

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 50 (1952)

Heft: 3

Artikel: La photogrammétrie aérienne dans la mensuration cadastrale officielle de Calonico [fin]

Autor: Pastorelli, Arturo

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-209192>

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: 11.07.2025

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

La Photogrammétrie aérienne dans la mensuration cadastrale officielle de Calónico

Arturo Pastorelli, ing. dipl., Lugano

(Fin)

En général la signalisation ne présente aucune difficulté, à condition bien entendu, qu'elle soit faite par des personnes compétentes et par des techniciens bien au courant des méthodes photogrammétriques. Celui qui fait ce travail doit pouvoir garantir une signalisation sûre et solide, en tenant aussi compte des ombres probables au moment du vol.

Notre levé comprenait aussi une région déjà remaniée auparavant et mesurée à l'aide de la méthode polaire-optique. Les points de polygones qui avaient servi pour ce levé furent aussi signalés, dans l'intention d'obtenir leurs restitutions autogrammétriques permettant d'en fixer les coordonnées et de les comparer ensuite avec celles des mêmes points calculés lors du levé polaire.

Pour les travaux de signalisation on organisa deux groupes comprenant chacun un technicien et deux aides. Le technicien devait surtout découvrir les points-limites, et avait à sa disposition le croquis d'abornement du nouvel état; c'est lui qui devait choisir la méthode la meilleure pour les signaler.

Un aide suivait avec une hotte dans laquelle il avait placé les cartons blancs, clous, marteau, piquets, couleur, etc., et le nécessaire pour l'effeuillage des arbres et des buissons. L'autre prenait soin de la pose des signaux sur les points-limites, sous la surveillance du technicien. Pendant cette opération on notait dans le croquis d'abornement même et avec des signes conventionnels, comment chaque point était signalé.

Il est évident que si l'on savait déjà lors de l'abornement des nouvelles parcelles que la mensuration sera faite à l'aide de la photogrammétrie, le géomètre pourrait fixer les points de limite, pour autant que possible et sans préjuger la bonne démarcation, en tenant compte des nécessités de la méthode spéciale du levé.

En travaillant de la sorte, chaque groupe a signalé 97 points par jour, le terrain étant en forte pente et les points assez éloignés les uns des autres.

Le total des points signalés est de 1850: on a utilisé 2000 cartons, (il faut toujours prévoir une certaine réserve) 5 kg. de clous, 2 kg. de couleur blanche à l'huile et fr. 96.— de piquets. Le transport de tout le matériel de Lugano a coûté fr. 150.— (environ 100 km.). La signalisation complète a demandé 19 jours de travail, comptés sur un seul groupe, avec 287 heures d'aides.

Le coût effectif du travail a été de 61 cts. par point, auquel on doit ajouter 21 cts. par point pour le matériel.

Le géomètre qui fait l'abornement est sûrement le mieux indiqué pour ce travail, puisqu'il connaît déjà la position des points qu'il faudra signaler. En tout cas il sera indispensable que les géomètres et les techniciens qui s'occupent de cette opération, soient parfaitement au courant des problèmes photogrammétriques et de la méthode employée.

L'instruction requise pourrait être obtenue, par exemple, à l'aide de cours de deux ou trois jours.

Les croquis d'abornement devront comprendre aussi les mesures de contrôle, effectuées pendant la démarcation même et qui faciliteront surtout la reconnaissance des points.

Vol, chambre de prise de vue

Le terrain à mesurer fut photographié à deux reprises: la première fois avec une chambre de prise «Wild» à plaques, format 13×13 cm, $f = 165$ mm, à une hauteur relative de vol d'env. 1000 m (échelle des photogrammes environ 1:6000^e), et d'après le système de prise de vues normales-convergentes; la deuxième fois on a procédé à l'aide de la chambre «Wild R.C.5», à films, format 18×18 cm, $f = 210$ mm, à une hauteur relative de vol d'environ 1300 m (échelle des photogrammes environ 1:6000^e) et d'après le système de prise de vues verticales. On a voulu ainsi expérimenter l'emploi des clichés et de films de différents formats et suivant différentes méthodes de prise.

Pour les levés de terrains en montagne, assez accidentés, nous donnons la préférence au premier système. En effet l'image des points signalés ressort mieux sur les plaques, et le système de prise de vues normales-convergentes nous semble le plus favorable (meilleure visibilité et nombre réduit des points de repères à déterminer). En outre le format 18×18 cm est trop grand pour des levés à grande échelle, pour des zones relativement petites et qui présentent une solution de continuité.

Pour l'orientation des photogrammes il est nécessaire de déterminer des points de repères trop éloignés des régions à restituer. La distance entre deux points de repère, rapportée sur le plan de restitution, dépasse souvent les 90-100 cm, déterminant ainsi une orientation difficile, très ennuyeuse et peu pratique. Il est parfois aussi nécessaire d'effectuer une

orientation préliminaire à l'échelle 1:2000^e. En outre le rapport base-hauteur de vol était assez défavorable.

Tous ces inconvénients sont encore plus évidents pour des levés à l'échelle 1:500^e, ainsi que nous avons eu souvent l'occasion de l'expérimenter.

Pour éliminer une partie de ces difficultés il faudrait survoler le terrain à une hauteur relative plus petite. Mais cela ne serait plus un travail rationnel, parce que le coût des levés augmenterait très vite.

Pour les levés à grande échelle, nous voyons la solution idéale du problème dans l'emploi d'une chambre de prise à plaques, format environ 15×15 cm, d'une focale d'environ 170 mm, et permettant aussi la prise de vues normales-convergentes, c'est-à-dire une chambre du type «Wild R.C.7», adaptée à la disposition de paires de plaques convergentes, qui seraient les bienvenues dans les régions de montagne.

Le rapport base-hauteur de vol devrait être compris entre 1:2–1:3.

Par contre l'emploi de films peut être assez avantageux pour des levés 1:2000^e et échelles plus petites, et quand il s'agit de survoler des zones à grande surface.

Détermination des points de repères

Il s'agit ici d'une opération purement géodésique, qui ne nécessite pas d'explications supplémentaires. Il serait très utile et intéressant si l'on pouvait choisir et signaler les points de repères et les points nécessaires à la mise à jour, encore avant le vol. Comme résultat direct on obtiendrait une précision supérieure. Mais pour que cela soit possible il faut que le plan de vol, préalablement établi, soit strictement observé: en montagne surtout il sera souvent assez difficile de satisfaire à cette condition. Un avion offrant une visibilité complète du terrain à lever permettra d'arriver au meilleur résultat.

Identification

Pour la reconnaissance et l'identification de Calónico on a travaillé sur des agrandissements photographiques 50×50 cm (échelle environ 1:1500^e). L'agrandissement s'est révélé trop faible: difficilement on arrivait à représenter avec une clarté suffisante, tous les détails demandés par les prescriptions et qui doivent figurer dans l'identification. Dans les prochains travaux il faudra prévoir un agrandissement supérieur (dimensions 65×65 cm, échelle environ 1:1200^e).

On n'insistera jamais trop sur l'importance de cette opération. Elle sera confiée exclusivement à des techniciens qui soient bien au courant du contenu d'un plan cadastral, du procédé photogrammétrique de restitution et aussi des possibilités offertes par l'appareil de restitution.

Après notre expérience de Calónico, voici en résumé nos constatations les plus importantes:

1. Pour les bâtiments il ne suffit pas de mesurer l'avant-toit, mais il faut aussi mesurer la longueur des murs (façades).

2. Les formes des bâtiments sur les agrandissements doivent être dessinées de façon exacte, de telle sorte que l'opérateur puisse se baser en toute confiance sur le dessin.

3. Pendant l'identification des arbres, piliers et autres objets d'une certaine hauteur, il faudra toujours se rendre exactement compte de l'ombre portée, afin d'en identifier avec certitude le pied.

4. Les limites extrêmes de la région identifiée sur un agrandissement doivent être respectées: on contrôlera toujours les raccords entre photographies contiguës en éclaircissant immédiatement les points douteux.

5. Les points-limites non signalés doivent figurer sur l'agrandissement avec des signes spéciaux.

6. On a constaté que souvent le technicien qui identifie a la tendance à dessiner des points-limites non visibles sur la photographie, comme s'ils l'étaient, en oubliant ainsi les mesures nécessaires pour leurs reconstructions.

Celui qui procède à l'identification sur le terrain ne doit jamais oublier que l'opérateur à l'appareil de restitution voit seulement ce que lui-même voit sur la photographie agrandie et rien de plus. Il est faux de croire qu'à l'autographe «on voit mieux et plus en détails».

7. Il est indispensable de mesurer l'épaisseur des murs.

8. Pour les routes et les chemins, il faudra indiquer la largeur, les rétrécissements et les élargissements.

9. On doit aussi indiquer la largeur des cours d'eaux, dans la limite du possible bien entendu, et surtout dans le cas de petits ruisseaux identifiés avec un simple trait bleu.

10. Dans les cas des piliers, treillis, etc., il faudra dessiner la forme du socle et en donner les dimensions.

11. L'identification des limites de culture est assez difficile et délicate, en particulier s'il s'agit des limites de forêts et autres régions boisées. Il faudra être assez prudent et toujours considérer l'ombre et la couronne des arbres.

12. Dans la règle les buissons ne sont pas identifiés et ne font pas l'objet de restitution. Font cependant exception les buissons recouvrant une grande surface, longeant une limite, ou bien limitant une culture particulière. A ce sujet il est impossible de fixer une règle rigoureuse et on fera appel dans chaque cas au bon jugement de l'opérateur.

13. Les distances de 3 à 8 m entre deux bornes, sont à mesurer directement à l'aide d'un ruban d'acier et même si les points sont clairement visibles sur la photographie. Il est connu que par la nature même de la photogrammétrie les courtes distances sont restituées à l'autographe avec une précision relative moindre que pour les longues distances. Ces mesures directes serviront à contrôler et éventuellement à améliorer la restitution photogrammétrique.

A Calonico on a eu un rendement de 6,7 ha par jour dans l'identification, y compris 400 m/ha de limite de culture. La densité de 400 m/ha pour les limites de culture représente un maximum qui donne une idée

de la difficulté du travail et qui est significative pour les communes montagnardes du Tessin.

Travaux à l'autographe «Wild A5»

La restitution a eu lieu sur des feuilles en aluminium recouvertes de papier à dessin blanc, de 1,3 mm d'épaisseur.

a) On a orienté et restitué des clichés et des films. Au cours de l'orientation et de la restitution des derniers on remarqua l'apparition de quelque parallaxe verticale dans le modèle optique, due sûrement aux déformations locales des films.

b) Le rendement fut de 3 ha/heure: la restitution comprenait la planimétrie y compris les limites de culture et les altitudes des points caractéristiques du terrain. La seule restitution des points-limites demanda 14 heures de travail, c.-à-d. qu'on restitua en moyenne 130 points par heure. Tous les points ont été piqués directement sur la feuille d'aluminium.

c) Les coordonnées des points de repères, des points choisis au préalable pour la mise à jour et des points de polygones existants, ont été lues directement à l'appareil de restitution. La double lecture des coordonnées de 20 points et leur régistration demanda une heure de temps.

d) Si les travaux de signalisation et d'identification sont l'objet de soins particuliers, on estime qu'environ le 1,5 % seulement des points-limites ne pourra pas être restitué: ces points seront ensuite relevés directement à l'aide de mesures complémentaires.

Calculs et vérification

Les coordonnées de 168 points, lues à l'autographe, furent transformées en coordonnées géographiques en appliquant les formules de transformation indiquées par W. K. Bachmann¹. L'erreur moyenne des erreurs résiduelles d'orientation des couples de clichés ou films sur lesquels on a lu les points, ont les valeurs suivantes:

pour les photogrammes 701/702	$my = \pm 11$ cm	$mx = \pm 11$ cm
pour les photogrammes 721/722	$my = \pm 11$ cm	$mx = \pm 13$ cm
pour les photogrammes 702/703	$my = \pm 26$ cm	$mx = \pm 16$ cm
pour les photogrammes 698/699	$my = \pm 4$ cm	$mx = \pm 5,5$ cm

Les différences moyennes entre les coordonnées de 26 points polygonométriques lues à l'autographe et ensuite transformées, et celles calculées dans un travail précédent à l'aide d'une polygonation par M. Biasca, sont:

pour les y ,	15,2 cm
pour les x ,	18,1 cm
pour les H ,	15,0 cm

La différence maximale est de 56 cm pour les y et de 30 cm pour les x . Il faut considérer ici que les polygonaux mesurés par le géomètre sont

¹ Publication de Prof. W. K. Bachmann «L'aéropolygonation», Lausanne, 1950.

Tableau 1 Entreprise: «Calonico»

Points	Coordonnées géodésiques		Coord. géodésiques rapp. au centre de gravité		Coord. de restitution en mm Echelle 1:4000		Coord. de restitution en m Echelle 1:1		Coord. de restitution, rapp. au centre de gravité		Coordonnées provisoires		$\varepsilon_y = Y' - (\eta') \text{ en m}$	$\varepsilon_x = X' - (\zeta') \text{ en m}$
	Y	X	Y'	X'	z	x	z	x	z'	x'	(η')	(ζ')		
$\Delta 9$	+108 515.92	— 55 181.39	—198.51	—275.61	39.30	24.97	157.20	99.88	— 65.99	—333.26	—198.63	—275.61	+0.12	+0.00
$P27'$	+108 980.04	— 54 881.82	+265.61	+ 23.96	14.84	160.91	59.36	643.64	—163.83	+210.50	+265.67	+23.84	—0.06	+0.12
$P35$	+108 771.20	— 54 668.35	+ 56.77	+237.43	89.53	159.18	358.12	636.72	+134.93	+203.58	+ 56.78	+237.54	—0.01	—0.11
$P15^*$	+108 590.57	— 54 891.56	—123.86	+ 14.22	79.52	88.08	318.08	352.32	+ 94.89	— 80.82	—123.83	+14.24	—0.03	—0.02
Sommes	+434 857.73	—219 623.12					+892.76	+1732.56						
Moyennes	+108 714.43	— 54 905.78	+ 0.01	± 0.00			+223.19	+433.14	± 0.00	± 0.00			+0.02	—0.01

Rotation provisoire: $\bar{\varphi}_0 = + 47^{\text{g}} 80^{\text{c}}$

$$(\eta') = - z' \sin \bar{\varphi}_0 + x' \cos \bar{\varphi}_0 \\ = - z' (0.682253) + x' (0.731115)$$

$$(\zeta') = + z' \cos \bar{\varphi}_0 + x' \sin \bar{\varphi}_0 \\ = + z' (0.731115) + x' (0.682253)$$

Rotation définitive: $\varphi = + 47^{\text{g}} 81^{\text{c}} 59^{\text{cc}}$

$$\eta' = (1 + \delta m) \cdot [-z' \sin \varphi + x' \cos \varphi]$$

$$\zeta' = (1 + \delta m) \cdot [+z' \cos \varphi + x' \sin \varphi]$$

$$\eta' = 0.9997700775 [-z' (0.682437) + x' (0.730945)]$$

$$\zeta' = 0.9997700775 [+z' (0.730945) + x' (0.682437)]$$

* Le cinquième point employé pour l'orientation était donné seulement en hauteur.

$$\varphi_{01} = Az \Delta 9 - P27' (z, x) - Az \Delta 9 - P27' (Y, X) = 47^{\text{g}} 82^{\text{c}} 29^{\text{cc}}$$

$$\varphi_{02} = Az P35 - P15 (z, x) - Az P35 - P15 (Y, X) = 47^{\text{g}} 78^{\text{c}} 28^{\text{cc}}$$

$$\bar{\varphi}_0 \cong \frac{\varphi_{01} + \varphi_{02}}{2} = + 47^{\text{g}} 80^{\text{c}}$$

$$\delta m = \frac{1}{1000} \delta M = 0.0002299225 \quad \left| \delta M = \frac{-[al]}{[aa]} = -0.2299225 \right|$$

$$\delta \varphi^{\text{cc}} = \frac{\rho^{\text{cc}}}{1000} \delta \Phi = + 159^{\text{cc}} \quad \left| \delta \Phi = \frac{-[bl]}{[aa]} = + 0.2499237 \right|$$

$$\varphi = \bar{\varphi}_0 + \delta \varphi = 47^{\text{g}} 81^{\text{c}} 59^{\text{cc}}$$

$$[aa] = \left[\frac{(\eta')}{1000} \cdot \frac{(\eta')}{1000} \right] + \left[\frac{(\zeta')}{1000} \cdot \frac{(\zeta')}{1000} \right] = + 0.2617495$$

$$-[al] = \left[\frac{(\eta')}{1000} \cdot \varepsilon_y \right] + \left[\frac{(\zeta')}{1000} \cdot \varepsilon_x \right] = -0.0601821$$

$$-[bl] = \left[\frac{(\zeta')}{1000} \cdot \varepsilon_y \right] + \left[\frac{(\eta')}{1000} \cdot \varepsilon_x \right] = + 0.0654174$$

Tableau 2 Entreprise: «Calonico»

Points	Coordonnées géodésiques		Coord. de restitution Echelle 1:4000		Coord. de restitution Echelle 1:1		Coord. de restitution rapp. au centre grav.		$\begin{cases} -z'\sin\varphi \\ +x'\cos\varphi \end{cases}$	$\begin{cases} +z'\cos\varphi \\ +x'\sin\varphi \end{cases}$	η'	ζ'	Coordonnées compensées		Erreurs résiduelles	
	Y	X	z en mm	x en mm	z en m	x en m	z' en m	x' en m					η	ζ	Y — η en m	X — ζ en m
$\Delta 9$	+108 515.92	—55 181.39					—65.99	—333.26	—198.56	—275.66	—198.51	—275.60	+108 515.92	—55 181.38	± 0.00	—0.01
P27	+108 980.04	—54 881.82	23.20	24.43	92.80	97.72	—130.39	—335.42	—156.19	—324.21	—156.15	—324.14	+108 980.04	—54 881.89	0.00	+0.07
P35	+108 771.20	—54 668.35	17.14	25.16	68.56	100.64	—154.63	—332.50	—137.51	—339.94	—137.48	—339.86	+108 771.14	—54 668.27	+0.06	—0.08
P15	+108 590.57	—54 891.56	20.21	10.64	80.84	42.56	—142.35	—390.58	—188.35	—370.60	—188.31	—370.51	+108 590.63	—54 891.58	—0.06	+0.02
$\mu y = \pm 4 \text{ cm}$ $\mu x = 5,5 \text{ cm}$			24.71	18.40	98.84	73.60	—124.35	—359.54	—177.94	—336.26	—177.90	—336.18	+108 558.28	—55 229.92		
	954		18.96	16.45	75.84	65.80	—147.35	—367.34	—167.95	—358.39	—167.91	—358.31	+108 576.95	—55 245.64		
	953		32.68	87.13	130.72	348.52	—92.47	—84.62	1.25	—125.34	1.25	—125.31	+108 526.12	—55 276.29		
	916		35.34	87.36	141.36	349.44	—81.83	—83.70	5.34	—116.93	5.34	—116.90	+108 536.53	—55 241.96		
	C5		40.27	88.54	161.08	354.16	—62.11	—78.98	15.34	—99.30	15.34	—99.28	+108 546.52	—55 264.09		
	C6		29.69	95.79	118.76	383.16	—104.43	—49.98	34.73	—110.44	34.72	—110.41	+108 715.68	—55 031.09		
	967		30.34	95.93	121.36	383.72	—101.83	—49.42	33.37	—108.16	33.36	—108.14	+108 709.09	—55 022.68		
	C7		32.58	97.97	130.32	391.88	—92.87	—41.26	33.22	—96.04	33.21	—96.02	+108 699.09	—55 005.06		
	C8		32.38	98.80	129.52	395.20	—93.67	—37.94	36.19	—94.36	36.18	—94.34	+108 749.15	—55 016.19		
	C9		35.01	98.80	140.04	395.20	—83.15	—37.94	29.01	—86.67	29.00	—86.65	+108 747.79	—55 013.92		
	C10		48.23	95.93	192.92	383.72	—30.27	—49.42	15.47	—55.85	15.47	—55.84	+108 750.61	—55 001.80		
	C11		44.06	101.31	176.24	405.24	—46.95	—27.90	11.65	—53.36	11.65	—53.35	+108 743.43	—55 000.12		
971		46.79	109.56	187.16	438.24	—36.03	—5.10	28.32	—22.86	28.31	—22.85	+108 698.96	—54 992.43			
969		0.62	6.38	2.48	25.52	—220.71	—407.62	—147.33	—439.50	—147.30	—439.40	+108 726.08	—54 961.62			
943													+108 742.74	—54 928.63		
C12													+108 567.13	—55 345.18		

assez défavorables à cause surtout de la nature et de la topographie du terrain. On y trouve en effet des côtés de 200 m environ et des erreurs de fermeture d'environ 1 m.

Dans le but d'examiner l'influence du procédé Bachmann dans la transformation des coordonnées avec réduction préalable au centre de gravité, dans un travail pratique, nous avons calculé les coordonnées d'une série de points appartenant à un couple de photogrammes d'après cette méthode et ensuite nous avons répété le même calcul suivant le procédé normal, c.-à-d. sans réduction au centre de gravité. Dans l'intention de rendre service au lecteur nous donnons un exemple des calculs effectués pour la transformation des coordonnées.

Transformation sans compensation

Formules:

$$Y = b - z \sin \varphi + x \cos \varphi$$

$$X = a + z \cos \varphi + x \sin \varphi$$

$$\varphi_1 = Az \Delta 9 - P27'(z, x) - Az \Delta 9 - P27'(Y, X) = 47^g 82' 29''$$

$$\varphi_2 = Az P35 - P15(z, x) - Az P35 - P15(Y, X) = 47^g 78' 28''$$

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 47^g 80^c 28^{cc}$$

Points	Y	X	z	x
$\Delta 9$	+108 515.92	-55 181.39	+157.20	+ 99.88
$P27'$	+108 980.04	-54 881.82	+ 59.36	+643.64

$$+ 108 515.92 = b_1 - 157.20 \times 0.682288 + 99.88 \times 0.731085$$

$$b_1 = + 108 550.15$$

$$+ 108 980.04 = b_2 - 59.36 \times 0.682288 + 643.64 \times 0.731085$$

$$b_2 = + 108 549.99$$

$$- 55 181.39 = a_1 + 157.20 \times 0.731085 + 99.88 \times 0.682288$$

$$a_1 = - 55 364.46$$

$$- 54 881.82 = a_2 + 59.36 \times 0.731085 + 643.64 \times 0.682288$$

$$a_2 = - 55 364.37$$

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = + 108 550.07 \quad a = \frac{a_1 + a_2}{2} = - 55 364.42$$

Dans les deux dernières colonnes du tableau 3, on trouve les différences entre les coordonnées des mêmes points, calculées une fois avec compensation (méthode Bachmann) et l'autre fois sans compensation.

Tableau 3

Points	Coord. de restitution Echelle 1:1		$\begin{cases} -z \sin \varphi \\ +x \cos \varphi \end{cases}$	$\begin{cases} +z \cos \varphi \\ +x \sin \varphi \end{cases}$	Coordonnées ne pas compensées		coordonnées compensées voir tableau 2		$\Delta y =$ $y - \eta$ en cm	$\Delta x =$ $X - \zeta$ en cm
	z en m	x en m			Y	X	η	ζ		
$\Delta 9$	157.20	99.88	— 34.23	+ 183.07	+ 108 515.84	— 55 181.35	+ 108 515.92	— 55 181.38	— 8	+ 3
$P27'$	59.36	643.64	+ 430.05	+ 482.55	+ 108 980.12	— 54 881.87	+ 108 980.04	— 54 881.89	+ 8	+ 2
$P35$	358.12	636.72	+ 221.16	+ 696.24	+ 108 771.23	— 54 668.18	+ 108 771.14	— 54 668.27	+ 11	+ 9
$P15$	318.08	352.32	+ 40.55	+ 472.93	+ 108 590.62	— 54 891.49	+ 108 590.63	— 54 891.58	— 1	+ 9
954	92.80	97.72	+ 8.13	+ 134.52	+ 108 558.20	— 55 229.90	+ 108 558.28	— 55 229.92	— 8	+ 2
953	68.56	100.64	+ 26.80	+ 118.79	+ 108 576.87	— 55 245.63	+ 108 576.95	— 55 245.64	— 8	+ 1
916	80.84	42.56	— 24.04	+ 88.14	+ 108 526.03	— 55 276.28	+ 108 526.12	— 55 276.29	— 9	+ 1
$C5$	98.84	73.60	— 13.63	+ 122.48	+ 108 536.44	— 55 241.94	+ 108 536.53	— 55 241.96	— 9	+ 2
$C6$	75.84	65.80	— 3.64	+ 100.34	+ 108 546.43	— 55 264.08	+ 108 546.52	— 55 264.09	— 9	+ 1
967	130.72	348.52	+ 165.61	+ 333.36	+ 108 715.68	— 55 031.06	+ 108 715.68	— 55 031.09	0	+ 3
$C7$	141.36	349.44	+ 159.02	+ 341.76	+ 108 709.09	— 55 022.66	+ 108 709.09	— 55 022.68	0	+ 2
$C8$	161.08	354.16	+ 149.02	+ 359.40	+ 108 699.09	— 55 005.02	+ 108 699.09	— 55 005.06	0	+ 4
$C9$	118.76	383.16	+ 199.09	+ 348.25	+ 108 749.16	— 55 016.17	+ 108 749.15	— 55 016.19	+ 1	+ 2
$C10$	121.36	383.72	+ 197.73	+ 350.53	+ 108 747.80	— 55 013.89	+ 108 747.79	— 55 013.92	+ 1	+ 3
$C11$	130.32	391.88	+ 197.58	+ 362.65	+ 108 747.65	— 55 001.77	+ 108 747.64	— 55 001.80	+ 1	+ 3
971	129.52	395.20	+ 200.55	+ 364.33	+ 108 750.62	— 55 000.09	+ 108 750.61	— 55 000.12	+ 1	+ 3
969	140.04	395.20	+ 193.38	+ 372.02	+ 108 743.45	— 54 992.40	+ 108 743.43	— 54 992.43	+ 2	+ 3
943	192.92	383.72	+ 148.90	+ 402.85	+ 108 698.97	— 54 961.57	+ 108 698.96	— 54 961.62	+ 1	+ 5
$C12$	176.24	405.24	+ 176.02	+ 405.34	+ 108 726.09	— 54 959.08	+ 108 726.08	— 54 959.13	+ 1	+ 5
942	187.16	438.24	+ 192.69	+ 435.84	+ 108 742.76	— 54 928.58	+ 108 742.74	— 54 928.63	+ 2	+ 5
$C21$	2.48	25.52	+ 16.97	+ 19.23	+ 108 567.04	— 55 345.19	+ 108 567.13	— 55 345.18	— 9	— 1

Le géomètre adjudicataire releva ensuite le village (agglomération) à l'échelle 1:500^e, en appuyant son levé sur les points de repères restitués et calculés à l'autographe.

Comme prévu ces travaux s'effectuèrent sans aucun inconvénient. Le géomètre mesura plusieurs polygonales pour le levé du détail de l'agglomération et leurs fermetures donnèrent pleine satisfaction: l'écart transversal moyen (Fs) est de ± 22 cm (tolérance moyenne 53 cm).

Pour ce qui concerne la vérification officielle du travail, faite par le service cantonal du cadastre, le lecteur trouvera toutes les données détaillées dans l'article de Mr. Solari «L'évolution de la photogrammétrie aérienne au service du cadastre».

Expériences et conclusions

Pour la première fois un cadastre officiel à l'échelle 1:1000^e a été établi à l'aide de la photogrammétrie aérienne. Nous sommes informés que d'autres applications du même genre ont lieu en Autriche et en Allemagne Occidentale.

Ayant mis nos expériences à dispositions d'autres Pays il sera intéressant de connaître les résultats obtenus à l'étranger. Evidemment avant d'exposer et de formuler des critiques définitives sur les qualités et avantages de cette nouvelle méthode et sur les résultats techniques et économiques obtenus, il faudra entreprendre le levé photogrammétrique d'autres Communes et augmenter les éléments d'étude et de comparaison.

En tout cas on peut affirmer que les résultats de Calonico ont été positifs. Les erreurs moyennes obtenues doivent être considérées comme maximales et elles seront sûrement améliorées dans les prochains travaux. Par contre l'économie réalisée sur le coût de la mensuration de 13 % doit être considérée un minimum.

En effet:

a) La répartition en îlots des régions à mesurer n'est pas la plus favorable pour la méthode photogrammétrique: l'exploitation des photographes dans la restitution n'est pas rationnelle.

b) Si l'on décide la mensuration d'une Commune à l'aide de la photogrammétrie, on choisira les points-limites en conséquence. La reconnaissance sur le terrain et la signalisation successive des points seront de beaucoup facilitées et tout de suite on réalisera une économie sensible sur le coût des travaux en campagne.

c) Il faudra employer de préférence, pour les régions de montagne, une chambre de prise à plaques, format environ 15×15 cm avec la possibilité d'exposer des prises normales-convergentes. Les opérations suivantes bénéficieront des avantages qui en résultent: la détermination des points de repères, l'identification, l'orientation des photographes à l'autographe et la meilleure visibilité en régions montagneuses.

En outre on évitera aussi la surprise bien désagréable de voir apparaître dans le modèle optique des parallaxes verticales dues aux déformations irrégulières des films.

d) Pour Calonico la détermination des points de repères a eu lieu seulement après le vol et en choisissant des objets caractéristiques du terrain et bien visibles sur les photographies (pierres, pointes de rocher, croisements de chemin, toits, murs, etc.).

Avec ce procédé on a l'avantage de pouvoir déterminer ces points exactement là où les nécessités de l'orientation des photogrammes l'exigent: par contre l'observation de ces points à l'autographe est souvent douteuse. Il ne faut pas oublier non plus la difficulté rencontrée assez souvent sur le terrain (surtout dans les régions montagneuses) pour le choix de ces points dont la position est fixée au préalable.

Dans la prochaine mensuration on essayera de démarquer et signaler ces points avant et de les choisir sur la base du plan de vol. On aura alors l'avantage de pouvoir disposer de toute une série de points bien visibles et d'un pointé précis.

Ce procédé exige naturellement une grande performance de l'équipe aérienne, laquelle devra voler exactement d'après les données du plan de vol.

e) Si les opérations de reconnaissance et d'identification sur des agrandissements 65×65 cm sont confiées à des techniciens compétents et consciencieux, on facilitera la restitution en augmentant la précision et en éliminant les cas douteux. Si nous considérons toutes ces observations il sera sans autre possible d'obtenir:

1. des erreurs résiduelles d'orientation ne dépassant pas les 10–15 cm;
2. une erreur moyenne absolue en planimétrie de ± 20 cm pour les points-limites;
3. une erreur moyenne locale relative de ± 15 cm aussi pour les points-limites;
4. une erreur moyenne sur les distances (5–40 m) de 12 cm.

Il faut noter que les erreurs moyennes obtenues par la vérification constituent la somme de toutes les erreurs partiales que l'on rencontre suivant le procédé exposé (transmission de l'autographe à la table de dessin, piquage des points-limites sur le plan original, lecture et report des points à l'aide du coordinatographe polaire, etc.).

Si l'on avait lu les coordonnées de tous les points à l'autographe et procédant ensuite à leur transformation (éliminant aussi l'erreur systématique), la comparaison avec les coordonnées déterminées directement sur le terrain aurait donné des résultats bien plus favorables (erreur moyenne de 6–8 cm). Mais avec ce procédé plus précis mais aussi plus cher, on augmenterait sensiblement le coût de la mensuration.

A cause de la valeur infime du terrain nous cherchions la méthode la plus économique.

Nous sommes persuadés que la précision obtenue est longuement suffisante.

Bien que les résultats de Calonico soient favorables et les erreurs obtenues inférieures aux tolérances de la mensuration cadastrale suisse, il sera facilement possible d'améliorer encore la méthode et prévoir à l'avenir l'application de la photogrammétrie aussi pour les mensurations des zones inférieures de l'instruction II.