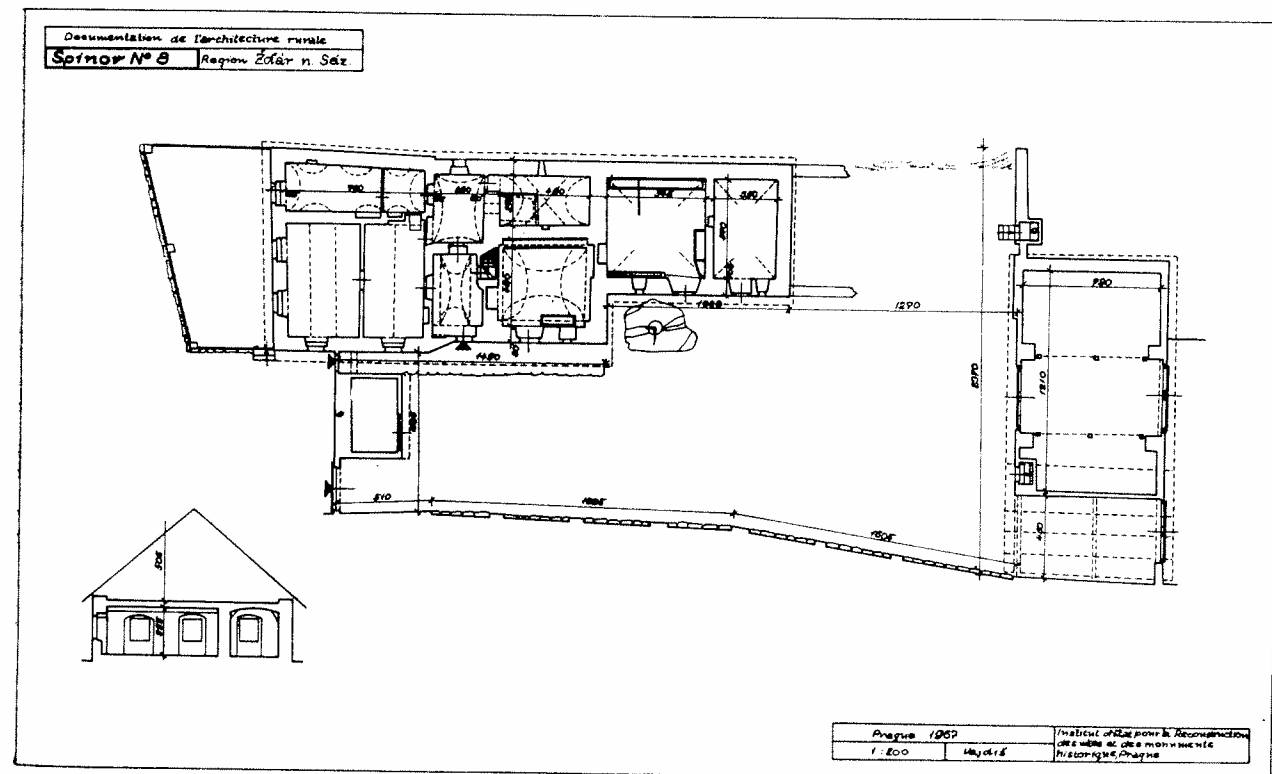
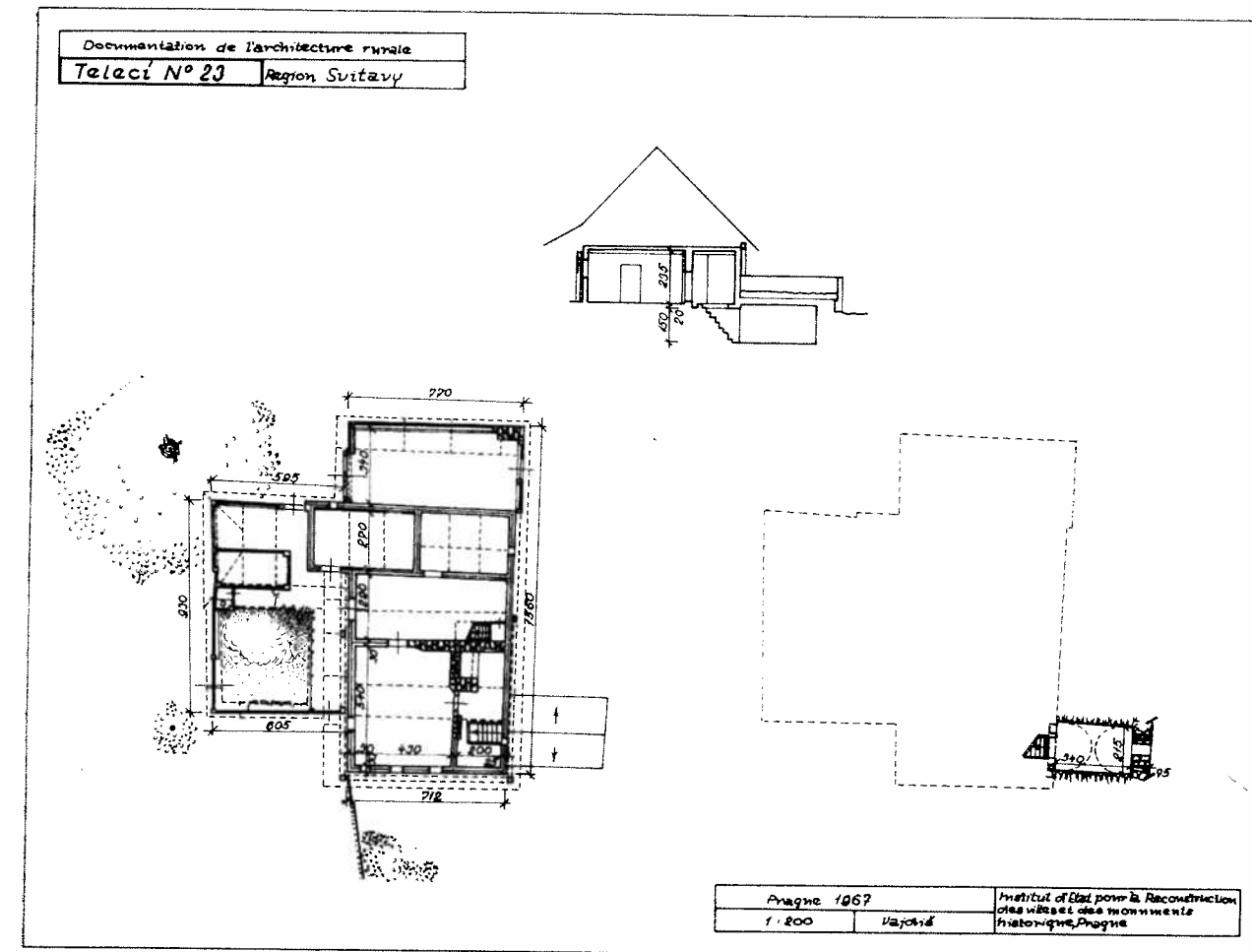
La mesure, en tant que méthode de l'étude de l'architecture folklorique et méthode de recherche, est une tâche complexe, exigeant l'adoption de procédés techniques les plus variés et, par-là, d'instru-

ments les plus divers, depuis les plus simples jusqu'aux plus compliqués. Avant de décider de l'adoption de telle ou telle méthode de mesure, il faut prendre en considération le but auquel elle servira et les moyens financiers et techniques disponibles. Sur cette base, il faut choisir le mode optimum de notation de la mesure, rationnel du point de vue financier et répondant suffisamment à l'objectif fixé. Il en découle qu'il est nécessaire d'adopter différentes échelles de mesure. Il en découle également que le choix de la méthode de mesure dépend du système et du niveau des travaux de recherches.

Au cours de ces dernières années la situation, qui risquait de faire disparaître un grand nombre de constructions folkloriques, imposait impérieusement de procéder à des recherches inventariant à des frais relativement modestes, un grand nombre de bâtiment sur une étendue maximum du territoire du pays. La réalisation d'une telle opération incombe, bien entendu, aux organismes de la protection des monuments, qui l'accomplissent dans la mesure des possibilités des Centres régionaux de la protection des monuments et des sites. L'exploration de la Moravie a été, en majeure partie, confiée aux collaborateurs de l'Institut d'Etat pour la reconstruction des villes et des monuments historiques de Prague, qui a élaboré une méthode prenant pour point de départ le système toujours utilisé de recherche aux fins de recensement. Ses résultats pratiques sont une notation verbale de recensement, une documentation photographique et la mesure des constructions à l'échelle de $1/200$. Malgré ses faibles dimensions, cette représentation suffit à documenter l'aménagement des espaces aussi bien que les dimensions de base de la construction, c'est-à-dire, à fournir le minimum d'information sur son caractère et sur certaines propriétés décisives pour la pratique de la protection des monuments historiques. A la différence de l'opinion généralement acceptée, qui considère le plan à $1/200$ comme un croquis facultatif, nous mesurons chaque construction par simple mesure directe (sans réseau diagonal). L'auxiliaire le plus courant est, dans ce cas, le double-mètre, ce qui veut dire que le travail n'entraîne pas de grands frais. Les plans des constructions sont dessinés dans le plan de situation, obtenu par agrandissement du plan cadastral ($1/1000$) ou, ce qui est préférable, dans le contour emprunté au croquis de levé cadastral, transposé à l'échelle nécessaire.

Cette façon permet de dessiner, avec une précision suffisante, les angles et les déformations. La documentation élaborée, à l'aide des mesures, à l'échelle de $1/200$, comprend les plans de tous les niveaux et le schéma de la coupe. Les façades sont représentées photographiquement.

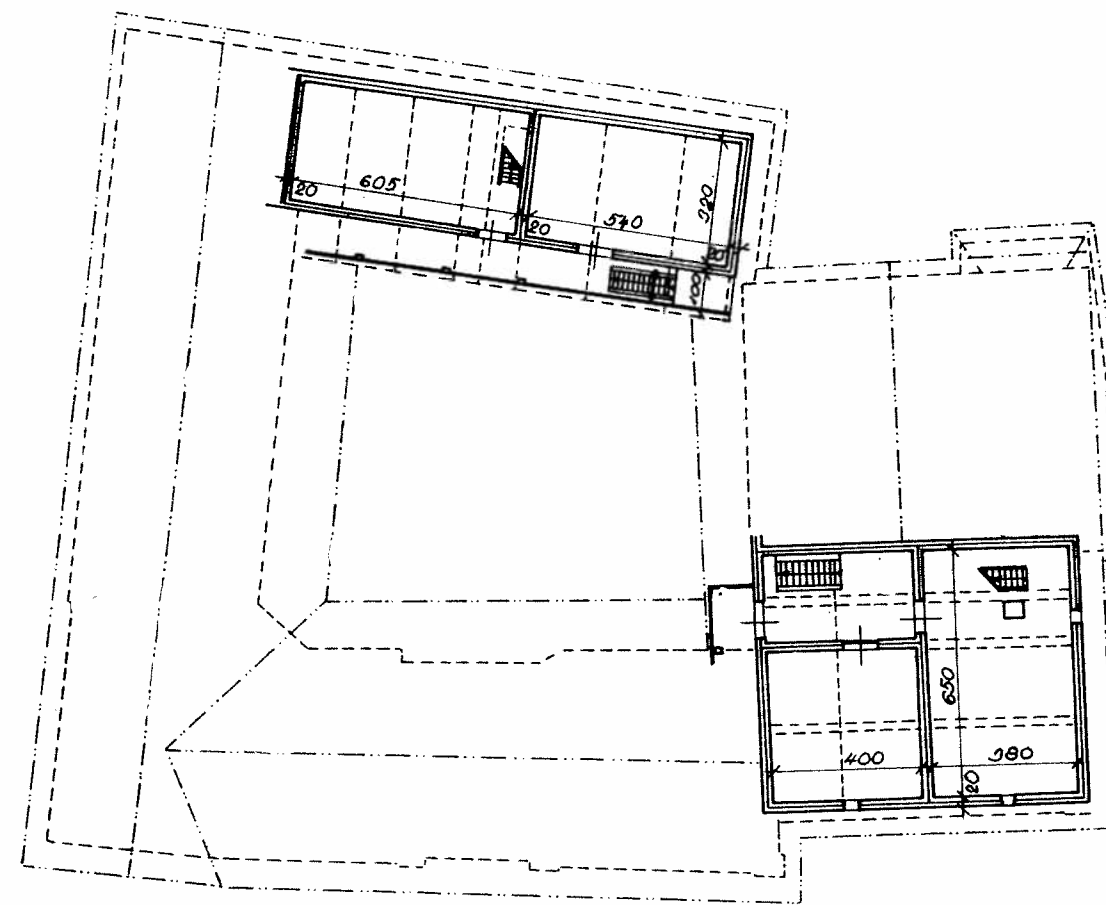
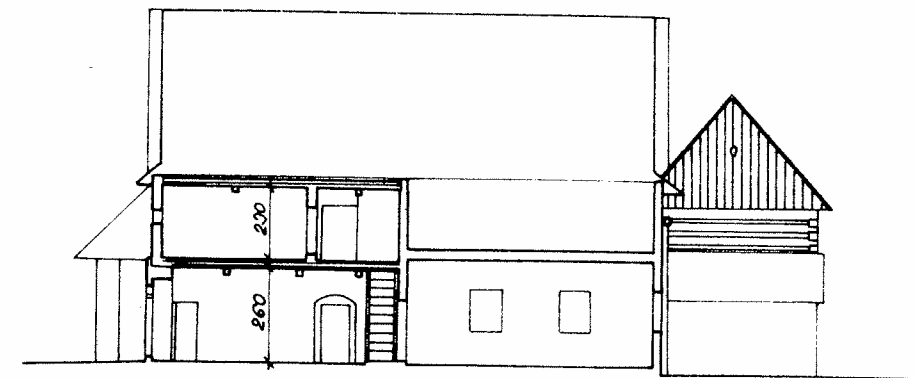
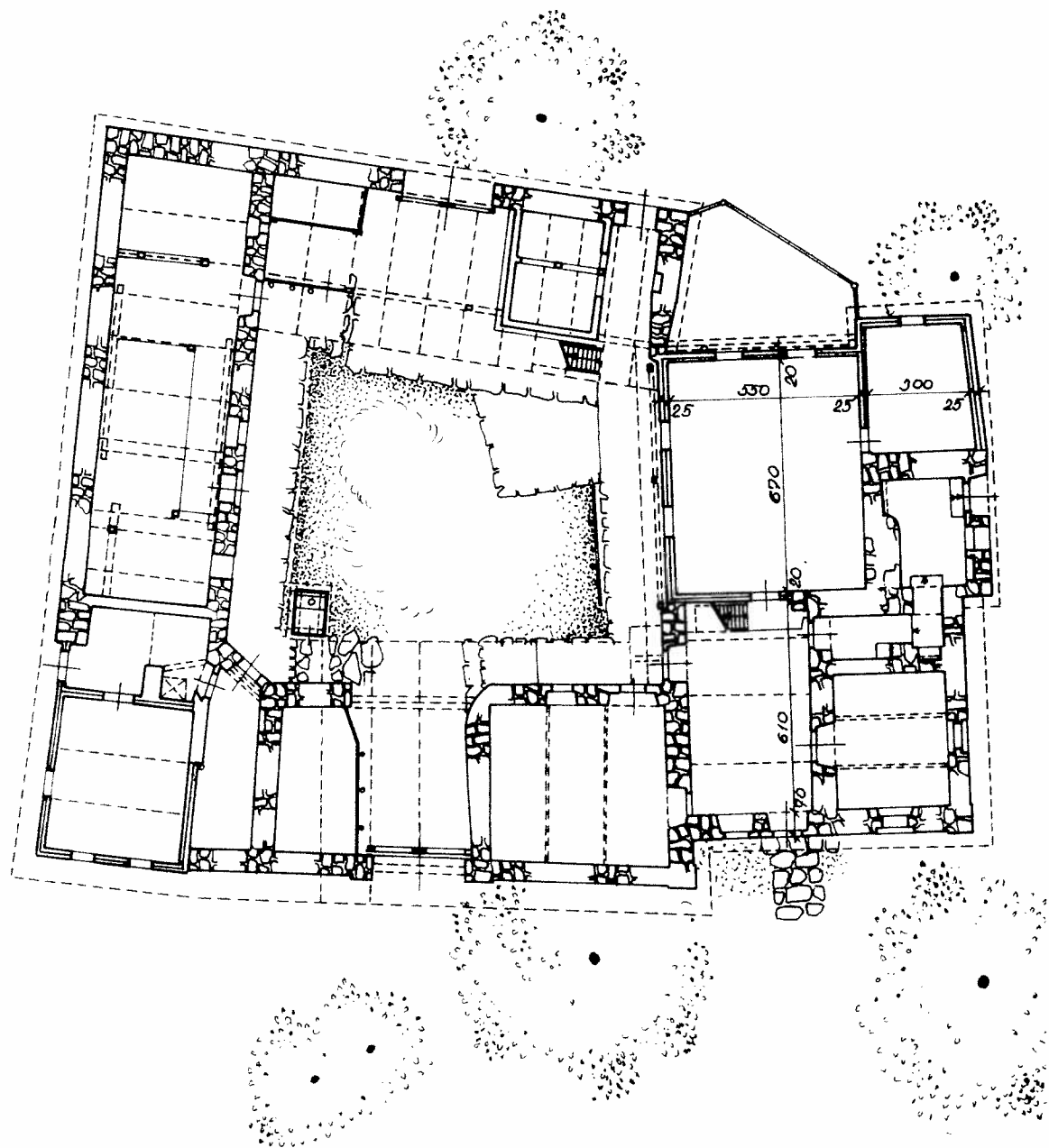
A l'exemple des recherches entreprises en Moravie méridionale, il a été procédé à l'exploration d'une partie de la Bohême orientale et, actuellement, on explore graduellement les districts de la Bohême occidentale. Au total, près de quatre cents constructions ont été jusqu'à présent étudiées.



L'efficacité de cette méthode de mesure a été confirmée, lors de recherches effectuées sur les architectures urbaines, en premier lieu sur l'évolution architecturale des édifices historiques de Prague, où les plans de 1/200 ont servi de base à une appréciation analytique complexe. La même méthode peut être adoptée dans l'étude de villages, ainsi que le confirme le compte rendu sur Rymice.

L'échelle à 1/200 permet non seulement de représenter les surfaces planes de toutes les constructions, mais encore de dessiner, en les intégrant dans un plan synoptique, plusieurs constructions d'un ensemble; ce qui fait mieux ressortir les rapports mutuels des constructions, en ce qui concerne leur situation et leur développement.

Documentation de l'architecture rurale
Sudislav N°8 Région Ústí nad Orlicí



Prague 1966		Institut d'Etat pour la Reconstruction des villes et des monuments historiques, Prague
1 : 200	Vajdiš	

Il est naturel que le plan à 1/200 ne soit pas l'unique système de mesure adopté pour inventorier les constructions. Les constructions de très petites dimensions doivent, pour des raisons pratiques, être dessinées à une plus grande échelle. Et comme lors de l'élaboration d'un tel inventaire, une attention

méritée est accordée également aux ensembles d'habitation — ensembles de constructions et communes entières — il est souvent nécessaire de représenter les constructions étudiées à une échelle inférieure à 1/200. Dans ce cas, le but de la notation et l'étendue de l'ensemble représenté déterminent le

choix du système de dessin, qui peut représenter soit la disposition des bâtiments, soit leurs seuls contours.

En tout cas, lors de mesures de construction ou d'ensembles de constructions folkloriques, il ne faut pas oublier de noter également les éléments représentant le cadre de vie des habitants. Il s'agit en premier lieu des éléments naturels — verdure, configuration du terrain, eaux, mais aussi d'éléments créés par l'homme: réseaux de communication, aménagement des habitations et des propriétés rurales, etc.

Les représentations à 1/200 constituent, en outre, des documents convenables pour le premier degré de traitement des constructions et servent de base à l'élaboration d'études de mesures d'assainissement et de reconstruction, résolvant les principaux problèmes de l'aménagement de la masse, de l'utilisation des surfaces et des espaces, des réseaux de communication et autres, etc. Il s'agit d'un degré convenant à l'élaboration d'études de projets d'ensembles architecturaux au niveau d'une étude architectonique d'un plan territorial détaillé.

L'inventaire des constructions folkloriques ne saurait, certes, se contenter d'un système de mesure général à 1/200. Souvent, l'importance du bâtiment, la complexité de son architecture et de son développement architectural, exigent une notation graphique plus détaillée, plus complète et plus précise. Elle est, en outre, imposée par les besoins pratiques de la protection des monuments, c'est-à-dire de l'élaboration de projets et de la construction même. Elle est imposée, de plus, et non en dernier lieu, par la nécessité de l'installation de musées présentant, sous forme d'exposition, la création architecturale folklorique. Selon les conditions et les intentions, on adopte pour l'élaboration de cette documentation différentes méthodes de mesure et de représentation, et à différentes échelles. Les exigences techniques imposées à leur élaboration s'accroissent proportionnellement à la réduction de l'échelle du plan. La mesure des constructions folkloriques admet l'application de procédés de travail les plus complexes et les plus précis, assurant une haute objectivité et authenticité du dessin. Néanmoins, à cet égard, relativement peu a été fait jusqu'à présent. La plupart des opérations de mesure d'une certaine importance, effectuées dans le domaine de l'architecture folklorique, ont été faites par des mesures simples, en marquant tout au plus des points d'orientation sur la base du réseau polygonal et en établissant l'altitude. Cette situation peut partiellement être justifiée par la petite étendue et, en général, par la bonne accessibilité de toutes les parties des constructions qui permettent d'atteindre des résultats exacts. Néanmoins l'adop-

tion de procédés de travail plus parfaits permettrait d'établir avec beaucoup plus de précision les différentes déformations de structures verticales aussi bien qu'horizontales, de noter plus exactement les riches figures ornementales dans la composition des façades et de situer beaucoup plus sûrement les différentes parties d'ensembles complexes de bâtiments.

En parcourant les diverses archives, comprenant les résultats de mesures de constructions folkloriques, le problème de l'unification des méthodes de mesure et de représentation s'impose nécessairement. Les différences d'élaboration sont sensibles au point qu'une partie des documents d'archives sont inutilisables, manquant visiblement d'authenticité, tandis qu'une autre partie est élaborée, dirait-on, avec un soin et une perfection de manuscrit de conservateur. Il faudrait universellement se rapprocher au maximum de cet idéal, sans que toutefois cette exigence de la qualité entraîne un accroissement démesuré des frais. Cette dernière ne serait acceptable que dans certains cas exceptionnels, mais non pour l'ensemble des travaux de documentation, qui, sur le plan économique, en seraient paralysés. L'unification rationnelle, par voie d'un commun accord, des procédés techniques et de la représentation graphique, créerait une base solide pour la mesure documentaire de l'architecture folklorique et permettrait de traiter à des frais raisonnables, et de façon optimum, un grand nombre de bâtiments. Et surtout, elle assurerait une organisation plus nette des matériaux déposés, ainsi que leur meilleure manipulation.

Les procédés de mesure ainsi définis devraient prendre pour point de départ la possibilité de leur utilisation pratique par la science et par les services de protection des monuments historiques. A moins d'être purement formels, leur rentabilité serait assurée en même temps que la possibilité de mettre sur pied un ensemble documentaire de grande portée culturelle et de valeur durable. De là, il n'y a plus qu'un pas vers l'exigence de la création d'un centre national réunissant les matériaux documentaires sur l'architecture folklorique. Le caractère complexe du point de vue organisation et économie d'une telle opération serait compensé par la haute valeur scientifique des documents ainsi concentrés, par les facilités de leur utilisation et leur accessibilité. La connaissance de l'architecture folklorique serait enfin portée au niveau désirable. La valeur de la création architecturale folklorique, en tant que composante de l'ensemble du legs culturel de la nation, serait ainsi généralement reconnue. Ce serait, au moins, la solution, pour la conservation des plus importants monuments folkloriques de notre pays.

SUMMARY

Surveying as a Part of the Documentation System for National Architectures

The specialists in preservation of historical monuments have been paying great attention to architectural monuments of the country in the last years. The actions undertaken to preserve or evaluate national architectures start from investigation and research work that is processed with respect to the use expected. The objectiveness of the investigation material requires such forms of recording that preserve its verity and entirety. The survey documentation is one of those forms. In the last years an extensive investigation of national architectures, consisting of a test record, photo material as well as of surveying the structures at the scale of 1:200, has been carried out in Eastern Moravia, and in Eastern Bohemia either. In surveying even such elements illustrating the human environment, as verdure, terrain forms, water, and communication lines, etc., have to be registered.

РЕЗЮМЕ

Измерение — часть системы документации для народной архитектуры

Специалисты по охране памятников старины уделяют в последнее время повышенное внимание архитектурным памятникам деревни. В начале работ приводящих к сохранению или обработке народной архитектуры выступают исследовательские работы, которые обыкновенно совершаются уже учитывая требуемое использование. Объективность исследовательских материалов можно получить применением таких форм записи, у которых правдивость и полнота опре-

деления обеспечены. Одной из таких форм является съемочная документация. В последние годы совершается обширное исследование народной архитектуры в южноморавском крае, результатом которого является учетная запись теста, фотографическая документация и измерение объекта в масштабе 1:200. Таким же образом поступалось и в восточночешском крае. При измерении надо не забыть и об изображении элементов, изображающих жизненную обстановку жителей (зелень, местность, воды, коммуникации и т. п.).

ZUSAMMENFASSUNG

Die Vermessung als Bestandteil des Dokumentationssysteme für die Volksarchitektur

Von den Fachmännern der Denkmalpflege wird in der letzten Zeit eine grössere Aufmerksamkeit den architektonischen Denkmälern auf dem Lande gewidmet. Am Anfang der zur Rettung, bzw. zur Bewertung der Volksarchitektur führenden Aktionen stehen die Untersuchungs- und Erforschungsarbeiten, die bereits mit Berücksichtigung der verlangten Ausnutzung ausgearbeitet werden. Eine Objektivität des Untersuchungsmaterials kann durch Anwendung solcher Formen erreicht werden, bei denen die Wahrheit und Vollständigkeit der Feststellung gewährleistet wird. Eine von diesen Formen ist die Vermessungsdokumentation. In den letzten Jahren wird eine umfangreiche Erforschung der Volksarchitektur im südmährischen Kreis vorgenommen, deren Ergebnis das sog. Evidenz-Testverzeichnis, die photographische Dokumentation und die Vermessung des Objektes im Masstab 1:200 sind. Ähnlich wurde auch im ostböhmischen Kreis gearbeitet. Bei der Vermessung muss ebenfalls auf die Festhaltung der Elemente gedacht werden, die das ganze Lebensmilieu der Einwohner vorstellen (grüne Flächen, Geländeformen, Gewässer, Verkehrswege u. a.).

L'architecture folklorique

- formes d'élaboration de la documentation de levés pour les différentes méthodes de sa protection

par SVATOPLUK VODĚRA, Ingénieur architecte
Ecole polytechnique Tchèque à Prague,
branche architecture

Une documentation précise et objective des monuments architecturaux et de leurs ensembles est la condition première de leur protection efficace, elle est indispensable pour la préparation d'une intervention quelconque dans sa structure ou sa forme, faite par l'architecte ou le restaurateur; elle est essentielle pour l'activité scientifique de la prospection, pour l'évaluation etc. C'est pourquoi il est indispensable que des procédés de documentation appropriés créent, pour toutes ces activités, des matériels tels qu'ils puissent servir de base aux travaux suivants.

De nos jours, alors que la société se rend compte de la nécessité absolue d'une protection et d'une activité créatrice en vue de la conservation des monuments — non point par esprit romantique et amour des vieilles choses, mais comme besoin intérieur d'assurer la spécificité culturelle nationale contre le nivellement contemporain universel du style de vie et de ses manifestations matérielles — la nécessité de développer les méthodes de documentation se manifeste encore plus vigoureusement.

Permettez-moi, dans mon intervention, d'attirer l'attention sur un des domaines des monuments architecturaux dans lequel, l'intérêt pour les levés s'est manifesté beaucoup plus tard que dans les autres domaines typologiques des monuments architecturaux et où, de plus, agissent depuis des dizaines d'années de nombreux facteurs, qui ont pour conséquence leur liquidation successive.

A la charnière du XIXe et XXe siècle, beaucoup d'artistes commençaient à se rendre compte de cette situation peu brillante, et ce furent surtout les peintres qui tâchèrent d'enregistrer, au moins dans leurs alentours immédiats, certaines composantes architecturales accusées. Bien que ce ne fût pas une recherche systématique et bien qu'il ne fût pas question d'une documentation au sens propre du mot, leurs dessins n'en restent pas moins aujourd'hui un précieux témoignage sur la forme originale des architectures de campagne.

La protection officielle des sites, axée à cette époque uniquement sur les œuvres accomplies — et encore sur celles des plus anciennes phases d'évolution de l'architecture — ne manifeste aucun intérêt à l'endroit du bâtiment populaire. D'autant plus faut-il apprécier le travail historique de pionnier

les historiens viennois Hans Schmidt et Ernst Sonntag dans l'œuvre „Das Bauernhaus in Österreich-Ungarn“ dans laquelle on trouve une documentation relativement objective, vu les conditions d'alors, sur certaines architectures des environs de Litoměřice, Turnov, Frýdlant, Cheb et Vimperk, y compris les schémas en plan et les détails architectoniques. En Bohême, le Dr. Karel Adámek publie en 1900 le premier tome de l'ouvrage prévu „Inventaire des monuments folkloriques dans le royaume de Bohême — Le peuple des environs de Hlinsko“. Depuis la publication de cet ouvrage, on peut constater alors plus souvent un intérêt croissant pour l'architecture populaire, alors que l'architecture moderne cherche de nouveaux éléments pittoresques, indépendants des formes de la création stylistique officielle. C'est pourquoi, à côté des peintres Mánes, Prousek, Špirhanzl, Jaroněk etc. on voit nombre d'architectes, par ex. Jurkovič, Koula, Janák, Kotěra, qui notent les types d'architecture folklorique comme source d'inspiration pour leurs œuvres de pionniers.

Malgré cela, on n'a pas procédé à des recherches systématiques et à la documentation de cette importante branche de l'architecture qui n'a pas été considérée comme un digne partenaire des autres domaines de la création artistique. Sous la Première République, l'intérêt fut un peu renforcé, on a jeté les bases de l'admission de la création architecturale populaire dans le ressort de la protection des sites (on a fondé le premier musée en plein air à Rožnov pod Radhoštěm, grâce au mérite du peintre Jaroněk), mais la recherche de l'architecture populaire ne fut placée sur une base scientifique que vers 1950, donc après la Seconde Guerre mondiale.

L'impulsion en fut donnée par les ouvrages de quelques historiens et architectes tels que le Prof. Ausobský, le Dr. Wirth, le Prof. Honzík, le Prof. Dostál etc.; enfin, aussi par l'opinion qu'on avait alors de l'expression et de la forme de la nouvelle création architecturale, qui était orientée très rétrospectivement vers l'architecture historique et ses linges, donc aussi vers l'architecture populaire. Néanmoins, quoique la documentation et l'étude de ces constructions aient commencé à se développer, on ne se souciait que très peu de la protection pra-

tique de ces monuments, de la sauvegarde physique de ce langage des plus purs de la campagne tchèque.

Ce ne fut qu'au moment où, sous l'influence de nombreux facteurs sociaux, les documents, généralement les plus précieux, de l'évolution et de l'épanouissement de la création architecturale folklorique, commençaient à disparaître de l'ambiance du village, qu'on se mit à envisager les méthodes pratiques de protection qui furent d'ailleurs aussi intégrées dans la loi sur les monuments culturels. Simultanément, on put alors formuler plus concrètement les exigences imposées à la documentation photographique et au levé des constructions populaires.

Mettant à profit l'expérience que notre poste de travail (la Chaire de la théorie et du développement de l'architecture à la Faculté d'architecture de l'Enseignement technique supérieur tchèque) a acquise dans les procédés de prospection et de documentation, je voudrais mentionner quelques principes relatifs aux différentes méthodes et formes de protection pour lesquelles on utilise cette documentation.

1. Architecture protégée „in situ“ dans son milieu naturel, authentique. C'est la forme de protection la plus courante et la meilleure, car l'ouvrage reste sur son emplacement original, dans son milieu naturel qui l'a formé et qui a été simultanément formé à la base du fait de l'existence de cette architecture; il est dans son cadre de végétation naturel, dans les rapports de composition avec son entourage etc. En même temps c'est une forme qui, du point de vue de l'exécution pratique des travaux de protection, est la plus compliquée, car elle exige beaucoup d'attention, même pour les facteurs mentionnés qui exercent aussi leur influence.

Il y a deux sortes de documentation des ouvrages pour cette forme de protection:

a) Documentation de prospection, pour l'analyse, le triage typologique et régional, qui se compose le plus souvent de croquis simples du terrain et des mesures avec une attention spéciale vouée aux plus importants détails plastiques, complétée d'une caractéristique de la prospection et d'une documentation photographique. C'est un travail qu'effectue généralement le travailleur des recherches.

b) A la base du premier degré ci-dessus, on choisit des ouvrages qui, pour diverses raisons, notamment en cas de risque de leur détérioration, de la nécessité de liquidation ou en vue de travaux préparatoires de leur aménagement ou reconstruction, sont relevés à une échelle plus détaillée, généralement de 1/50. Le plus souvent on applique le levé à l'aide d'instruments de mesure par la méthode polaire avec mesure directe des longueurs et on le complète par des mesures périmétriques et des mesures de contrôle (diagonales).

Il est désirable de rendre dans la documentation non seulement l'ouvrage de base — la maison d'habitation, mais de relever aussi toute la propriété, afin d'enregistrer dans le dossier toutes les liaisons

de composition de la propriété y compris les environs les plus proches.

Le plan fondamental, les vues en plan, les coupes, les vues en élévation doivent être documentés et complétés au moins des détails architecturaux les plus importants, par ex. s'il s'agit d'une construction en rondins, de détails des fenêtres, des portes, des plinthes et vantaux décoratifs, de la composition du pignon etc. de même que d'importants accessoires de la construction comme les grilles, le four, l'escalier etc. L'altimétrie de l'ouvrage est tout aussi importante que sa planimétrie, tant pour sa situation sur le terrain que pour son développement horizontal dans la disposition. On recommande d'appliquer la méthode de nivellement, non seulement des mesures périmétriques, pour obtenir les données altimétriques des parties de façades telles que baies de fenêtres, poutres de plafond, corniches etc.

2. La deuxième forme de protection — tel qu'on en a parlé dans l'exposé principal — consiste dans la protection dans des musées de sauvegarde en plein air, les skansens.

Dans l'optique de la théorie de la protection des sites qui envisage non seulement la protection de l'ouvrage proprement dit, mais aussi celle de ses connexités avec les alentours, cette seconde forme est moins appropriée et moins pure, mais elle est plus efficace du point de vue de la sauvegarde de l'authenticité inaltérée de l'ouvrage, du point de vue de l'observation de tous les principes ethnographiques.

Au sens figuré du mot c'est un procédé de musée: un ouvrage ou un monument menacé, pour lequel il n'est pas possible de trouver ou d'installer dans le milieu donné une fonction appropriée ou qu'on ne peut pas continuer à protéger dans son milieu authentique en raison de plans résidentiels plus importants, est transféré à un autre endroit, le plus souvent dans une localité réservée à cette fin:

Vu que notre établissement a relevé pour les besoins du musée en plein air de Rožnov pod Radhoštěm plus de 70 ouvrages, j'essaierai de dire ici quelques mots sur les particularités qui en découlent pour la documentation du levé et la mission suivante.

La documentation d'un ouvrage, qui est choisi pour être transféré au musée en plein air, ne sert pas en effet seulement pour qu'on prenne sur le vif sa structure, sa forme extérieure, pour qu'on le replace dans le cadre d'un terrain, mais elle sert également de projet d'exécution (au sens figuré du mot). Après avoir fait le levé de l'ouvrage, celui-ci est fragmenté en différents éléments et transféré dans les dépôts du musée où le matériau (il s'agit dans la plupart des cas de constructions en rondins) est soigné, traité par des moyens de conservation et réassemblé, selon la documentation et le numérotage du dossier, sur un emplacement nouvellement choisi. Il est donc désirable non seulement que la documentation vise la restitution de la structure et de la forme de l'ensemble — c'est-à-dire les coupes en plan, les coupes en élévation et les



[1] Plástovice. Côté nord de la place du village. La planimétrie du village a été établie à l'aide d'un agrandissement photographique d'une carte géodésique à l'échelle

de 1:1000; le tracé proprement dit de la place a été corrigé par un système polygonal et sur ce document ont été placés ensuite les différents ouvrages historiques.



vues — mais aussi qu'on voue une attention accrue à tous les détails de la conception artistique de la construction. Il s'est avéré avantageux de traiter ces détails, par ex. l'appareil des charpentes de la construction en rondins, les vues des moulures, des gouttières, des auvents de pignon, soit par dessin à main levée ou en perspective isométrique.

En outre, on constate des exigences spéciales imposées à la manière de coter, vu qu'il est désirable de coter également les différents éléments de la composition de la maison en rondins (afin qu'il soit possible de contrôler l'ordre de cette composition, déterminer par exemple le nombre de planches dans le coffrage des surfaces, la nombre de rangés de la couverture du toit etc.). Toute la documentation du levé doit être ensuite complétée d'une documentation photographique riche et exhaustive.

3. Enfin la troisième méthode de protection est celle de la protection d'agglomérations de campagne, importantes au point de vue urbaniste ou architectural, sous forme de réserves de monuments classés.

Comme il s'agit non seulement de la protection d'architectures individuelles, mais de leurs groupes ou ensembles entiers, de leurs liaisons réciproques, de leur composition et de tout le milieu extérieur, les exigences imposées à la forme de documentation sont autres que celles mentionnées ci-dessus.

En premier lieu, il s'agit une documentation planimétrique: il faut dresser le plan de situation de l'agglomération à une échelle qui permet d'élaborer

les degrés nécessaires de la préparation du projet et de la conception, donc à l'échelle de $1/100$ au minimum ou plutôt à l'échelle de $1/500$.

Au cas où, pour la réserve en question, on délimite une nouvelle fonction générale qui exige un certain nombre d'interventions d'assainissement, de reconstruction et de rénovation, il est nécessaire de rendre cette documentation plus précise, plus détaillée et de la compléter de la composition de la disposition fondamentale des différents bâtiments. Cette opération se fait le plus souvent à l'échelle de $1/200$.

En outre, pour les besoins du projet du plan d'aménagement détaillé de la réserve, il faut élaborer des vues développées des principaux espaces, des façades extérieures de la réserve pour pouvoir juger les interventions nouvelles dans la structure historique.

Ce sont les communes de Záluží près de Vlastiboř, Plástovice, Žumberk, etc., qui peuvent servir d'exemples des premières tentatives d'une étude synthétique de solutions des villages classés, dont

[2] Borová n^o. 52. Vue d'une maison historique en rondins reconstruite (Croupes tchéco-moraves). Elle a été relevée en détail par la méthode mécanique classique.

[3] Velké Karlovice, vallée Jezerné n^o. 38. L'un des 48 ouvrages relevés en vue du transfert au Musée en plein air de conservation de monuments folkloriques à Rožnov pod Radhoštěm.

on a déjà établi plusieurs études dans notre établissement et pour lesquelles on a élaboré une documentation technique détaillée.

Dans le cas de Záluží près de Vlastiboř on a utilisé le système polygonal classique avec la méthode polaire et la mesure directe des longueurs. Ainsi, on a obtenu la planimétrie fondamentale de la commune dans laquelle on disposait ensuite les différents ouvrages. Les façades développées de la place du village ont été relevées par des mesures périmétriques et, quant à l'altimétrie, par le nivellement à l'aide d'instruments de mesure.

Pour la commune de Plástovice où, plus tard, on a étudié la possibilité d'utiliser tout le village aux fins de délasserment, et, comme seconde variante, la forme résidentielle (sans grosse production agricole), la planimétrie a été obtenue par grossissement du document pour le Plan économique, par voie photographique jusqu'à l'échelle de $1/200$. Afin d'éviter toute distorsion à la reproduction photographique, le plan de $1/2000$ a été reproduit en 4 découpages et de nouveau grossi en 4 reproductions avec recouvrement. Le contrôle a été effectué sur le terrain par jalonnement d'un polygone simple et levé des points principaux des tracés des espaces publics.

Dans cette documentation ont été alors restituées les différentes propriétés — levées également au moyen d'une combinaison de la méthode polaire avec les mesures périmétriques.

De manière analogue ont été relevées les communes de Žumberk, Opatovice, Zálší, etc.

Je voudrais faire une récapitulation générale des connaissances et exigences fondamentales.

J'ai dit que chaque forme de protection avait ses conditions spécifiques de la méthode et de l'élaboration de la documentation, même si les procédés de levé fondamentaux ne dépassent pas le cadre des méthodes classiques. En particulier, il n'est pas nécessaire d'appliquer des procédés compliqués au levé de la planimétrie et de l'altimétrie. En règle générale, on y applique plutôt des procédés plus simples.

Là où la documentation est effectuée pour les besoins des recherches de base, on se contente souvent de méthodes de levé plus simples, par exemple la méthode orthogonale avec les abscisses et ordonnées, la méthode des mesures périmétriques avec les mesures de contrôle (diagonales) et avec une documentation photographique pour compléter les croquis et minutes du terrain. Au cas où la documentation doit servir de base à un aména-



[4] Záluží près de Vlastiboř. Perspective de la place du village déterminé comme agglomération classée. Le levé a été fait de manière analogue que celui de Plástovice.



[5] Hameau Spáence n° 1, commune Markvartice. Ouvrage d'architecture folklorique très précieux de l'époque culminante de l'évolution de la maison de la Bohême orientale. La documentation a été établie en 1962 par la

méthode des mesures périmétrales avec détermination des diagonales pour les buts d'étude et de recherche pédagogique.

gement de la construction, on exige une échelle plus détaillées et également une méthode plus exacte, notamment pour le levé de la forme du plan et pour la détermination altimétrique des différents niveaux. Une précision analogue devrait être exigée au cas où la démolition de la construction est autorisée.

On utilise le système polygonal classique avec la méthode polaire, uniquement pour des ouvrages d'une certaine importance et étendue, tels que propriétés entières, à la documentation d'ensembles de bâtiments ou même de toute l'agglomération du village. C'est cette méthode qui a été appliquée à l'élaboration des documents pour quelques-unes des études mentionnées de villages classés. Pour les villages, pour lesquels ont été élaborées des cartes pour les plans économiques et techniques on emploie plus souvent des agrandissements photographiques de la planimétrie de l'agglomération dans laquelle on situe par des formes simplifiées les ouvrages documentés.

Le choix de telle ou telle méthode est donné également par les matériaux de construction de l'ouvrage. La méthode de levé, utilisant des instruments de mesure, est plus appropriée pour la documentation de construction en maçonnerie, ou en terre glaise, dans lesquelles la disposition est plus compliquée et de développement en hauteur plus irrégulier que dans les constructions en rondins, liées spatialement par une trame de construction nette.

Pour finir, je voudrais faire encore une remarque importante sur la forme de l'élaboration finale de la documentation de l'architecture populaire dont la spécificité exige d'être différenciée de l'élaboration de la documentation d'autres architectures appartenant à un ordre.

Tandis que la documentation de l'architecture „officielle“, c'est-à-dire de l'architecture urbaine, religieuse, aristocratique, etc., est élaborée, dans la plupart des cas, avec une précision géométrique; ce qui signifie que les plans de toutes les projections sont dessinés géométriquement, il est par contre désirable pour l'architecture populaire que la plupart des éléments, même des éléments de construction, soient dessinés à main levée.

Cela signifie que le dessin des croquis est analogue à celui des autres genres de bâtiments, c'est-à-dire exact et géométrique, mais la mise au net doit rendre, à la base des croquis et surtout d'une documentation photographique très complète, la liberté des formes et l'irrégularité des éléments de construction et des détails artistiques.

C'est justement dans ces irrégularités du traitement manuel de la construction, dans les irrégularités dues aux matériaux utilisés, à leurs déformations et usures, que résident, en majeure partie, la spécificité d'expression et le caractère pittoresque des architectures folkloriques qui devraient être pris sur le vif dans la documentation. C'est pourquoi, même dans les plans horizontaux — en dehors des lignes de coupe des huisseries, des fenêtres, des portes, des vues de dessus, beaucoup d'éléments sont rendus par le dessin à main levée — par ex. les planches, le carrelage, le four, les escaliers, etc. La même chose s'applique aux coupes où les vues sont dessinées; ceci s'applique généralement à l'élaboration des façades.

Lorsqu'on pose ces conditions, la documentation de l'architecture populaire est non seulement différenciée des autres formes déjà usuelles, mais en même temps elle exige de la part de celui qui l'élabore des dons artistiques et une habileté dans le dessin.

Pour conclure, il ne nous reste qu'à exprimer le désir qu'on voue, à l'avenir, une attention plus grande que jusqu'à présent, tant à la documentation qu'à la protection pratique de l'architecture folklorique, car c'est elle qui, parmi tous les monuments historiques, risque le plus d'être détériorée. De plus, on ne peut s'empêcher de voir que l'historiographie moderne néglige toujours encore cette branche de la création sociale, aussi bien que la protection moderne des monuments. Et pourtant, c'est une création des plus pures, des plus authentiques qui a su toujours refléter fidèlement, sans parti pris, sans limitation par les règles de la création officielle, aussi bien les conditions sociales que toutes les fonctions vitales de ses créateurs.

[country] seats of architectural interest, which is realized through monument reserves. A thorough documentation is compiled considering several points of view, among which the survey documentation plays a significant part. This, having been transferred into a skanzen, has to be as detailed and accurate as possible, because it serves a plan of disassembling and reassembling in the new site. Near by the municipality of Plastovice even the possibility of using the whole place for the purposes of recreation was investigated. The usual geodetic methods, or the mere tape measurement according to the documentation purpose, are used in surveying the structures.

РЕЗЮМЕ

Народная архитектура — формы обработки съемочной документации для отдельных способов ее охраны.

Интерес к народной архитектуре относится практически к началу этого века, но только современное общество занимается этой областью архитектуры гораздо глубже. Различаем несколько способов и форм охраны «in situ», в сканзенах и охрана целых урбанистических и архитектурных выдающихся деревенских местопребываний формой памятников. Для охраны обрабатывается детальная документация с нескольких точек зрения. Одним видом является съемочная документация, которая должна быть для перенесения в сканзен особенно детальная и точная, так как она служит в качестве плана для демонтажа и повторного составления на вновь определенном месте. При населенном пункте Пластовице была изучена и возможность дачного использования всей деревни. При измерении применяются обыкновенные геодезические методы и измерение лентой согласно цели документации.

ZUSAMMENFASSUNG

Volksarchitektur — Bearbeitungsformen der Vermessungsdokumentation für die einzelnen Arten ihres Schutzes

Das Interesse um die Volksarchitektur besteht praktisch erst seit dem Anfang dieses Jahrhunderts, jedoch erst die heutige Gesellschaft sorgt um dieses Architekturgebiet breiteremassen. Wir unterscheiden einige Arten und Formen der Pflege und des Schutzes, „in situ“, im Skansen und Schutz vollständiger urbanistischer und architektonisch wertvoller Dorfsiedlungen in Form von Denkmalreservationen. Für die Pflege wird eine ausführliche Dokumentation erarbeitet und zwar mit Berücksichtigung einiger Gesichtspunkte. Eine von diesen Arten ist die Vermessungsdokumentation, die nach der Überführung in das Skansen besonders ausführlich und präzise sein muss, weil sie zum Teil als Plan für den Abbau und Wiederaufbau auf einer bestimmten neuen Stelle dient. Bei der Gemeinde Plástovice wurde die Möglichkeit untersucht, das ganze Dorf für Erholungszwecke auszunutzen. Bei der Vermessung werden die herkömmlichen geodätischen Methoden sowie auch gewöhnliche Messbandmessungen, je nach dem Dokumentationszweck, angewendet.

SUMMARY

National Architectures: Forms of Compiling Survey Documentation with Respect to the Individual Methods of Its Preservation

In fact, the concern in national architectures dates back to the beginning of this century, but it is only the today's society that takes a deep interest in this field of architecture. There are several ways and forms of preserving national architectures: that "in situ", that in skanzens as well as that of the whole urban and village

SOMMAIRE

	Page
<i>A propos de la documentation de levé d'ouvrages historiques</i> (Jaroslav Petrů)	7
<i>Etude économique des travaux de documentation métrique dans la domaine de la protection des monuments</i> (Miloslav Jiřinec)	17
<i>La mise à profit du relevé et des dessins documentaires des monuments architecturaux dans l'enseignement de l'architecture à l'école supérieure des arts et métiers de Prague</i> (Miroslav Chalupníček)	28
<i>Levé d'espaces souterrains dans la reconstruction et l'entretien de monuments</i> (Zdeněk Koutný)	32
<i>La méthode de la mesure et de l'élaboration des plans d'inventaire des ensembles des bâtiments monumentaux en prenant en considération les espaces souterrains pour l'aménagement de vieux quartiers à Cracovie</i> (Jerzy Gomoliszewski)	38
<i>Tábor — Villé classée. Relevé des ouvrages souterrains et de la planimétrie au jour</i> (Hugo Turza et František Dobiáš)	42
<i>Technique du levé des cartes speleologiques</i> (Jaroslav Hromas et František Skřivánek)	48
<i>Détection de cavités souterraines au moyen de méthodes non destructives</i> (Ladislav Hrdlička)	53
<i>Méthode de sections lumineuses appliquée dans la protection des monuments</i> (Jan Vlček)	63
<i>Relevé des monuments historiques, obligation internationale</i> (Hans Foramitti)	72
<i>Progrès et évolution de la photogrammétrie appliquée aux relevés architecturaux</i> (Maurice Carbonell)	79
<i>La photogrammétrie et la protection des monuments en Tchécoslovaquie</i> (Jozef Petráš)	90
<i>Mesurages des monuments d'architecture dans la RSS de Lituanie</i> (Romualdas Kaminskas et Romualdas Vilūnas)	95
<i>L'utilisation de la photogrammétrie dans le domaine de la protection des monuments historiques en République Démocratique Allemande</i> (Rudolf Meyer)	99
<i>Récents projet de photogrammétrie architecturale dans la conservation des monuments historiques aux Etats-Unis</i> (Perry E. Borchers)	105
<i>Relevé photogramétrique pour la restauration des façades de l'Eglise Noire de Brasov</i> (Alexandru Gutu)	109
<i>Emploi de la photogrammétrie dans l'étude de la consolidation du monument historique du Monastère d'Arnota</i> (Andrei Ovidiu)	114
<i>Restitution numérique des couples de clichés stéréophotogramétriques</i> (Gunnar Redelius)	118

Rationalisation économique des méthodes de photogrammétrie terrestre dans les opérations de levé topographique de bâtiments (Josef Šmidrkal) . . . 122

Les monuments de communication et leur levé par le méthode de photogrammétrie terrestre (Věra Klinerová et Jiří Vondra) 128

L'architecture populaire en Tchécoslovaque et sa caractéristique pour les besoins de la documentation de levé (Milada Nováková) 134

La mesure en tant que partie du système de documentation de l'architecture folklorique (Jaroslav Vajdiš) 141

L'architecture folklorique — formes d'élaboration de la documentation de levés pour les différentes méthodes de sa protection (Svatopluk Voděra) . . 148

Recueil des conférences

Le Symposium International sur le mesurage des monuments

Publié par l'Institut d'Etat de la Protection des Monuments Historiques

et de la Nature à Prague

Imprimé sur les presses des établissements „Středočeské tiskárny“ à Mladá Boleslav

Tiré à 1000 exemplaires

Rédacteur spécialisé: Miloslav Jiřinec

Forme graphique: Miloslav Jiřinec

Forme linguistique: Comité International de Photogrammétrie Architecturale

La couverture fut proposée par František Baláček

Juin 1971