

*l aerological commission. 5th meeting,  
Milan, 1906.*

R. UFFICIO CENTRALE DI METEOROLOGIA E GEODINAMICA IN ROMA.



# CINQUIÈME CONFÉRENCE

DE LA

COMMISSION INTERNATIONALE POUR L'AÉROSTATION  
SCIENTIFIQUE

à

MILAN

DU 30 SEPTEMBRE AU 7 OCTOBRE 1906.



PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES ET  
MÉMOIRES.



STRASBOURG.  
IMPRIMERIE M. DU MONT SCHAUERG  
1907.

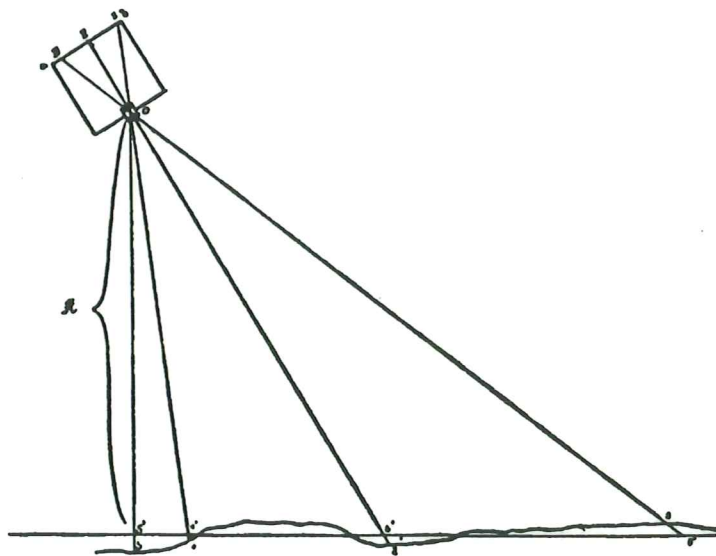
4 Octobre après-midi.

Annexe XI. Cap. Scheimpflug, Vienne:

*Photogrammétrie du ballon.\*)*

Le ravissant panorama qui par un beau temps se déroule dans un voyage fait en ballon, rappelle tellement une carte topographique, que presque tous les Aéroneutes sentirent qu'il fallait mettre les photographies du ballon au service des relevements topographiques. On voit en effet grand nombre de très bonnes photographies de ce genre et il se manifeste partout le désir de s'occuper sérieusement du problème relatif à l'évaluation de ces photographies pour les cartes. Pour prouver ce que je viens d'avancer je n'ai qu'à citer le Prof. Dr. Finsterwalder à Munich, connu pour avoir entre autres choses écrit sur des

Fig. 1.



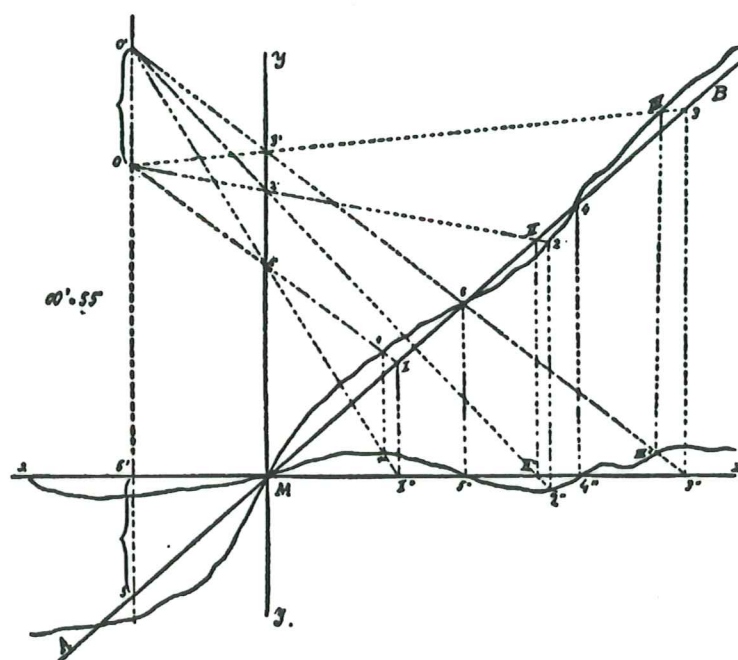
matières de ce genre et l'Ing. Thiele de Moscou, qui a fait de très beaux travaux pendant la guerre russo-japonaise et les très intéressants et ingénieux travaux des officiers italiens, Messieurs le Major Moris et Lieutenant Ing. A. Ranza, que maintenant on a l'occasion de voir à l'Exposition de Milan en 1906.

---

\*) Tous les droits, aussi la publication réservés.

Je pense, que pour faire une carte il n'est pas bon de déchirer les photographies en beaucoup de points isolés, d'en supputer les coordonnées en projection orthogonale et de réunir grâce à un dessin à main levée en une carte les milliers de points isolés qu'on a obtenus ainsi.

Fig. 2.



Moi, j'essaye au contraire, de transformer en une carte topographique les photographies, soit en entier, soit en parties d'assez grandes dimensions, et j'aime à croire qu'avec cette méthode je réussirai non seulement à faire une économie mieux entendue du travail, mais encore à obtenir des résultats très exacts.

La première figure montre, que la photographie n'est que l'intersection plane d'un faisceau de rayons, qui, partant du terrain, traversent l'objectif, et que la carte topographique en première approximation n'est autre chose que l'intersection horizontale du même faisceau de rayons.

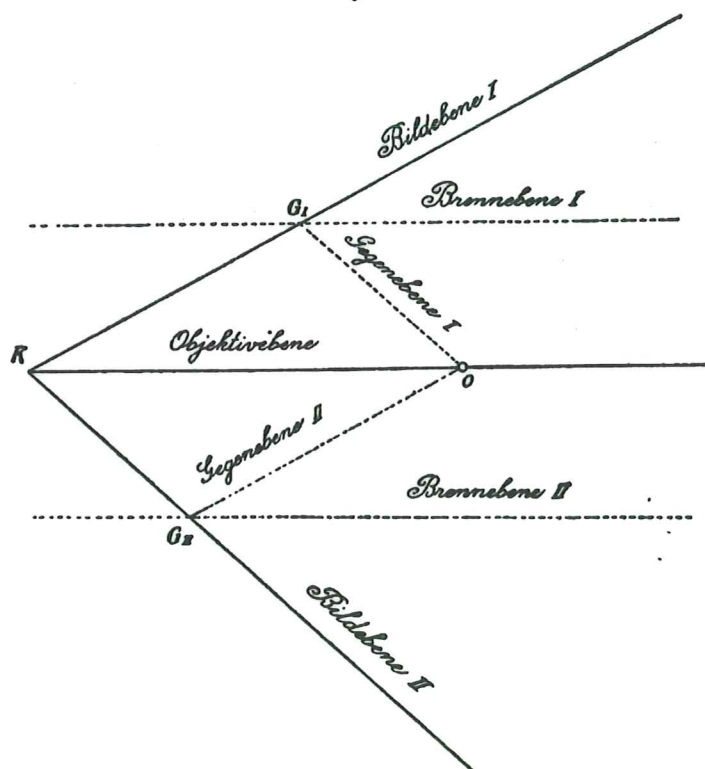
Ce faisceau de rayons représente donc le rapport (la relation) géométrique entre la photographie et la carte, ce que je me propose d'utiliser pour mon but.

La seconde figure montre qu'il y a la même combinaison géométrique, lorsque le terrain est incliné; car il est facile de

prouver, qu'il y a identité entre la photographie du terrain en soi, prise du point 0, et la photographie de la projection horizontale du terrain, prise du point  $O^I$ .

La transformation de la photographie pour avoir une vue horizontale à vol d'oiseau nécessite un procédé nouveau de la photographie, c'est-à-dire celui de la reproduction oblique.

Fig. 3.



Voilà les théorèmes qui la règlent: Fig. 3

I. Chaque plan original, qui se trouve dans une position quelconque dans le champ visuel de l'objectif se reproduit en copie plane.

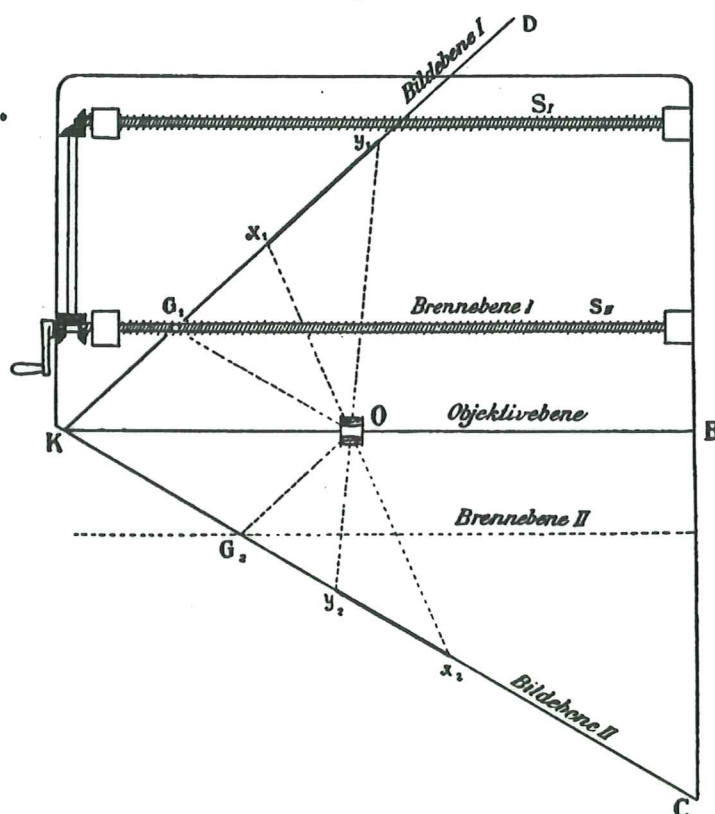
II. Le plan de l'original, celui de la copie, de même que celui de l'objectif se rencontrent dans la même ligne droite qu'on appelle l'axe de collinéation.

Les deux plans, et de l'original et de la copie, jointes au centre optique de l'objectif forment ainsi un vrai système perspectif auquel s'appliquent toutes les lois de la perspective.



III. Les antiaxes ou plutôt les axes d'opposition du système perspectif, c'est-à-dire l'image de l'élément infini de la copie, dans le plan de l'original, et l'image de l'élément infini de l'original, dans le plan de la copie, doivent nécessairement se trouver dans les plans du foyer de l'objectif.

Fig. 4.



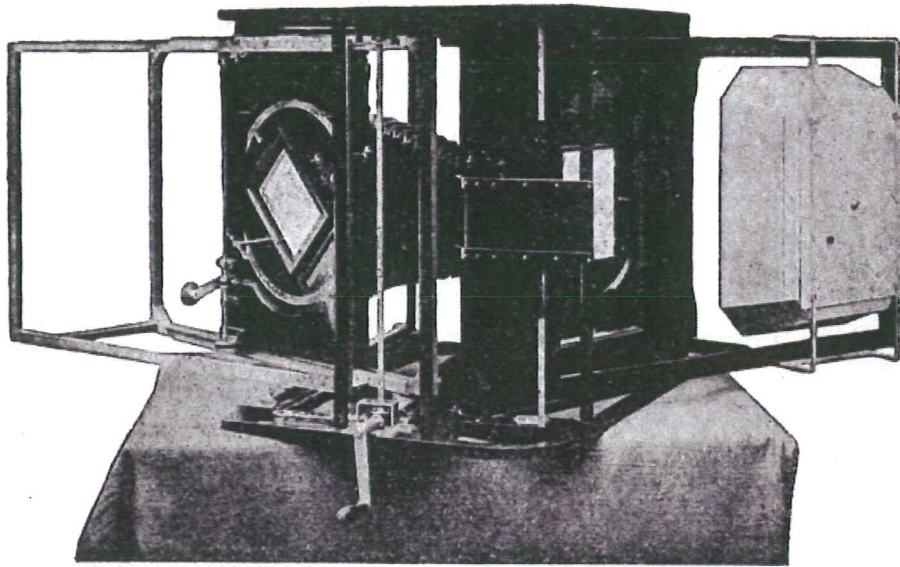
Ces trois principes mentionnés ci-dessus constituent la base d'un appareil, que j'appelle le Photo-Perspectographe, parce qu'il permet de résoudre par la photographie toute espèce de problèmes de la perspective et de transformer de cette manière des photographies prises du ballon en des vues horizontales à vol d'oiseau.

La Fig. 4 montre pour ainsi dire le squelette de l'appareil en question. K. B. C. est un prisme rigide et creux fait en bois. La paroi K. B. sert au montage et aux mouvements de l'objectif O.

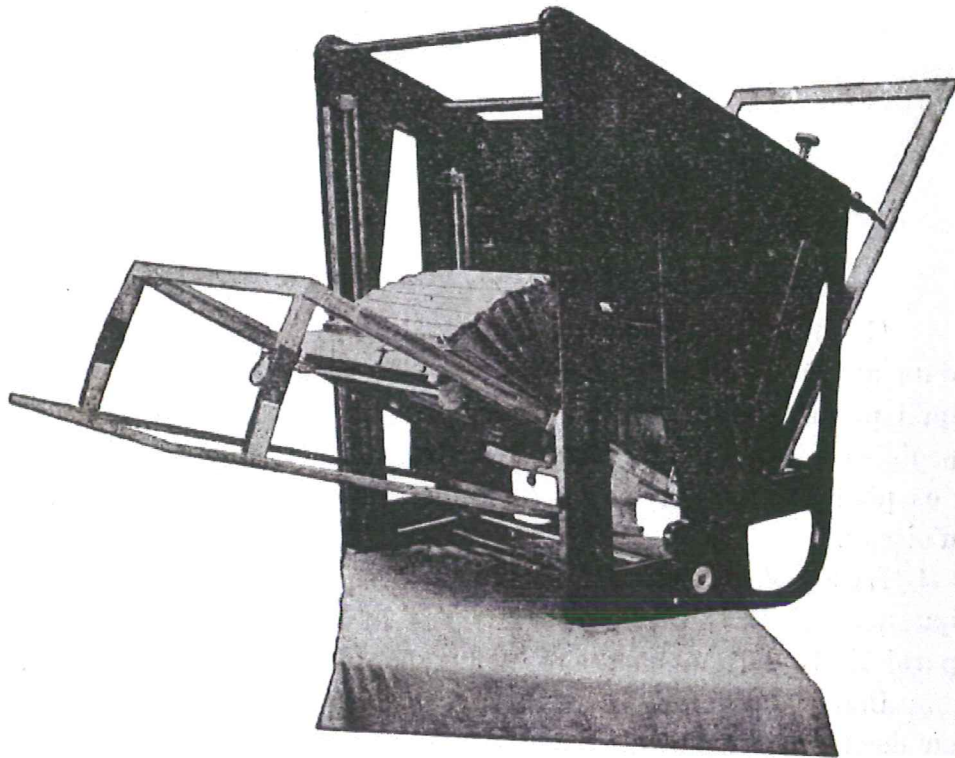
Dans la paroi K. C. nous voyons deux conducteurs glissant en deux sens rectangulaires et constituant un support croisé et un

disque tournant pour les mouvements tant de l'original que de la copie.

*Fig. 5.*

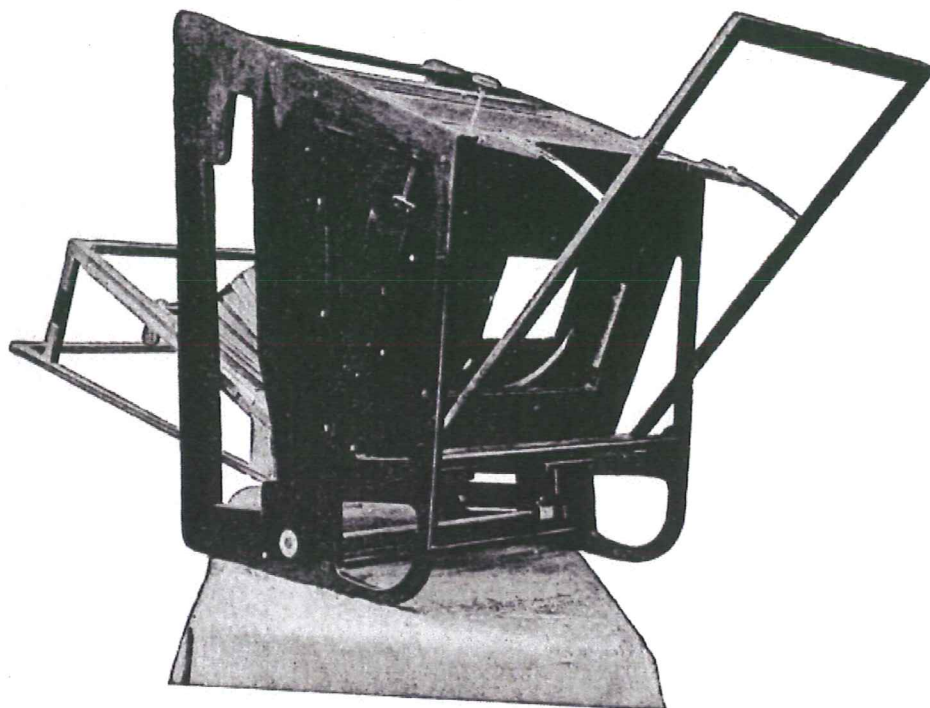


*Fig. 6.*

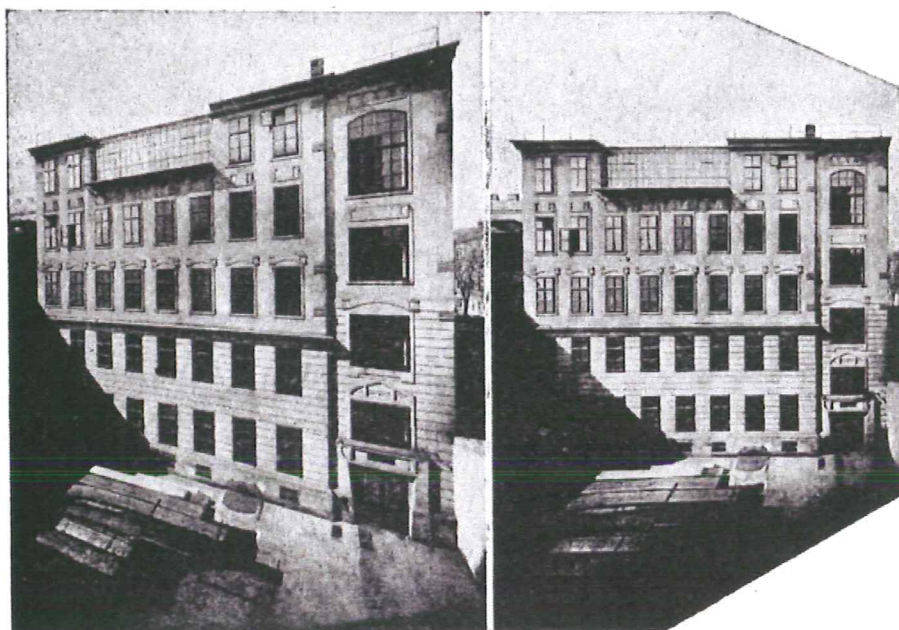


La paroi K. D. est également munie tant d'un support croisé que d'un disque tournant. Cependant cette paroi peut être

*Fig. 7.*



*Fig. 8 et 9.*

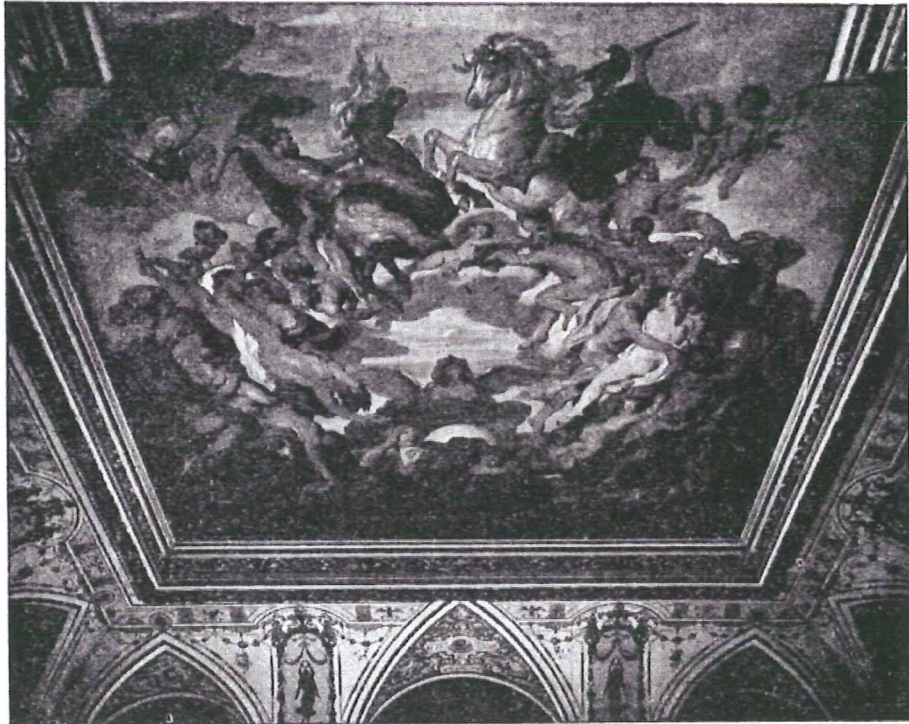




transportée par deux barreaux d'acier à vis  $s_1$  et  $s_2$  de sorte, que les conditions optiques de la transformation oblique, ci-dessus mentionnées, restent toujours remplies.

Les Fig. 5, 6, 7 sont des photographies du premier Photo-Perspectographe construit jusqu'à présent.

*Fig. 10.*



Les Fig. 8—14 sont les premières épreuves des travaux faits avec cet appareil.

Les Fig. 8 et 9 montrent une grande fabrique dans une rue très étroite, où malgré l'usage du Hypergon-Anastigmat de Gørz à Berlin l'on ne pouvait obtenir autre chose qu'une image avec une perspective très défavorable et qui ensuite a été corrigée à l'aide du nouvel appareil en question.

Les Fig. 10 et 11 montrent le tableau du plafond de l'escalier du Musée I. et R. d'histoire naturelle à Vienne, qui, étant difficile à prendre par en bas, fut pris d'un côté et transformé en vue horizontale.



La Fig. 12 est une vue de la Rotonde à Vienne avec ses environs, prises d'une hauteur de 700 m en ballon libre. L'inclinaison était d'environ  $44^{\circ}$ .

La Fig. 12 a est l'original, pris du ballon.

La Fig. 12 b est la transformation, c'est-à-dire la vue horizontale à vol d'oiseau.

La Fig. 12 c est la partie correspondante du plan de Vienne.

*Fig. 11.*



La Fig. 13 est une vue des usines à gaz de Vienne (Simmering) prise d'une hauteur de 1600 m avec une inclinaison de  $30^{\circ}$  environ.

La Fig. 13 a est l'original, pris du ballon.

La Fig. 13 b est la vue horizontale à vol d'oiseau.

La Fig. 13 c est la partie correspondante du plan de Vienne.

La Fig. 14 est une vue du Cimetière central de Vienne prise d'une hauteur de 1400 m avec une inclinaison de  $45^{\circ}$  environ.

La Fig. 14 a est l'original pris du ballon.

La Fig. 14 b est la vue horizontale à vol d'oiseau.

La Fig. 14 c est la partie correspondante du plan de Vienne.

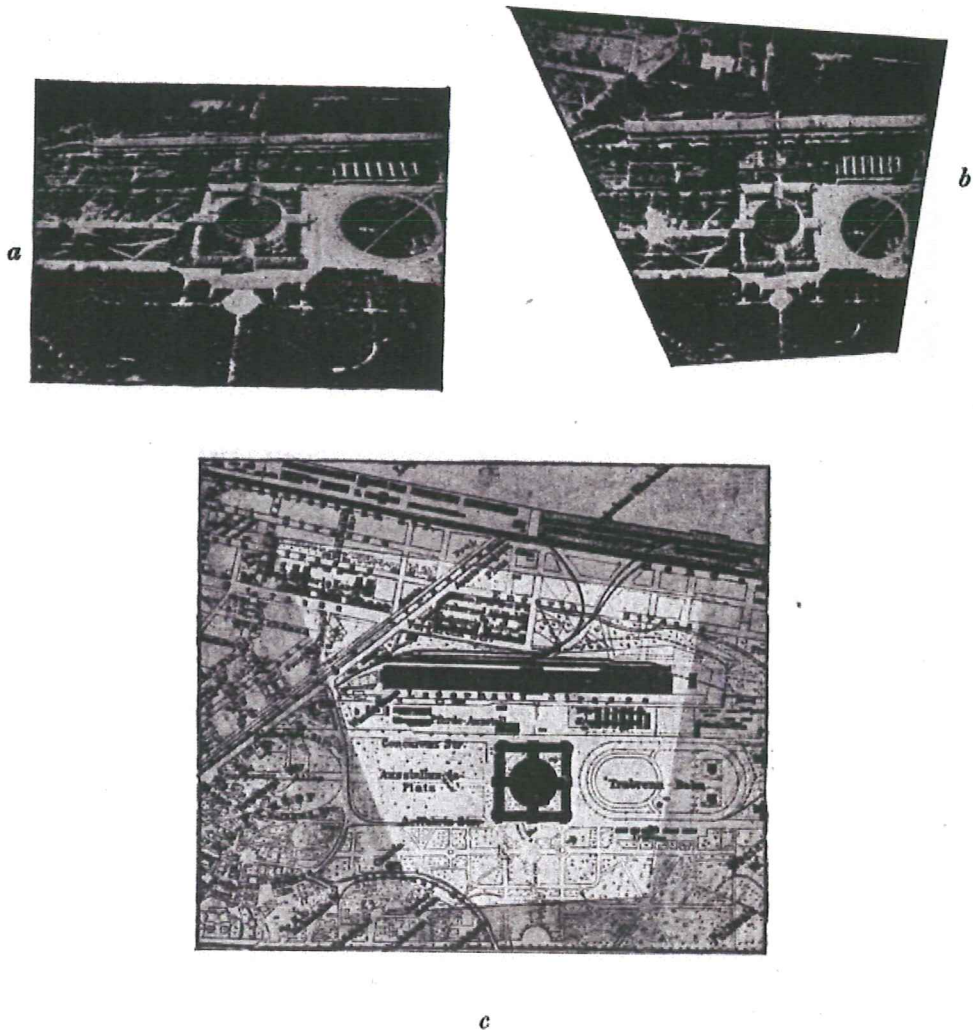
La Fig. 15 est une vue de l'embouchure de la March dans le Danube près de Theben, prise d'une hauteur de 6000 m et avec une inclinaison de  $30^{\circ}$  environ.

La Fig. 15 a est l'original pris du ballon.

La Fig. 15 b est la vue horizontale à vol d'oiseau.

La Fig. 15 c est la partie correspondante de la carte militaire.

Fig. 12.



La Fig. 16 et 17 sont deux vues de Pressbourg avec le Danube, l'une du Sud-Est, d'une hauteur de 6900 m et avec une inclinaison de  $47^{\circ}$  environ, l'autre du Sud, d'une hauteur de 7000 m et avec une inclinaison d'à peu près  $44^{\circ}$ .

a, les originaux pris du ballon.

b, les vues horizontales à vol d'oiseau.

c, les parties correspondantes de la carte militaire.



Je pense qu'il ne serait pas sans intérêt de discuter un peu la question relative aux conditions que doit remplir la photographie aérienne pour obtenir des vues à vol d'oiseau.

*Fig. 13.*



Il faut connaître exactement la distance focale de l'objectif; ensuite le point, où l'axe optique de l'objectif rencontre la plaque photographique, que l'on peut facilement fixer par quatre marques dans l'appareil, et finalement l'inclinaison de la plaque sensible au moment de la photographie.

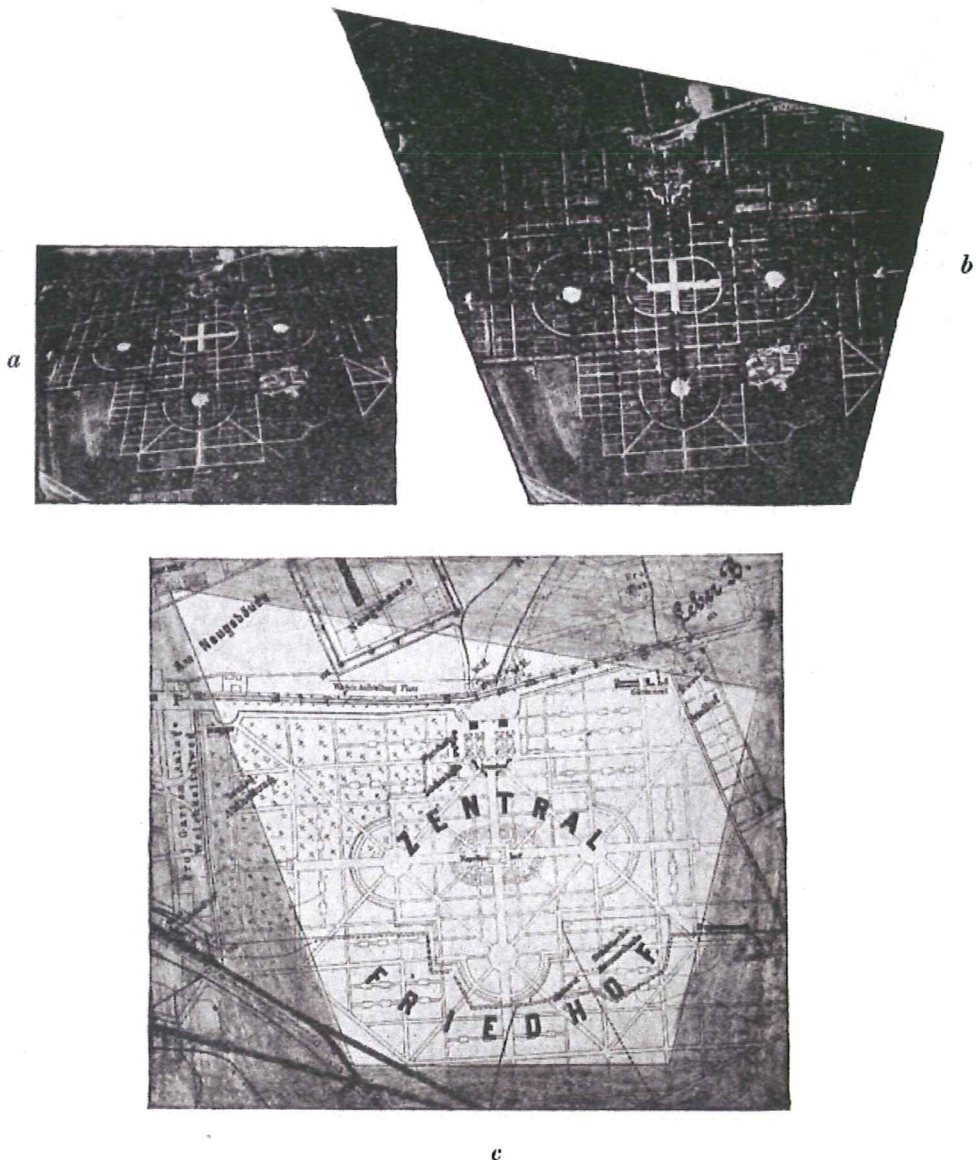
D'après le Prof. Finsterwalder la dite inclinaison peut être mesurée au moyen de cordes suspendues à l'équateur du ballon. Cependant pour être photographiées, il faut qu'elles soient de longueur suffisante; leur point de fuite sur la photographie marque



le point, où la verticale passant à travers le centre optique de l'objectif rencontre la plaque.

On peut plus exactement lever l'inclinaison à l'aide de deux niveaux fixés rectangulairement l'un à l'autre et photographiés simultanément avec le terrain.

*Fig. 14.*



La Fig. 18 montre la photographie d'un tel niveau que j'ai construit spécialement dans ce but.

Ce niveau a une section transversale ovale d'une forme déterminée empiriquement.

Grâce à cette forme, on ne réussit pas seulement à établir la bulle d'air toute près de la plaque pour obtenir ainsi une

*Fig. 15.*

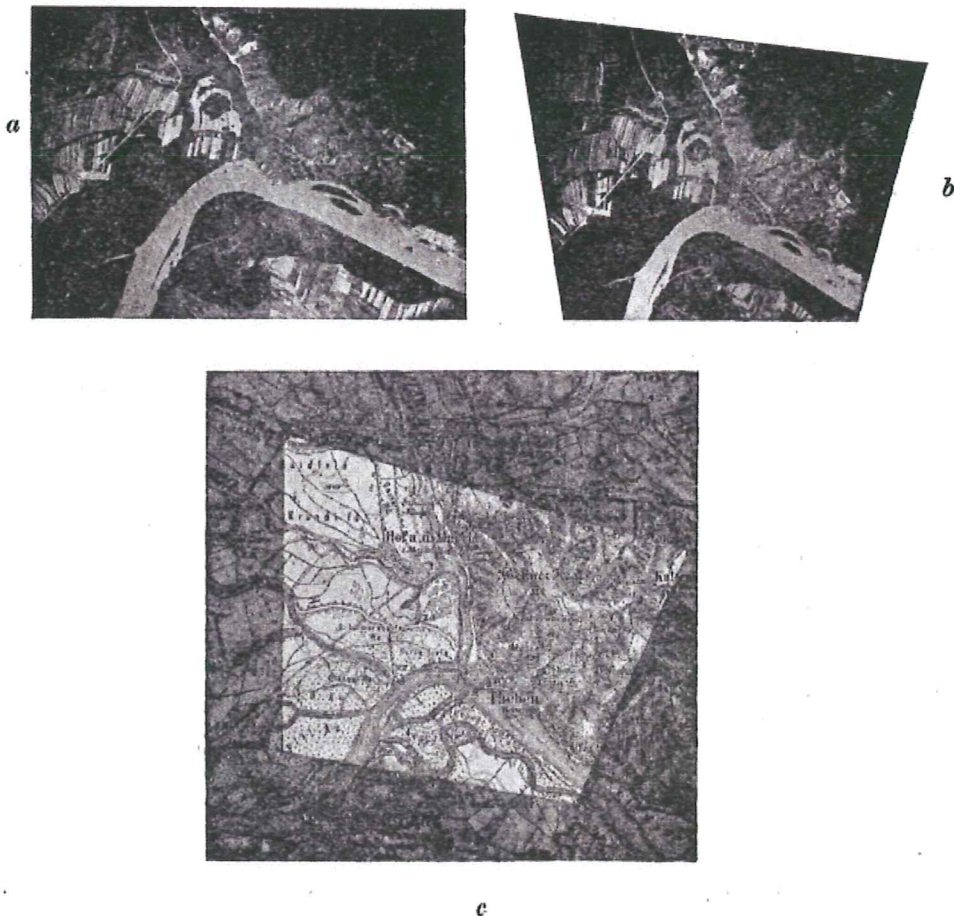


image très distincte, mais l'on parvient à ralentir effectivement les mouvements trop rapides de la bulle, comme l'on s'y prend avec les instruments de précision électriques et magnétiques.

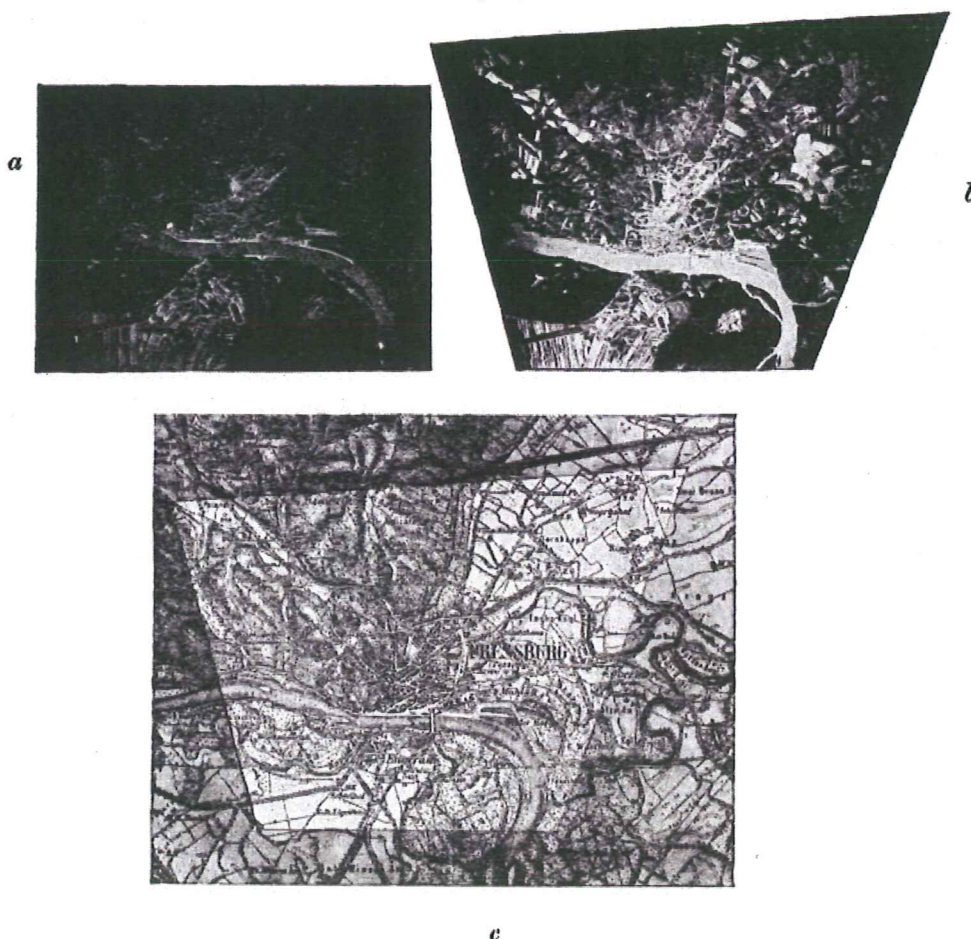
La Fig. 19 explique la transformation des photographies prises du ballon avec une certaine inclinaison par le Photo-Perspectographe.

F est la distance focale de l'objectif de l'appareil à l'usage du ballon.



$i$  l'inclinaison mesurée de la photographie prise du ballon.  
 $h$  est une fonction de l'échelle voulue pour la vue horizontale  
à vol d'oiseau (la distance focale de la vue horizontale).

Fig. 16.



$M$  est la ligne droite identique à l'original et à la transformation.

$N$  est la droite de fuite de l'original.

$R$  est la droite de fuite de la transformation.

Les formules  $h = MV \sin i$

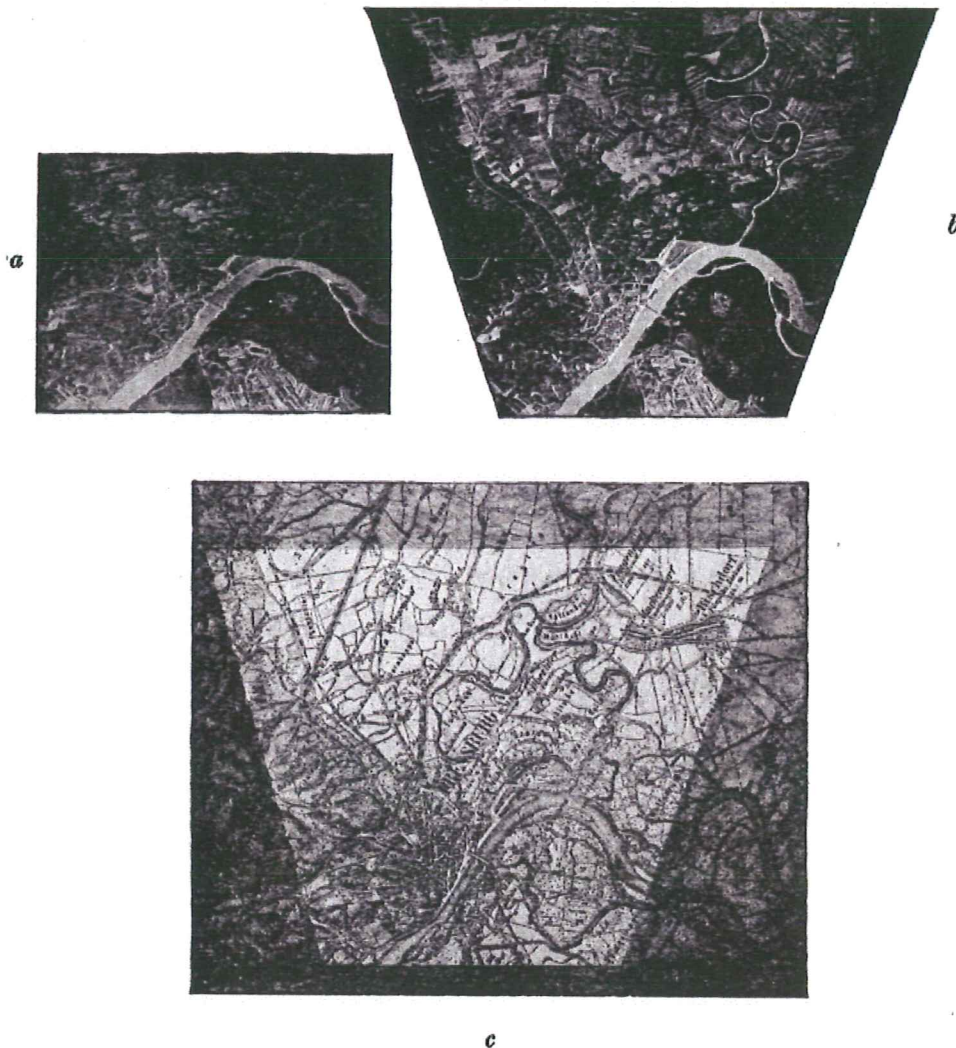
$F = MR \sin i$

nous donnent d'abord les longueurs de  $MV$  et  $MR$  nécessaires  
au placement de l'original et de la boîte pour fixer la trans-  
formation dans le Photo-Perspectographe, qui dans ce but a  
des graduations.



La Fig. 20 explique le fonctionnement du Photo-Perspectographe dans ce cas-ci.

*Fig. 17.*



Comme la droite  $M$  est de la même longueur tant dans l'original que dans la transformation, elle doit venir se reproduire de chaque côté de l'objectif dans le plan de la double distance focale.

Les droites de fuite  $V$  et  $R$  doivent coïncider avec les deux antiaxes de l'appareil, et être parallèles à l'axe de la collinéation.

Lorsque  $f$  est la distance focale de l'objectif employé pour la reproduction, les formules  $MV \sin \alpha = f = MR \sin \beta$  nous

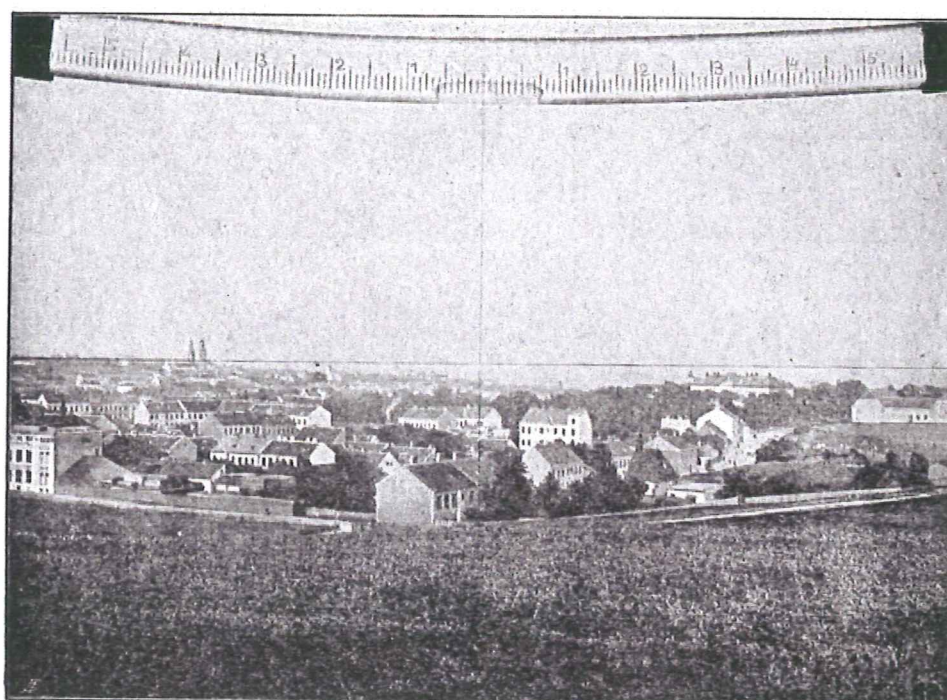
donnent les angles  $\alpha$  et  $\beta$  d'inclinaison des plans de l'original et de la transformation en rapport au plan de l'objectif.

La formule

$$\frac{MR \cos \beta - MV \cos \alpha}{2} = \Delta$$

nous donne le déplacement  $\Delta$  des deux lignes droites M de l'original et de la transformation à côté de l'axe optique.

*Fig. 18.*



Il est évident qu'une transformation ainsi opérée ne saurait être exacte que lorsque l'inclinaison de l'original est levée avec une exactitude scrupuleuse.

Cependant ni les cordes du Prof. Dr. Finsterwalder ni mes niveaux ne sont vraiment exacts, attendu que les mouvements du ballon en altèrent les indications. Ils ne fournissent que des résultats approximatifs.

Aussi la transformation en vue horizontale à vol d'oiseau basée sur l'angle d'inclinaison mesurée n'est-elle qu'une approximation.

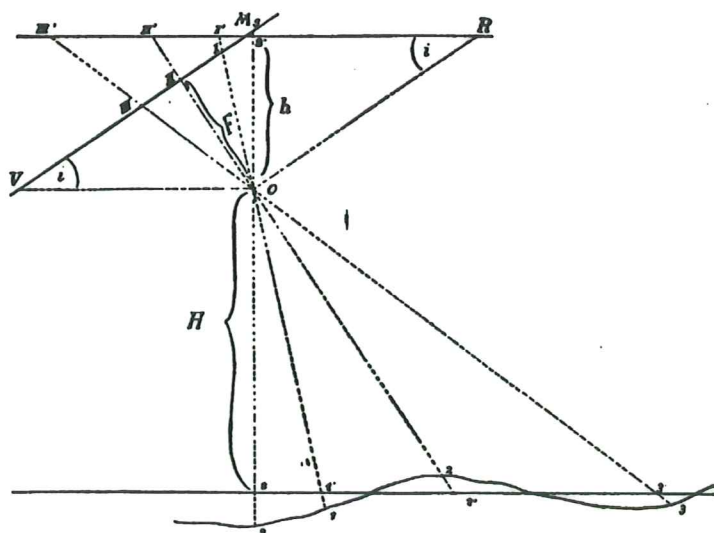
On ne saurait obtenir des résultats qui soient hors de tout doute qu'avec des points soigneusement identifiés entre la photo-



Pour cela on fixe soigneusement, à l'échelle désirée, les points ci-dessus mentionnés sur la plaque opaque du Photo-Perspectographe.

$$MV = \frac{h}{\sin i} = \frac{f}{\sin \alpha}$$
$$\text{MR} = \frac{F}{\sin i} = \frac{f}{\sin \beta}$$

*Fig. 19.*



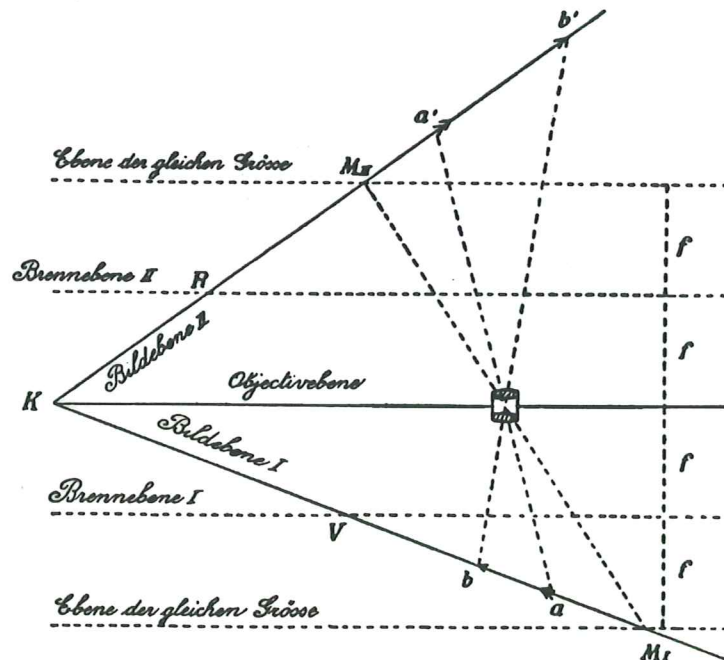
Pourvu que la coïncidence des points identiques sur la photographie originale et la plaque opaque soit parfaite, les graduations du Photo-Perspectographe nous donnent des valeurs exactes des distances MV et MR; et c'est précisément avec ces distances que selon la Fig. 19 on trouve les valeurs exactes de l'inclinaison  $i$ , du point de fuite des verticales sur la photographie originale et



la vue horizontale à vol d'oiseau, c'est-à-dire la projection horizontale exacte de l'appareil photographique au moment de l'exposition, et enfin la hauteur exacte de cet appareil, laquelle hauteur se dérive également de  $h$  qu'on trouve aussi selon la Fig. 19.

Quand on dispose de plus de cinq points fixes, on nullifie à coup d'oeil autant que possible les contradictions relatives à la coïncidence qu'on peut avoir rencontrées et qui proviennent assurément des erreurs de l'identification et de la triangulation.

Fig. 20.

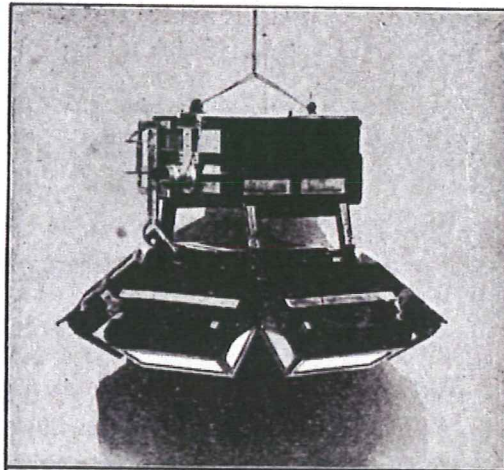


Ces résultats sont sans doute d'une exactitude égale à celle des résultats obtenus avec les méthodes du Prof. Dr. Finsterwalder; la seule différence, c'est que le calcul des moindres carrés donne beaucoup de fil à retordre, tandis que l'orientation visuelle exécutée ici à l'aide du Photo-Perspectographe est une affaire de quelques minutes.

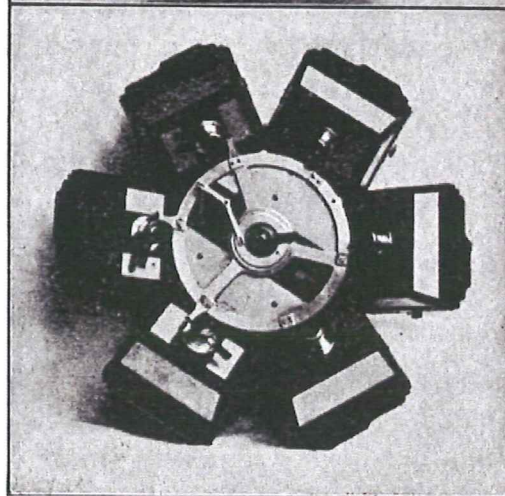
Avec les vues horizontales à vol d'oiseau et les coordonnées exactes des positions d'où les photographies du ballon ont été prises, il est facile de déterminer les courbes de niveau du terrain en se valant dans ce but des vues horizontales accouplées, soit selon les anciennes méthodes de la photogrammétrie, le soi-disant

„couper en avant“, soit stéréoscopiquement à l'aide du Stéréo-Comparateur du Dr. Pulfrich, collaborateur scientifique de la maison Zeiss à Jéna.

Au moyen d'un plan de courbes de niveau, on peut enfin réduire par la photographie les vues horizontales à vol d'oiseau



*Fig. 21.*



*Fig. 22.*

en projections orthogonales, c'est-à-dire en cartes exactes, en corrigeant l'échelle de chaque zone entre deux courbes de niveau.

Ce procédé se base sur le fait, que les courbes de niveau sont horizontales, et que les vues à vol d'oiseau sont également horizontales, de sorte que les courbes de niveau et leurs images ne peuvent qu'être semblables. Seulement l'échelle des parties basses, plus éloignées de l'objectif, les vallées par exemple, sera

trop petite, et celle des parties élevées, plus proches de l'objectif, sera trop grande.

En corrigeant ces fautes de l'échelle zone par zone et l'une après l'autre à mesure qu'on les projette successivement sur la plaque sensible et en ayant bien soin de rendre opaques les zones au moment où elles ne s'emploient plus, nous arriverons, après le développement de la plaque sensible, à la carte correcte qui ne demande plus que l'écriture.

Ce travail de transformation photographique des vues horizontales à vol d'oiseau en cartes est encore à l'état d'expérience; il n'est donc pas encore possible d'en montrer des épreuves.

Je pense enfin qu'il ne sera pas sans intérêt de donner une idée approximative des possibilités inaugurées par la nouvelle méthode.

L'appareil représenté par les Fig. 21 et 22 est une combinaison de 7 caméras  $9 \times 12$  de sorte qu'ensemble ils équivalent à un champ d'à peu près  $120^\circ$ , c'est-à-dire, que, si l'appareil est suspendu librement au ballon, il couvre un cercle d'un diamètre d'une longueur 3 fois plus grande que la hauteur du ballon.

Soit:

une hauteur de	un diamètre de	une surface de
1000 m	3 km	7 km <sup>2</sup>
2000 m	6 km	29 km <sup>2</sup>
3000 m	9 km	65 km <sup>2</sup>
4000 m	12 km	115 km <sup>2</sup> .

On pourrait pendant un voyage en ballon d'une longueur de 100 km à une hauteur moyenne de 2500 m photographier une pièce de terrain d'une longueur de 100 km et d'une largeur de 7,5 km, soit 750 km<sup>2</sup>.

Les images des cordes du Prof. Dr. Finsterwalder ou les photographies de mes niveaux suffisent pour évaluer approximativement cet énorme matériel de photographies.

Mais pour obtenir une exactitude parfaite, nécessaire à la détermination exacte des courbes de niveau, il faut une détermination des coordonnées de cinq points identifiés par photographie entre les photographies et la nature; c'est donc une triangulation considérable.



Cependant cette triangulation sera beaucoup moins pénible pour une même surface de terrain, que les triangulations nécessitées jusqu'alors par les autres méthodes géodésiques.

Cela vous mène à des conclusions très intéressantes.

Le relèvement des colonies, travail jusqu'à présent à peine commencé et très coûteux, sera de beaucoup simplifié. L'on mettra moins de temps à exécuter ces relèvements et avec cela ils coûteront moins cher. Bien des relèvements jusqu'à présent impossibles, à cause des frais qu'ils auraient occasionnés, seront dorénavant à notre portée. Les intérêts militaires, ceux du cadastre ainsi que ceux des ingénieurs devraient nous porter à augmenter de beaucoup la quantité des relèvements; une carte du globe entier, en photographie, jusqu'à présent l'utopie d'un fou, n'est plus en dehors des possibilités. Un grand progrès dans l'Aérologie et l'Aéronautique ainsi que dans la Géologie sera sans doute une des grandes conséquences de la situation nouvelle.

4 Octobre après-midi.

**Annexe XII. Proposition de M. L. Teisserenc de Bort:**

*Nécessité d'étendre le réseau des Stations d'ascensions internationales en limitant au besoin le nombre des ascensions.*

L'étude de l'atmosphère libre est entrée depuis quelques années dans une voie de progrès très notables grâce aux efforts qui sont faits en différents pays pour améliorer les méthodes d'investigation et recueillir le plus possible de documents précis.

L'organisation des ascensions internationales a été beaucoup dans la multiplication des stations et elle a puissamment stimulé le zèle des météorologistes.

Le moment est donc venu de chercher ce que nous pourrions déduire des observations déjà faites et d'examiner de quelle manière l'effort réel qui est fait peut être le mieux utilisable dans l'avenir.

En voyant quelle importance a pris la publication des observations des ascensions internationales dirigées avec tant de zèle par notre président Mr. le Professeur Hergesell j'ai voulu essayer de discuter certaines questions en me basant sur le très nombreux matériel scientifique déjà imprimé, telles que, par exemple, les