

La photogrammétrie dans son application à la mensuration cadastrale suisse

Autor(en): **Baltensperger, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **53 (1927)**

Heft 4

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41038>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

BULLETIN TECHNIQUE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *La Photogrammétrie dans son application à la mensuration cadastrale suisse*, par J. BALTENSPERGER, inspecteur fédéral du Cadastre, à Berne (suite). — *Concours d'idées pour l'établissement du plan général d'extension et d'aménagement de la ville de Fribourg* (suite et fin). — *Théorie et pratique des travaux hydrauliques* par le Dr A. Stucky, ingénieur. — DIVERS : *Exposition Internationale de Fonderie et Congrès International*. — *V^e Congrès International du Froid*. — SOCIÉTÉS : *Association générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux*. — *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes, Section vaudoise de la S. I. A., Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne et G. e. P.* — CARNET DES CONCOURS. — *Service de placement*.

La Photogrammétrie dans son application à la mensuration cadastrale suisse,

par J. BALTENSPERGER, Inspecteur fédéral du Cadastre, à Berne.

(Suite.)¹

2. Levé aérien.

En soi, l'art de faire des mesurages d'après l'image que présente le sol vu d'un point dans les airs n'est pas nouveau ; il remonte aux temps des débuts de la navigation aérienne. Pendant la guerre mondiale, on y eut fréquemment recours pour faire la reconnaissance du terrain des opérations et pour compléter les cartes insuffisantes. Mais il n'est devenu une véritable méthode de mensuration qu'au cours des années qui suivirent la période de guerre. C'est aux grands progrès de l'aviation que l'on doit de pouvoir désormais tirer de l'application de la stéréophotogrammétrie de grands avantages pratiques et économiques.

Au point de vue de la technique des mensurations, nous distinguons des levés en planimétrie et des levés en relief ou stéréométriques. Une représentation du terrain en plan faite de levés partiels ne convient que pour des territoires plats ou approximativement plats. Elle donne la planimétrie, mais elle ignore les différences de niveau. Dès qu'il s'agit de lever des terrains accidentés et en particulier pour faire la mensuration cadastrale d'alpes et de pâturages, il ne peut être question que de la stéréophotogrammétrie aérienne.

De même qu'en photogrammétrie terrestre, on procède par intersection en prenant les clichés photographiques depuis les points terminaux d'une base d'opération. Mais dans les levés aériens, ces points se trouvent dans l'espace, et au moment de la prise de vue opérateur et appareil se déplacent avec l'avion, de sorte que la détermination des points de la base n'est pas chose aussi aisée que dans les opérations terrestres. Le moyen ordinaire du relèvement dans le plan ne suffira pas, il faudra déterminer les points de la base par relèvement dans l'espace.

Un levé aérien et sa restitution demandent l'exécution des travaux suivants :

- 1^o l'établissement d'un programme de vol et de prise de vues ;
- 2^o la prise des clichés à bord de l'avion ;
- 3^o le choix des points de contrôle, leur calcul et répertoire ;
- 4^o l'identification des points munis de signaux, la classification des chemins, l'établissement des registres et des calques de nomenclature ;
- 5^o la préparation des feuilles originales et les travaux de restitution.

¹ Voir Bulletin technique du 29 janvier 1927, page 27.

Le programme de vol et de prise de vues est destiné au pilote et au photographe. Il est l'ordonnance générale du vol et du levé. Tenu en toute simplicité, il consiste en une carte à l'échelle 1 : 25 000, 1 : 50 000 ou 1 : 100 000, sur laquelle sont indiqués la direction du vol, l'altitude, le genre des clichés, horizontaux ou inclinés, puis les points de convergence. Ce document fournira au pilote avant tout l'indication du point sur lequel il doit se diriger et qui sera en général une cime élevée qu'il pourra apercevoir dans le lointain. Pour dresser le dispositif du vol et des prises de vues, on s'en rapportera à la configuration du terrain et à l'échelle des plans, respectivement au degré d'exactitude requis pour la cadastration. La technique aérienne commande de prendre les clichés à une altitude moyenne. Une hauteur insuffisante, par exemple en dessous de 1500 m. d'altitude, a les désavantages d'une orientation plus difficile et d'une atmosphère plus mouvementée. En gagnant une hauteur trop grande, on éprouvera également quelque peine à s'orienter, respectivement à tenir le juste espacement entre les vols d'aller et de retour, parce que, à une élévation supérieure à 5000 m., les sommets de nos plus hautes montagnes ne peuvent plus servir de points de direction. De plus, il ne faut pas oublier que les températures normalement très froides dans les grandes hauteurs ne sont pas sans porter préjudice aux travaux qui s'effectuent à bord de l'avion, tant au point de vue de la précision que du rendement. Puis on sait que, porté à des altitudes de 5500 m. et supérieures, l'organisme humain est sujet à des altérations, quand il n'est pas soutenu par un surplus artificiel d'oxygène. La bonne hauteur du vol se trouvera donc être entre 1500 et 5500 m. d'altitude. Cette hauteur sera fixée suivant les exigences d'exactitude de la mensuration, respectivement d'après l'échelle du plan. Plus le point de la prise d'un cliché aérien sera élevé dans les limites indiquées ci-devant, plus l'image de ce cliché reproduira d'étendue, mais au dépens de la précision, qui s'amointrira en proportion. Pour travailler de façon rationnelle, il s'agira, en dressant le dispositif du vol, de fixer avec soin le juste maximum de hauteur permettant encore d'atteindre le degré de précision voulu.

La longueur de la base d'opération pour les levés stéréophotogrammétriques aériens varie entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{2}{3}$ de l'élévation de l'avion au-dessus du sol pour l'échelle 1 : 5000 et entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$ de cette hauteur pour l'échelle 1 : 10 000.

L'œuvre de la mensuration cadastrale reposant en grande partie sur les ressources de la Confédération, il est tout indiqué de ne pas négliger les avantages économiques que l'on peut réaliser en se procurant les clichés aériens nécessaires par les soins de l'aérodrome militaire de Dubendorf, qui

dispose d'un matériel complet. L'exécution des travaux de ce genre destinés à la mensuration réclame un personnel bien formé, ayant reçu une instruction spéciale. Le pilote et l'observateur-photographe devront surtout travailler en parfaite intelligence pendant le vol.

Sans même compter les obstacles de l'ordre météorologique, le vol par zones parallèles et régulières ou simplement en ligne droite n'est pas chose facile. Le champ visuel restreint du pilote et l'activité presque continuelle de l'observateur gênent beaucoup la conduite de l'avion. L'observateur-photographe doit connaître les allures habituelles de son pilote et savoir quelle est sa façon d'exécuter la manœuvre dictée. Le pilote, en revanche, doit être capable de saisir les intentions de l'observateur, quand il reçoit de celui-ci un signe quelconque convenu à l'avance. Pour la hauteur de la prise des clichés, la manœuvre de mise en direction, les points de direction, etc., l'entente doit donc se faire au préalable de la manière la plus précise. A bord de l'avion on n'arri-



Fig. 1. — Levé au moyen d'un appareil incliné, tenu à la main.

verait qu'à des décisions tardives. Au moment de se mettre en route, les préparatifs doivent être assez complets pour que pendant le vol, toute l'attention puisse se porter uniquement sur la direction exacte du mouvement. Le pilote n'ayant pas la vue assez libre, c'est à l'observateur qu'incombe la tâche de veiller à ce que l'avion entre dans la juste ligne de direction.

Pour les levés de Bilten, on a employé une machine dite avion militaire type « Zep ». Cet appareil est bâti de métal et d'étoffes. La carcasse, de toutes pièces en duralumin, est tendue de toile. La carlingue est assez large pour que l'on puisse y installer les moyens de suspension de l'appareil photographique. A vide, l'avion pèse 1035 kg. La charge utile est de 435 kg., la puissance du moteur de 260 chevaux, la vitesse ascensionnelle 5000 m. en 29 minutes, le rayon d'action 175 km., la durée du vol trois heures et demie, la vitesse 170 kilomètres à l'heure ou 47 m. à la seconde. L'appareil perd en vitesse à mesure que son élévation augmente. A 5000 m., la diminution est d'environ 25 à 30 km., de sorte que la prise des clichés s'effectue à une vitesse de 140 km. à l'heure ou 40 m. à la seconde.

Les clichés photogrammétriques sont pris au moyen d'un *appareil photographique de bord*, qui n'est point propre à un seul type d'avion et peut-être utilisé, tenu à la main ou installé dans un cadre de suspension pour la prise de vues horizontales et inclinées. (Fig. 1.) Pour les essais de Bilten, on a employé l'appareil à main Zeiss (N° 22 874) appartenant à l'aérodrome de Dubendorf et dont les caractéristiques sont : objectif Zeiss-Tessar 1 : 4,5, distance focale 20,94 cm., plaques 13/18 cm. L'obturateur de l'objectif est à fermeture centrale. La vitesse d'obturation peut être réglée sur six degrés différents variant entre 1/75^e et 1/200^e de seconde, ce qui permet d'obtenir un temps de pose approprié à la luminosité et aux objets qu'il s'agit de fixer sur le cliché. Pour prendre les vues, on braque l'appareil sur le point de convergence bien visible dans le terrain en position formant avec la verticale un angle d'inclinaison de 22° au plus.

Quant au choix de l'époque pour la prise des vues, on se réglera surtout d'après la saison, les effets les plus favorables de la lumière solaire et l'état de la végétation. On opérera sur les terrains découverts pendant qu'ils ne sont pas recouverts de neige, de préférence au printemps ou en automne, alors que la perception visuelle rencontre le moins d'obstacles. En hiver, les accidents de terrain sont en grande partie masqués par la neige qui, en formant des surfaces unies, empêche complètement la restitution ou la rend difficile. Si par contre on doit opérer sur de grandes étendues boisées, et surtout quand il s'agit de forêts d'arbres feuillus ou de sapins clairsemés, dans lesquelles il n'y a point de détails à lever, tels que chemins ou autres objets, une prise de vues en hiver présente quelques avantages. En pareils cas, il serait alors nécessaire de prévoir une prise de clichés en été et une autre en hiver. Il faudra, dans chaque cas, bien examiner s'il est profitable de doubler ainsi les opérations aériennes.

Il reste à savoir quel sera le moment de la journée le plus propice pour la prise des clichés, et si l'on voulait écouter l'aviateur, le choix tomberait sur les premières heures du matin ou sur les dernières de l'après-midi, pendant lesquelles l'atmosphère est plus tranquille. Mais le photographe trouvera que l'heure de midi est préférable, parce qu'au moment de sa plus grande hauteur le soleil ne projette pas les ombres allongées que l'on trouve toujours le soir et le matin. Dans la montagne, les parties ombragées produisent sur le cliché l'effet d'une obscurité profonde, très nuisible parce qu'elle peut cacher d'importants détails. On évitera par conséquent de prendre des clichés aériens le matin et le soir, alors que le soleil est près de l'horizon.

Pour photographier le territoire d'essai de Bilten-Niederurnen l'avion a fait quatre courses d'aller et retour. Les hauteurs ont été les suivantes :

vol A	4200 m. d'altitude	ou	2800 m. d'élévation au-dessus du sol
» B	4400 »	»	3100 »
» C	3200 »	»	2300 »
» E	4600 »	»	3700 »
» D	2000 »	avec prises de vues inclinées correspondant à une distance oblique de 3000-5500 m.	

Les vols A, B, C et E ont servi à la prise de clichés horizontaux couvrant le terrain et convergeant dans le sens de la

ligne de direction. La pente escarpée de Bilten, dont la déclivité est d'environ 70% vers le nord, a été levée, au mois de janvier 1926, au moyen de quatre paires de clichés inclinés. Des objets bien visibles depuis l'avion, tels que cabanes, ravins profonds ou rochers, ont servi de points de convergence. Pour prendre les clichés horizontaux, l'appareil photographique avait été placé dans son cadre de suspension, tandis qu'il a été tenu à la main par-dessus bord pour la prise des vues inclinées. Pour toutes ces opérations, on a utilisé dix-neuf paires de plaques. Ce sont en partie des plaques de verre à plans parallèles de la fabrique Perutz, en partie aussi des plaques ordinaires. (Fig. 2 à 4.)

Les pilotes militaires de l'aérodrome de Dubendorf et le lieutenant Gerber, auquel étaient confiées les fonctions d'ob-

s'opère dans la règle par intersection sur la base de points trigonométriques connus. Un repérage spécial des points de contrôle n'est pas nécessaire parce que, de même qu'en photogrammétrie terrestre, leur fonction n'est que passagère.

Les points marqués de signaux n'apparaissent sur le cliché que sous la forme de points blancs de 0,1 ou 0,2 mm. de diamètre. Afin d'éviter les confusions possibles avec l'image d'autres objets, pierres, etc., il sera bon, dans presque tous les cas, d'identifier ces points de limites sur le terrain avant de procéder à leur restitution et de les désigner sur des épreuves agrandies. On se servira alors aussi de ces copies pour indiquer, en faisant le parcours du terrain, les bâtiments, ruisseaux, bancs de rochers, glissements de terrain, ponts, marais. A l'occasion de ce parcours, on fait également la classification

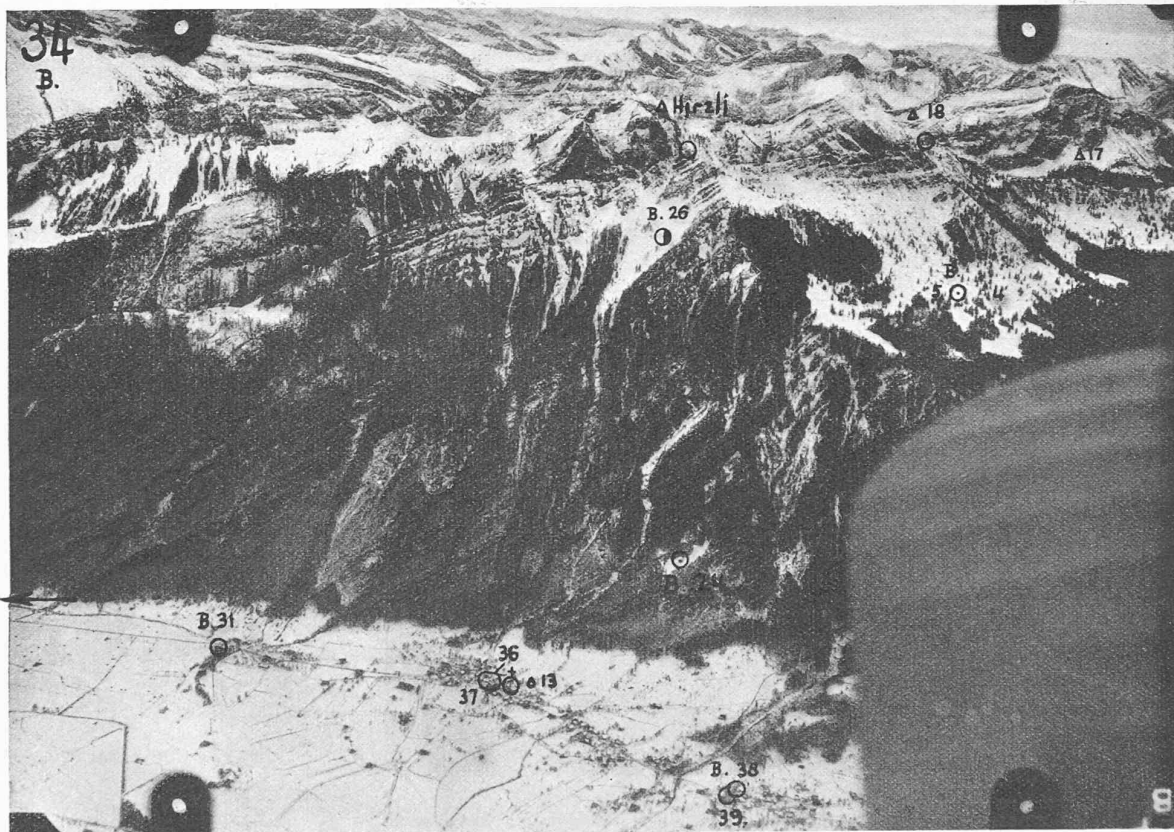


Fig. 2. — Levé de l'escarpement de Bilten au moyen d'un appareil incliné, tenu à la main.

servateur, ont accompli leur tâche d'une façon tout à fait satisfaisante. Ils ont prouvé qu'en travaillant avec présence d'esprit et réflexion et en intelligente collaboration, on peut atteindre une précision extraordinaire, tant pour le vol que pour la prise des vues.

Les *points de contrôle* servent à l'ajustage et à l'orientation des clichés. La recherche de ces points est une affaire très importante. Il est certainement prudent d'en faire le choix et de les déterminer *après* avoir pris les clichés. La tolérance encore admissible pour la détermination de ces points étant d'environ $\pm 20-30$ cm., on pourra presque toujours se dispenser de les marquer par des signes spéciaux. On choisira comme points de contrôle des points de triangulation ou de limites munis de signaux, des pignons de bâtiments, des blocs de rochers ou autres objets bien visibles. Pour chaque cliché il faut disposer d'au moins trois points de contrôle répartis judicieusement sur la surface qu'il couvre. Leur détermination

des chemins et l'enquête sur les noms locaux, quand ces travaux n'ont pas été terminés en même temps que l'abornement. Tous ces travaux exécutés préalablement facilitent beaucoup la restitution et la rédaction des plans originaux.

Après avoir déterminé les points de contrôle et préparé les feuilles originales, on passe à la restitution des clichés.

Restitution. Nous avons déjà dit que l'emplacement de la chambre photographique au moment où la lumière impressionne la plaque doit être déterminé par la méthode de *relevement dans l'espace*. Quand on dispose d'au moins trois points donnés par cliché, le résultat peut être obtenu par opérations de calcul, mais encore bien plus facilement par un *procédé optico-mécanique* au moyen d'instruments appropriés. Ces appareils sont en outre utilisés pour la restitution stéréoscopique de clichés aériens à axes optiques disposés dans n'importe quelle direction, aussi bien horizontaux qu'inclinés. Les instruments de ce genre à l'emploi desquels on peut s'en



Fig. 3. — Levé stéréophotogrammétrique, par avion, du cadastre de Bilten-Niederurnen. Vue verticale convergente. Altitude de l'avion au-dessus de la mer, 4274 mètres.

remettre aujourd'hui sont l'autocartographe de Hugershoff-Heide, le stéréoplanigraphe de Bauersfeld-Zeiss, puis le stéréoautographe Wild, qui a été récemment construit pour servir à ces travaux.

Pour la restitution des clichés d'essai pris à Bilten, le géomètre du Registre foncier Bosshardt a employé un stéréoplanigraphe¹. La station photographique a été déterminée selon la méthode que le Dr von Gruber à Iéna a imaginée spécialement pour l'usage du planigraphe et qui est expliquée dans son ouvrage sur le relèvement d'un double point dans l'espace. L'ajustage d'une paire de plaques, c'est-à-dire l'opération mécanique du relèvement dans l'espace, demande une demi-journée pour les prises de vues verticales et un peu plus pour les prises obliques. La restitution ou report de la planimétrie et des courbes de niveau a été faite sur nos plaques en aluminium recouvertes de papier à dessin. Toute l'étendue d'environ 1600 hectares constituant le territoire

¹ Nous publierons prochainement une description de cet instrument. *Réd.*

soumis à la mensuration a été englobée dans les opérations de restitution. Ces opérations ont pu être effectuées à fond pour 1300 hectares, soit 80 %, et partiellement, c'est-à-dire la planimétrie et le reste à l'aide de nombreux points cotés pour 100 hectares ou 6 % du territoire. Les parties non restituées, formant une étendue d'environ 200 hectares, sont des forêts de sapins très denses qui échappent à la méthode photogrammétrique. Ces essais ont permis de se rendre compte qu'en procédant à la cadastration par levés aériens il est en général possible d'effectuer la restitution de tout le territoire, donc aussi dans une large mesure celle des forêts, pour autant que les photographies rendent l'image du sol.

Le personnel nécessaire pour le travail de restitution, ainsi que la répartition des fonctions, est le même que pour les levés en photogrammétrie terrestre.

Levé des parties auxquelles on ne peut pas appliquer la méthode photogrammétrique.

Parmi ces parties, il faut compter les forêts serrées, impénétrables aux regards, les gorges profondes et étroites, etc. Ce sont dans la règle des objets, dont la mensuration est un travail ingrat. Les feuilles originales restituées constituent la base de ces levés. Le complètement ou, si l'on veut s'exprimer autrement, le remplissage des lacunes part des points fixes donnés. La méthode de la planchette est la plus avantageuse pour ces levés de détail et des courbes de niveau.

Travaux de parachèvement.

Pour les travaux restant à exécuter, la reproduction des plans cadastraux et des plans d'ensemble, le calcul des surfaces et l'établissement des registres et tableaux, les dispositions de l'instruction fédérale demeurent applicables sans aucune modification.

La conservation.

Constatons d'abord que dans les alpages et pâturages les travaux de conservation comportant des modifications de limites sont très rares, ou même qu'il ne s'en présente point du tout. Quand une transaction se produit, ces biens-fonds passent en général en d'autres mains sans changement de limites. Il va sans dire que s'il s'agit de déterminer une nouvelle limite ou de rétablir certains points, ce ne sera pas le procédé photogrammétrique auquel on aura recours, mais l'une des autres méthodes en usage.

La vérification.

Les levés photogrammétriques ont ceci de particulier, qu'ils se vérifient pour ainsi dire automatiquement par les nombreux rattachements de l'une à l'autre des parties

comprises dans les paires de clichés restituées. Il arrive en outre très fréquemment que les clichés d'une station recouvrent une grande partie de ceux des stations voisines, ce qui procure encore un moyen de contrôle. La méthode photogrammétrique apporte ainsi *a priori* à l'entrepreneur lui-même des éléments de contrôle. La vérification pourra donc sans doute se faire au fur et à mesure de l'avancement des opérations, comme il est prévu à l'article 55 de l'Instruction fédérale, et procéder de la manière suivante :

1^o Vérification des calculs de la détermination des stations, de la base d'opération et des points de contrôle.

2^o Epreuves intermittentes pendant la restitution des points de limite du détail et des courbes de niveau.

3^o Vérification sur le terrain du détail des plans cadastraux et des plans d'ensemble.

4^o Confrontation des plans originaux avec les photographies à l'aide du stéréoscope à miroir, pour s'assurer que rien ne manque et que le dessin est juste.

Quant à la vérification des autres travaux, on s'en tiendra aux dispositions fédérales. (A suivre.)

Concours d'idées pour l'établissement du plan général d'extension et d'aménagement de la ville de Fribourg.

(Suite et fin.)¹

N^o 3. «Sarine». — Ce projet, par trop académique, n'a pas tenu compte suffisamment des conditions du programme et de la topographie de Fribourg ni des probabilités de développement économique. Il n'y a pas d'équilibre entre la cité-jardin et le développement de la ville qui doit provoquer sa création. Si, pour éviter les inconvénients actuels, on déplace l'Université, il paraît étrange de l'englober de nouveau dans une zone industrielle.

N^o 4. «Avenir». — Ce projet témoigne d'une étude fragmentaire, incomplète, avec des propositions que l'on ne saurait approuver, telles que la cité-jardin aux Neigles et ses voies d'accès, l'établissement des abattoirs au bord de la Sarine.

Le raccordement entre les quartiers a été étudié. Toutefois la liaison du Quartier de l'Alt au Varis n'est pas acceptable. La création du quartier de l'Etang du Jura ne se recommande ni au point de vue esthétique ni au point de vue hygiénique. L'aménagement du Guintzet est bon. La nouvelle voie d'accès au Schönberg proposée n'est pas possible.

N^o 5. «Fribourg». — Le développement urbain de Péroles est insuffisant; la partie réservée à l'industrie pénètre trop au cœur de la ville. L'auteur du projet prévoit résolument le déplacement de l'Université.

La cité-jardin n'est pas en proportion avec le développement urbain, prévu presque uniquement le long de la voie ferrée. Le tracé des quartiers suburbains est trop monotone.



Fig. 4. — Levé stéréophotogrammétrique, par avion, du cadastre de Bilten-Niederurnen. Vue verticale convergente. Altitude de l'avion au-dessus du sol, 2600-3200 mètres. Longueur de la base, 2559,20 mètres.

Le réseau des communications entre les quartiers est étudié, à l'exception du Quartier d'Alt qui n'est pas rattaché au centre de la cité et au pont de Zähringen. Au Schönberg est prévu un funiculaire, mais les voies d'accès ne sont pas améliorées.

L'auteur fixe sagement la réserve des points intéressants; la suggestion relative à la promenade des remparts est à retenir. Le quartier d'Alt est heureusement achevé.

L'auteur est logique avec lui-même en plaçant l'abattoir dans le quartier industriel, à l'extrémité de la voie de déviation.

N^o 6. «Prévoir». — Le procédé graphique choisi rend la lecture de ce projet très difficile. Cette manière de présenter est insuffisante. L'examen général, en particulier celui de Péroles, de Tory, des Neigles, le raccordement déficient de Péroles, la disposition en ordre serré sur la colline de Tory, le double raccordement de la route de Payerne au Quartier d'Alt soulignent l'insuffisance de ce projet.

¹ Voir *Bulletin technique* du 29 janvier 1927, page 30.