Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 67 (1941)
Heft: 7

Artikel: Les tâches actuelles de l'aérotopographie
Autor: Ansermet, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-51324

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

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

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

Download PDF: 07.01.2026

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

67e année — 5 avril 1941 — N° 7

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. —

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: M. Imer, à Genève; secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte; E. Jost, architecte; A. Paris, ingénieur; Ch. Thévenaz, architecte; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte; R. Guye, ingénieur; A. Méan, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Rabais pour annonces répétées.
ANNONCES-SUISSES S.A.
5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer.

SOMMAIRE : *Les tâches actuelles de l'aérotopographie*, par A. Ansermet, ingénieur. — *La participation suisse à la Foire de printemps de Leipzig, 1941.* — *Société suisse des ingénieurs et des architectes : Procès-verbal de l'Assemblée des délégués* (suite et fin); *Procès-verbal de la 56e assemblée générale.* — *L'architecture, œuvre poétique.* — Nécrologie : *Georges Lenoir ; Marc Camoletti.* — Bibliographie. — Service de placement.

Les tâches actuelles de l'aérotopographie

par A. ANSERMET, ingénieur,
professeur à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Au cours de ces dernières années, le *Bulletin technique* a déjà consacré quelques colonnes à cette branche nouvelle et importante qu'est l'aérotopographie [1]. Il s'agissait plus particulièrement d'articles portant sur la technique instrumentale et sur les conditions de prise de vues. Actuellement les praticiens disposent d'appareils photogrammétriques bien au point et à rendement élevé ; ce sont de véritables machines à cartographier, créées à la suite de recherches très laborieuses. Il y a lieu maintenant de développer les résultats acquis et de résoudre le problème assez complexe du rattachement au sol de levers aériens, non seulement dans des régions dotées de repères géodésiques nombreux et judicieusement répartis, mais encore de cartographier des territoires dépourvus ou presque de tels repères. C'est le principal sujet à l'ordre du jour dans les milieux intéressés et des solutions ont déjà été préconisées qui donnent satisfaction pour les levers à petite échelle.

Considérons (fig. 1) deux vues aériennes consécutives d'un même cheminement, prises aux points O_1 et O_2 avec une chambre de focale f (format $s' \times s'$), les clichés se recouvrant mutuellement dans la proportion de p %. Le cahier des charges qui régit les travaux de prise fixe en général ce pourcentage ainsi que l'échelle E des clichés, du moins approximativement ; il prescrit le plus souvent que les axes de prise seront verticaux (tolérance 5 grades) et assigne à la focale f une valeur comprise entre certaines limites. Dans l'hypothèse où le terrain photographié est horizontal on a donc

$$E = \frac{s'}{s} = \frac{f}{h} \quad (h = \text{hauteur au-dessus du sol}).$$

Il est manifeste *a priori* qu'on cherchera à augmenter s, ce qui implique des chambres de grand format $s' \times s'$, de petite focale et une grande hauteur de vol ; on réduit ainsi le nombre de photographies et la propagation des erreurs. Mais il ne faut pas oublier que la valeur $E = f : h$ est donnée par le cahier des charges en fonction de l'échelle E_c de la carte. Cette corrélation entre échelles E et E_c est

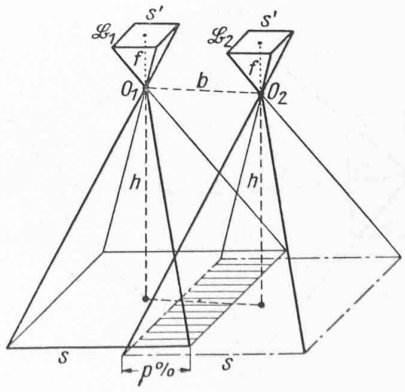

Fig. 1.

[1] Entre autres : *Bulletin technique* des 13 et 27 août 1938, « Photogrammétrie aérienne », par *J. Favre*, ingénieur au Service topographique fédéral.

une question encore controversée ; voici cependant quelques chiffres sanctionnés par l'expérience.

Echelle de la carte Ec	Echelle du cliché E
1 : 1000	1 : 3500
1 : 2500	1 : 5000
1 : 5000	1 : 8000
1 : 10 000	1 : 12 000
1 : 25 000	1 : 20 000
1 : 50 000	1 : 30 000.

Cette gamme d'échelles se justifie de la façon suivante : il n'est pas indiqué d'augmenter l'échelle E au delà de 1 : 3500 eu égard à la vitesse de l'avion et au « flou » qui en résulte ; l'autre limite 1 : 30 000 par contre, doit permettre l'identification de détails avec suffisamment de netteté. Nous verrons dans quels cas on va au delà de cette limite.

Parmi les nombreux appareils de prise, il est malaisé de faire une discrimination ; voici trois types qui, à des titres divers, répondent aux exigences modernes :

Chambre normale (*Wild* $f = 16{,}5$ cm Zeiss $f = 20$ cm)
$s' = 0{,}8$ à $0{,}9\, f$ $s = 0{,}8$ à $0{,}9\, h$ $b = \frac{1}{3} h$ ($p = 60$ %).

Chambre à objectif grand-angle (*Zeiss* $f = 10$ cm)
$s' = 1{,}8\, f$ $s = 1{,}8\, h$ $b = 0{,}7\, h$ ($p = 60$ %).

Appareil à neuf objectifs (*Type Munich* $f = 5{,}3$ cm)
$s' = 5\, f$ $s = 5\, h$ $b = 2\, h$ ($p = 60$ %).

Ces chiffres montrent que la surface levée s^2 peut varier entre des limites énormes. Le type à neuf objectifs fournit une image centrale et huit images periphériques qui doivent être redressées photographiquement pour uniformiser l'échelle (fig. 4). Il est destiné à des missions spéciales : levers expédiés et création d'un canevas de points-repères par voie photographique. Cet appareil contribue fortement à la solution du problème du rattachement au sol (aérotriangulation).

Une chambre à neuf objectifs a été aussi construite en Amérique par *Reading* ($f = 21$ cm) ; mais elle est encombrante et lourde (340 kg).

Un autre moyen d'augmenter la surface levée consiste à incliner le cliché suivant un angle ν (par exemple $\nu = 30^o$ ou 58 %). La verticale passant par le centre 0_1 (fig. 1) n'aboutit plus au centre du cliché mais au nadir

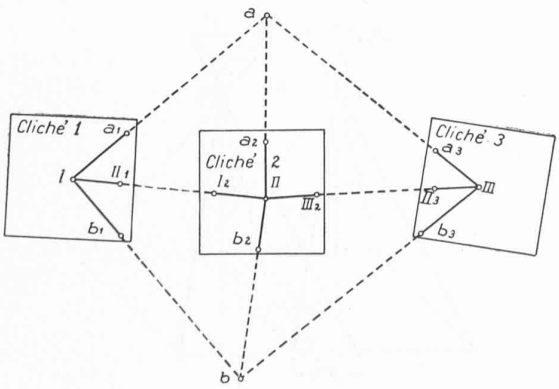

Fig. 2.

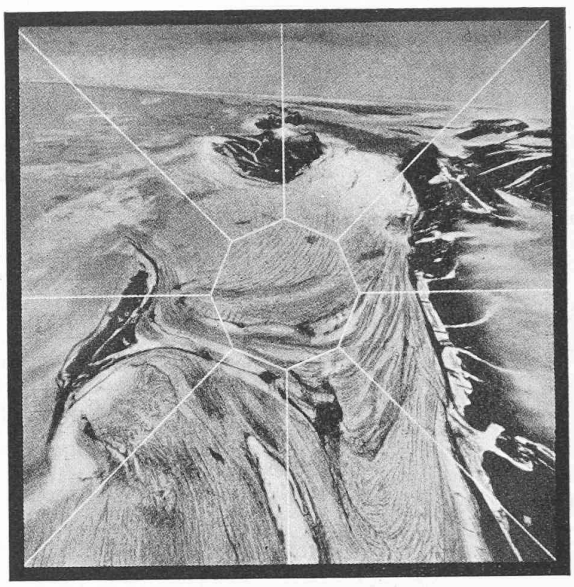

Fig. 4. — Vue aérienne prise avec un appareil à 9 objectifs (après redressement).

à la distance f . tg ν. Entre le nadir et le centre de l'image, à la distance f . tg $\frac{\nu}{2}$ de ce dernier point, se trouve le point focal. Celui-ci est donc sur la normale au plan bissecteur de l'angle dièdre ν. Dans le voisinage immédiat du point focal l'image du terrain, supposé plan, n'est pas déformée par l'inclinaison ν du cliché. Un petit cercle, ayant son centre au point focal, est l'image d'un cercle à l'échelle $E = \frac{f}{h}$. Cette propriété trouvera son application. Les déformations et variations continuelles d'échelle dans l'ensemble du cliché peuvent être gênantes. Leur élimination est facile, grâce à un redressement photographique qui rétablit une échelle uniforme. Un tel procédé a été utilisé par exemple lors de la campagne d'Ethiopie de 1935-36 ; l'appareil employé était du type à quatre objectifs et oscillait à la manière d'un pendule pour embrasser le plus grand champ possible à gauche et à droite de la trajectoire de vol. Un tel dispositif n'était d'ailleurs pas nouveau.

En résumé la tendance est d'augmenter le rendement en surface levée sans perdre de vue les conditions d'échelle et de précision particulières à chaque mission. Une solution consiste même à survoler une région déterminée, d'abord à une hauteur normale pour le lever topographique proprement dit, puis une seconde fois à une altitude élevée ; c'est ce deuxième vol qui fournit le canevas de points de rattachement destiné aux levers normaux.

Ceci nous amène à examiner de plus près les conditions de rattachement au sol de vues aériennes. Si le terrain levé est assimilable à un plan, le calcul est simple ; il s'agit d'une correspondance homographique définie par des expressions de la forme

$$x' = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{ax + by + 1} \qquad y' = \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{ax + by + 1}$$

le point $(x'y')$ étant l'image du point (xy) ; quatre paires de points suffisent donc pour déterminer les huit paramètres. Ce mode de rattachement est dit quelquefois « projectif ». La position du point de vue ne joue aucun rôle mais il faut connaître sur le sol quatre repères bien identifiables sur l'image photographique et encadrant si possible celle-ci.

Une méthode plus générale, applicable aussi en terrain accidenté, consiste à faire intervenir le point de vue. Le rattachement au sol est alors possible sur trois points, théoriquement du moins. Considérons (fig. 1) le cliché pris en O_1 ; la diagonale $d' = s' \sqrt{2}$ du cliché est l'image de la diagonale $d = s \sqrt{2}$ sur le sol. Posons tout d'abord $f = \frac{d'}{2}$. Le triangle de sommet O_1 et de base d' est donc rectangle de même que son opposé par le sommet de base d. Le lieu de O_1 dans l'espace est donc une sphère de diamètre d. En général ces triangles ne sont pas rectangles et la sphère devient un tore dont le méridien est un segment capable, construit sur la corde d. Dans le rattachement au sol sur trois repères géodésiques connus A, B, C le point de vue O_1 est déterminé par l'intersection de trois tores. Pour n repères il y a $\frac{n(n-1)}{2!}$ tores $(n \geqq 3)$, ce qui implique une compensation. Le calcul s'est révélé complexe et a donné lieu à de nombreuses solutions d'un intérêt plus théorique que pratique. D'autre part dans le cas où $n = 3$ il y a un lieu critique, constitué par le cylindre droit dont la directrice est le cercle circonscrit au triangle ABC. Or, dans la pratique des levers aériens, le point O_1 est fréquemment dans le voisinage du cylindre critique. Ainsi que l'a montré *S. Finsterwalder*, il n'y a théoriquement pas indétermination sur cette surface mais la position du point O_1 résulte du contact de deux lignes et non de leur intersection. L'emploi d'un quatrième point de rattachement lève alors toute incertitude.

Canevas des points-repères. Considérons (fig. 2) trois vues aériennes consécutives prises verticalement (tolérance $v \leqq 5\,g$) au-dessus d'un terrain faiblement accidenté, ces vues faisant partie d'un ensemble de cheminements (fig. 3). Le pourcentage du recouvrement p % est calculé pour que le centre II du cliché 2 soit encore identifiable sur les clichés voisins ; en d'autres termes II_1 et II_3 sont les homologues de II. De même a_1 et a_3 sont les homologues de a_2 comme b_1 et b_3 sont les homologues de b_2. Les centres I, II, III, ... des clichés sont les sommets du cheminement aérotopographique que l'on peut projeter verticalement sur le sol. Au lieu de cheminer sur le sol avec un théodolite ou une planchette topographique, on effectue des mesures sur les photographies (angles ou directions). Chaque cheminement donne lieu à une chaîne de losanges que l'on calcule et compense ; la formule connue

$$W - 2p + 4 = N$$

donne le nombre d'équations de condition (W angles mesurés et p sommets) ; le calcul rigoureux par la méthode des moindres carrés n'est pas indiqué. La mesure des angles est rendue plus précise en identifiant binoculairement les points homologues dans un stéréocomparateur polaire, construit spécialement pour ces mesures. Si l'identification des points I, II, III, ... est précaire, il faut leur substituer d'autres point pris dans le voisinage immédiat et corriger les angles mesurés en ces points excentriques auxiliaires (calcul de la réduction au centre). Il faut en outre tenir compte de la légère inclinaison du cliché qui est enregistrée photographiquement (image d'une nivelle). L'emploi de nomogrammes appropriés facilite les calculs.

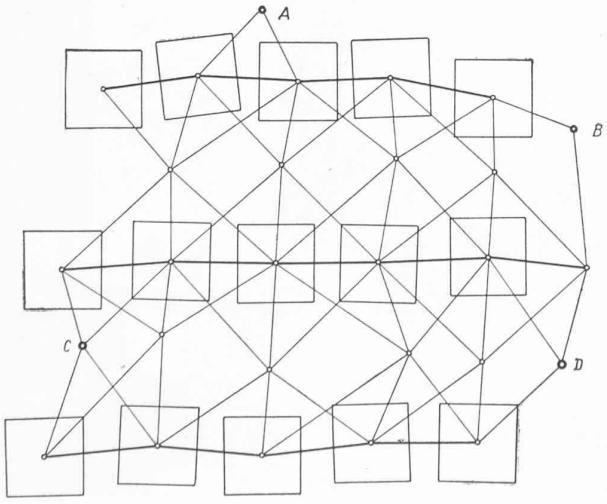

Fig. 3.

En résumé, un tel réseau de points obtenus par une aérotriangulation permet de réduire notablement le nombre de signaux géodésiques. On se rend ainsi indépendant dans une large mesure des opérations au sol qui grèvent si fortement l'économie des levers. Deux repères géodésiques au moins sont cependant nécessaires pour orienter le réseau et calculer l'échelle. En général, les repères géodésiques A, B, C, D ... sont au nombre de n (fig. 3, $n = 4$). Pour chacun de ces points il faut donc distinguer les coordonnées géodésiques (xy) admises définitivement et les coordonnées aérotopographiques $(x'y')$ calculées provisoirement et sujettes à compensation ou adaptation. Il s'agit d'éliminer partiellement, ou mieux totalement, les discordances $(x - x')$ et $(y - y')$ en chaque sommet A, B, C, D ... Voici, très succintement, exposée, la façon de calculer : on fait subir au système provisoire des translations dx, dy, une rotation du et une variation d'échelle dE, ces quatre variables étant choisies de manière à rendre minimum la somme des carrés des $2n$ discordances

$$\sum_{i=1}^{i=n} \{(x_i - x_i'')^2 + (y_i - y_i'')^2\} = \text{minimum}$$

les coordonnées provisoires (x', y') sont remplacées par le système (x'', y''). C'est la méthode *Helmert-S. Finsterwalder-v. Gruber* que ces deux derniers auteurs ont étendue à l'espace. Elle donne lieu à des formules simples.

L'élimination complète des $2n$ discordances est possible mais elle entraîne une légère déformation du réseau aérotopographique qui a nécessairement un caractère quelque peu arbitraire. Un moyen d'adaptation consiste à procéder par mailles quadrangulaires ou mieux triangulaires (*ABC*, *BCD*, ... fig. 3). Considérons la maille *ABC* et éliminons les six discordances subsistant en ces points sur les coordonnées ; une solution simple consiste à transformer par affinité la maille provisoire pour faire coïncider ses sommets avec les points géodésiques définitifs *A*, *B*, *C*. La forme analytique est connue

$$x' = a_1x + b_1y + c_1 \qquad y' = a_2x + b_2y + c_2$$

et comporte six paramètres. La transformation affine, par sa simplicité, rencontre une certaine faveur.

Telles sont, sommairement exposées, les tendances actuelles en aérotopographie ; les résultats obtenus jusqu'ici sont encourageants surtout pour les levers à petite échelle. Le problème du rattachement au sol en terrain accidenté est plus complexe et dépasse le cadre de cette note ; nous nous réservons d'y revenir et de décrire à cette occasion le nouvel appareil *A*/5 Wild (fig. 5) qui se prête à l'établissement d'aérotriangulations.

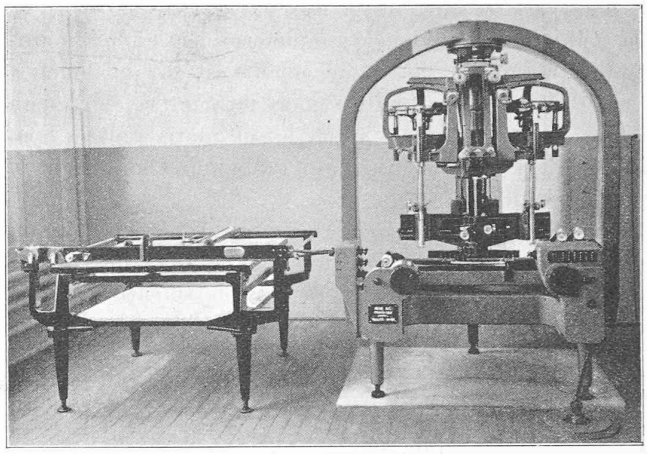

Fig. 5. — Autographe Wild A/5.

La participation suisse à la Foire de printemps de Leipzig 1941.

Jusqu'à ces dernières années, la Suisse, qui fut dès le début représentée à la Foire de Leipzig, n'y tenait cependant qu'un simple bureau de renseignements commerciaux et économiques.

La place sans cesse plus importante qu'occupent les participations officielles étrangères, dans les grandes foires internationales, et l'intérêt sans cesse plus soutenu que portent les nations petites et grandes à la présentation de leurs produits commerciaux ont engagé l'Office suisse d'expansion commerciale à développer dans un sens plus représentatif les participations suisses aux foires de l'étranger.

La section suisse à la foire de Leipzig occupait, au rez-de-chaussée du « Ringmesshaus », consacré presque entièrement aux participations étrangères, un groupe de quatre travées faisant ensemble 80 m², s'étendant en bordure de la circulation principale.

L'idée générale du projet adopté pour l'exécution consiste à donner une image en raccourci de la Suisse industrielle, dans un cadre évoquant le pays lui-même. Cinq sections sont prévues : tourisme, horlogerie, textiles, industrie des machines, lettres et arts.

L'aspect géographique de notre pays, source des fleuves, sert de thème à la section touristique. Sept panneaux peints, exécutés par le peintre Albert Gæng et représentant les sept plus importantes rivières de Suisse : le Rhône, le Doubs, l'Aar, la Reuss, le Rhin, l'Inn et le Tessin, créent, sur les parois, un rythme décoratif. Au centre, un relief de la Suisse, traité à la manière d'une table d'orientation et surmonté d'un signal aux couleurs fédérales joue le rôle d'un pôle attractif. Entre les panneaux quelques dessins linéaires disent les attraits du tourisme estival ou hivernal en Suisse. Cette section fonctionna d'ailleurs comme bureau officiel suisse de renseignements.

La section industrielle groupe trois activités dans un local constitué par les deux travées suivantes. On y parvient en traversant le tourisme, mais, par les baies vitrées du dégagement central, le visiteur qui ne serait pas entré dans le stand embrasse néanmoins d'un seul coup d'œil l'aménagement d'ensemble des produits exposés. La vitrine de l'horlogerie, où quatorze industriels de la montre exposent plus de septante pièces, occupe le premier angle. Une partie des pièces exposées

Vue générale de la Section suisse à la foire de Leipzig, 1941.