

ANNUAIRE
DE LA
CORPORATION
DES
ARPENTEURS-GÉOMÈTRES
DE LA
PROVINCE DE QUÉBEC

1899

SOMMAIRE

	Pages
Compte-rendu de l'assemblée générale annuelle.	2
Rapport du Bureau de Direction.	8
État général des recettes et des dépenses.	11
" La tachéométrie de précision et les tachéomètres ", par J.-L. SANGUET	41
<i>Extract from a report on the " Sanguet tachometer ", by</i> R. STECKEL.	47

QUÉBEC

IMPRIMERIE DARVEAU
JOS. BEAUCHAMP, SUCCESSEUR
80, côte de la Montagne

1899

St

L'H

GEO. F.
C.-E. G.

F
J
T

LA CORPORATION
DES
ARPENTEURS-GÉOMÈTRES

DE LA
PROVINCE DE QUÉBEC

Incorporée en vertu de l'Acte 45 Vict., Chap. 16
1882

Statuts Refondus de la Province de Québec. Titre X, Chap. V,
1888

52 Vict., Chap. XLI
1889

L'HONORABLE COMMISSAIRE DE LA COLONISATION ET DES MINES

MEMBRE HONORAIRE

BUREAU DE DIRECTION

*Pour le triennat commençant au mois d'avril 1897-et finissant au mois
d'avril 1900*

W. McLEA WALBANK

PRÉSIDENT

GEO. P. ROY, 1er VICE-PRÉS.
C.-E. GAUVIN, SEC.-TRÉS.

D.-C. MORENCY, 2nd VICE-PRÉS.
J.-P.-B. CASGRAIN, SYNDIC.

MEMBRES DU BUREAU

F.-X. Genest,

J.-N. Gastonguay,

Thos. Breen,

John Sullivan,

J.-E. Sirois,

H. Irwin,

Arthur Smith.

H.-B. Tourigny,

J.-E. Mailhiot,

P.-C. Talbot,

G

le f

B.
Len
Gén
Léc
Lé-

de
me

géh

SEIZIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE
DE LA
CORPORATION DES ARPENTEURS GÉOMÈTRES
DE LA
PROVINCE DE QUÉBEC

*Tenue dans la grande salle des bureaux de la Corporation, dans le
palais du Gouvernement, à Québec.*

Mercredi, 12 avril 1899.

A 10.20 heures du matin, M. Geo.-P. Roy, vice-président, prend le fauteuil.

Sont présents : MM. D.-C. Morency, J.-A.-U. Béandry, J.-P.-B. Casgrain, John Sullivan, J.-E. Mailhiot, J.-E. Sirois, C.-E. Lemoine, N.-V. Lefrançois, J. Tremblay, F.-X. Fafard, F.-X. Gagné, H.-B. Tourigny, P.-C. Talbot, Ths. Breen, C.-E. Gauvin, Léonce Stein, W.-U. Gradlon, Geo.-B du Tremblay, P. Jobidon, L.-P. de Courval, E. Lantier, F.-O.-A. Legendre, P.-F.-X. Gagné.

M. le vice-président fait la lecture d'une lettre du président de la Corporation, M. Walbank, disant qu'il ne pourra probablement pas être présent à l'assemblée.

Le procès-verbal de la dernière assemblée générale (assemblée générale spéciale du 25 janvier 1899) est lu et adopté.

M. le Vice-Président lit le rapport fait par le Bureau de Direction aux membres de la Corporation pour l'année écoulée du 1^{er} avril 1898 au 31 mars 1899. (Appendice A, p. 9).

Après cette lecture, il est proposé par M. L.-P. de Courval, secondé par M. C.-E. Lemoine, et unanimement résolu :

“ Que le rapport du Bureau de Direction qui vient d'être lu par M. le Président de l'assemblée générale soit adopté.”

Le secrétaire-trésorier fait la lecture de l'état général des recettes et des dépenses pour l'année finissant le 31 mars 1899, Appendice B, p. 12) puis M. Beaudry, appuyé par M. de Courval, propose “ que le rapport du Trésorier soit adopté,” le dit rapport est unanimement adopté.

Il est ensuite proposé par M. G.-B. du Tremblay, secondé par M. J.-A. Tremblay :

“ Que, vu que les dépenses de la Corporation dépassent les revenus pour l'année, courante, il serait opportun pour le plus grand avantage de la Corporation de diminuer les dépenses générales afin d'augmenter les revenus de la Corporation et par là éviter toute augmentation dans la contribution annuelle des arpenteurs qui deviendra nécessaire pour combler les déficits qui paraissent être évidents pour les années à venir.”

A la suite de cette proposition, M. Sirois prend la parole, et après avoir exprimé son opinion touchant ce qui fait le sujet de la proposition de M. du Tremblay, il propose, appuyé par M. J.-E. Mailhiot :

“ Que la motion de M. du Tremblay soit rejetée comme non avenue.”

Cette dernière proposition est adoptée sur division, (12 pour, 8 contre) et celle de M. du Tremblay par conséquent rejetée.

Il est proposé par M. de Courval, appuyé par M. F.-X. Fafard :

“ Que l'article 4088 des Statuts Refondus soit amendé en changeant le nombre des membres actuels, qui est de quinze, à onze membres, et que l'article 4089 soit amendé en changeant le

nombre des membres du quorum à cinq au lieu de sept, nombre actuel."

Cette proposition est unanimement adoptée.

M. Beaudry se lève ensuite et prend la parole : il demande qu'on définisse dans la loi ce que c'est qu'une borne. Il désire qu'à une prochaine assemblée on définisse ce qu'on doit entendre par "borne".

La discussion s'engage à ce sujet, puis M. Casgrain, secondé par M. Sirois, propose l'ajournement de l'assemblée à l'après-midi du même jour.

DEUXIÈME SÉANCE

Le vice-président, M. Geo.-P. Roy, prend le fauteuil à 2.45 h. p. m.

Sont présents : MM. Morency, Mailhiot, Beaudry, Sirois, Breen, Sullivan (John), de Courval, Genest (P.-F.-X.), Fafard (F.-X.), Le François (N.-V.), Gauvin, Tourigny, du Tremblay (Geo.-B.), Legendre (F.-O.-A.), Genest (F.-X.), Talbot (P.-C.).

Sur proposition de M. D.-C. Morency, vice-président, secondé par M. J.-E. Sirois, il est unanimement résolu :

" Que les membres de cette Corporation, réunis en assemblée générale, ayant appris avec une profonde douleur le décès de leurs estimés confrères : M. le Lieutenant-Colonel J.-Geo. Bignell, de Québec ; M. James McArthur, de Aylmer ; M. J.-E.-A. Gignac, de Champlain ; et M. Romuald Têtu, de Montmagny, prient les familles respectives des regrettés défunts de vouloir bien accepter leurs condoléances, et que des copies de la présente résolution soient adressées à ces familles."

M. L.-P. de Courval, appuyé par M. C.-E. LeMoine, propose ensuite :

" Que le Bureau de Direction voie à ce que le Bureau des Examineurs, du nombre de cinq qu'il est actuellement, soit diminué au nombre de trois."

Cette proposition est unanimement adoptée.

M. L. P. de Courval propose aussi, appuyé par M. F. O. A. Legendre :

" Que le quorum des assemblées générales, de quinze qu'il est actuellement, soit réduit à onze."

Cette proposition est unanimement adoptée.

M. J. A.-U. Beaudry, de Montréal, communique ensuite à l'assemblée deux lettres qu'il a reçues de M. Clovis Leduc, de Montréal, lettres dans lesquelles celui-ci se plaint de MM. Henri L. Auclair, ingénieur civil, de Montréal, Onésime Brunet et Casimir Papineau, de Ste-Agathé-des-Monts, et Auguste William, de Ste-Julie-de-Verchères, qui pratiquent illégalement l'arpentage.

M. le président de l'assemblée fait, à haute voix, la lecture de ces deux lettres, puis une discussion s'élève à propos des moyens à prendre pour faire cesser ces abus.

Une fois la discussion terminée, M. de Courval, appuyé par M. Legendre, propose :

" Que cette assemblée est d'avis que le Bureau de Direction devrait sévir contre quelques-unes des personnes qui pratiquent illégalement l'arpentage."

Cette proposition est adoptée.

On discute ensuite certaines suggestions faites par M. Beaudry, pour amender l'art. 4091 des S. R. P. Q., puis M. Beaudry, appuyé par M. J.-E. Sirois, propose :

" Que, à l'art. 4091 de la Loi, après les mots " de Québec " dans la quatrième ligne, il soit ajouté : où dans tout autre endroit que peut choisir le Bureau de Direction."

Cette proposition est adoptée.

Il est ensuite proposé par M. John Sullivan, appuyé par M. J.-P.-B. Casgrain :

"That art. 4170 of the R. S. be amended, or an addenda be made thereto, empowering a Surveyor or his heirs to dispose of his greffe by selling or giving it to another Surveyor, or to a Notary if he thinks proper to do so."

M. F.-X. Fafard, appuyé par M. J.-E. Sirois, propose ensuite :

"Que, dans l'art. 4126 de la loi relative aux arpenteurs-géomètres et aux arpentages, le mot "interrompt" soit remplacé par les mots suivants : "interrompt d'une manière quelconque sans qu'il y ait besoin de voies de fait."

Cette proposition est adoptée.

Il est ensuite résolu unanimement : que, lorsqu'un plan est annexé à l'original d'un acte, une copie de ce plan soit enregistrée, à la manière des quittances, en même temps que l'acte, au bureau d'enregistrement, et que toute copie de tel acte soit accompagnée d'une copie authentique du dit plan.

M. J.-E. Sirois, appuyé par M. H.-B. Tourigny, propose que la présente assemblée se forme en comité général, avec quorum de sept, pour continuer ses délibérations.

Cette proposition étant adoptée, M. Roy quitte le fauteuil, puis M. Sirois est choisi, à l'unanimité, pour présider ledit comité général.

M. Sirois prend le fauteuil, puis les membres alors présents siègent en comité général. M. F.-O.-A. Legendre propose, secondé par J.-A.-U. Beaudry :

"Que les registrateurs soient tenus d'enregistrer, lorsqu'ils en seront requis, les procès-verbaux d'arpentages sur les lots affectés."

Cette proposition est unanimement adoptée.

Il est ensuite proposé par M. J.-P.-B. Casgrain, appuyé par M. F.-O.-A. Legendre, et unanimement adopté :

" Que les arpenteurs-géomètres aient le droit d'enregistrer, contre la propriété sur laquelle ils ont opéré comme arpenteurs, leurs comptes d'honoraires assermentés."

Proposé par M. F.-X. Fafard, secondé par M. F.-X. Genest :

" Que M. le Secrétaire-Trésorier soit autorisé à publier un rapport ou compte-rendu imprimé des délibérations de l'assemblée annuelle des arpenteurs-géomètres pour 1899."

Cette proposition est unanimement adoptée, puis l'assemblée est ajournée *sine die*.

APPENDICE A

RAPPORT DU BUREAU DE DIRECTION

Québec, 11 avril 1899.

AUX MEMBRES DE LA CORPORATION DES ARPENTEURS-GÉOMÈTRES
DE LA PROVINCE DE QUÉBEC.

Messieurs,

En conformité de l'art. 4195 des Statuts Refondus de la Province de Québec, votre Bureau de Direction a l'honneur de vous faire le rapport suivant de ses opérations, des questions qui lui ont été soumises, du résultat des examens et des autres affaires qu'il a eu à transiger ou à régler durant le cours de l'année expirée (du 1er avril 1898 au 31 mars 1899).

Le Bureau de Direction n'a pas eu à étudier un grand nombre de questions depuis la dernière assemblée générale annuelle, mais l'une de celles dont il a eu à s'occuper plus spécialement est de la plus grande importance pour la profession : il s'agit des amendements à apporter à la loi relative aux Arpenteurs-Géomètres et aux arpentages, (52 Vict. Ch. 41) amendements dont le besoin se fait sentir depuis longtemps déjà.

COMITÉ DE LÉGISLATION

Les amendements proposés par ce comité furent imprimés et un exemplaire en fut envoyé à chacun des membres de cette Corporation, avec un avis les priant de prendre communication des dits amendements et de vouloir bien les renvoyer au Secrétaire de la Corporation avec les remarques et les suggestions qu'ils croiraient devoir y faire.

A une assemblée générale spéciale des membres de cette Corporation convoquée pour le 25 janvier dernier, en vertu d'une résolution passée à l'assemblée générale du mois d'avril 1898, les dits amendements, après avoir été discutés et modifiés, furent adoptés puis adressés à l'hon. M. Turgeon, Commissaire de la Colonisation et des Mines, qui avait bien voulu se charger de les présenter lui-même ou de les faire présenter à la Législature Provinciale, si toutefois il jugeait le moment opportun de le faire.

L'hon. Commissaire, à la date 9 février dernier, nous informait, après considération, qu'il croyait inutile de presser cette législation, du moins pour le moment. C'est sur cet avis de l'hon. M. Turgeon que notre Bureau de Direction a cru devoir remettre à une prochaine session de la Législature provinciale la présentation du bill relatif aux dits amendements.

EXAMENS

A la dernière réunion du Bureau de Direction, en avril 1898, deux candidats, MM. G.-J. Lonergan, de Buckingham, et W.-A. Bowden, de Montréal, tous deux ingénieurs civils diplômés se sont présentés pour subir l'examen requis par la loi pour être admis à la pratique de l'arpentage, et ont reçu leurs diplômes d'arpenteur.

Cette année, à l'examen qui doit avoir lieu, un seul candidat a donné avis qu'il se présenterait pour subir son examen, et ce sera pour l'admission à la pratique.

ÉTAT DES FINANCES

L'état général des recettes et des dépenses pour l'année écoulée, du 1er avril 1898 au 31 mars 1899, constate que la balance en caisse à cette dernière date est de \$390.46 contre \$392.12 l'an dernier, accusant une différence de \$1.66 seulement entre les recettes et les dépenses de l'année expirée.

Le Bureau de Direction, à tout considérer, regarde ce résultat comme satisfaisant, ayant eu à faire cette année des dépenses assez considérables pour l'impression du rapport annuel de 1898,

et les copies des amendements à la loi pour distribution aux membres de la Corporation.

RAPPORT DE 1898

Conformément au désir exprimé par l'assemblée générale du mois d'avril 1898, votre Bureau de Direction a fait publier dans le dernier rapport annuel (1898) de la Corporation, en anglais et en français, la loi concernant les Ingénieurs civils sanctionnée le 5 janvier 1898, et, de plus, comme appendice au dit rapport, des extraits du Code de procédure civile et de diverses dispositions légales touchant le Cadastre, toutes lois dont la connaissance est indispensable aux Arpenteurs-Géomètres de la province de Québec.

Comme le nombre d'exemplaires de ce rapport est très limité, nous croyons devoir recommander aux membres de la Corporation de conserver avec soin les copies de ce rapport qui leur ont été adressées.

MEMBRES DÉCÉDÉS

Nous avons le regret d'avoir à enregistrer le décès, dans le cours de l'année, de quatre membres de la profession : M le lieutenant-colonel Bignell, décédé à Québec au mois de mai dernier ; M. J.-E. Gignac, de Champlain, M. James McArthur, de Aylmer, et M. Romuald Têtu, de Montmagny

Le tout respectueusement soumis.

Pour le Bureau de Direction.

(Signé) GEO. P. ROY,

Vice-Président.

Corporation des Arpenteurs-Géomètres

ETAT GÉNÉRAL DES RÉCETTES ET DES DÉPENSES

RECETTES			
	\$ cts.	\$ cts.	\$ cts.
Montant en caisse le 31 mars 1898			392 12
Contributions de 1898, dues le 1er nov. 1898	536 00		
Montant perçu pour arrérages de contributions	80 00		
TOTAL		616 00	
Honoraires payés par les aspirants à la pratique	100 00	100 00	
“ pour enregistrement de brevets	2 00		
“ pour avis de présentation à l'examen d'avril 1898	1 00		
“ pour enregistrement de diplômes	8 00		
“ pour étalon de mesure	0 50		
“ pour certificats autorisant à pratiquer	8 00		
“ pour divers documents	0 25		
TOTAL des sommes perçues de diverses sources		19 75	
Intérêts sur dépôts en banque, au 30 avril 1898		5 98	
Montant déposé par M. Breen		5 60	
“ “ M. Lonergan		0 25	
GRAND TOTAL DES RECETTES			747 58
			1139 70

E. & O. E., Québec, 11 avril 1899.

(Signé) D. C. MORENCY,

Vice-Président.

(Signé) OHS-ED. GAUVIN,

Secrétaire-Trésorier.

mètres de la Province de Québec.

POUR L'ANNÉE FINISSANT LE 31 MARS 1899.

DÉPENSES		
Salaire du Secrétaire-Trésorier		291 66
SESSION D'AVRIL 1898 :		
Honoraires payés aux Examineurs	166 00	
Honoraires payés aux Membres du Bureau	118 00	
Frais de voyages remboursés	33 20	
Salaire du messenger	8 00	
TOTAL		325 20
IMPRESSIONS :		
Rapport annuel, 1898	49 00	
Tableau de 1899	21 00	
Divers (circulaires, enveloppes, etc.)	7 50	
Amendements projetés à la loi (200 copies)	10 00	
TOTAL		87 50
Papeterie	5 35	
Avis dans la " Gazette Officielle "	2 87	
Timbres-poste	20 50	
Dépenses diverses (entretien des bureaux, etc.)	5 56	
Montant payé à P. Langlais	5 60	
Montant remboursé à H. Johnson	5 00	
GRAND TOTAL DES DÉPENSES		749 24
Balance en caisse le 31 mars 1899		390 46
		1139 70

Vérifié et trouvé correct,

Québec, 11 avril 1899.

(Signé)

{	H. B. TOURIGNY,	}	Auditeurs.
{	THS. BREEN.	}	

LA TACHÉOMÉTRIE DE PRÉCISION

ET LES

TACHÉOMÈTRES.

I

LA TACHÉOMÉTRIE ET SES APPLICATIONS.

Origine de la tachéométrie.—De toutes les opérations élémentaires mises en œuvre par les diverses méthodes de lever de plans ou d'arpentage, la plus fastidieuse en même temps que la moins sûre, est sans contredit le mesurage des distances. Aussi a-t-on toujours cherché à réduire de plus en plus le nombre des lignes à mesurer, soit en modifiant les méthodes, soit en donnant plus d'extension à l'emploi des instruments goniométriques dont la construction a, d'ailleurs, été grandement perfectionnée.

Mais, si ces expédients rendent moins pénibles les opérations sur le terrain, ils offrent l'inconvénient de compliquer notablement les travaux de bureau, surtout lorsque les résultats doivent être fournis par les calculs numériques et non par des procédés graphiques.

Supprimer totalement le chainage des lignes et créer une méthode générale, ne demandant, pour s'adapter à tous les cas, que de légères variantes permettant d'obtenir tantôt une plus grande précision dans les résultats, tantôt plus de célérité dans l'exécution : tel est le but idéal vers lequel ont tendu beaucoup de topographes et de géomètres distingués.

La lunette micrométrique combinée avec une stadia ou mire parlante, a permis de supprimer le chaînage dans une foule d'opérations. Dès le commencement de ce siècle, elle fut appliquée par les ingénieurs géographes français, soit à la boussole, soit à l'alidade de la planchette ; quelques géomètres du cadastre essayèrent aussi, à la même époque, d'en faire usage dans le lever des plans parcellaires.

Quant à la méthode de lever, celle dite par *rayonnement* ou des *coordonnées polaires*, s'imposait d'elle-même à quiconque voulait faire usage d'un instrument muni d'une lunette micrométrique.

En effet, la mesure de la distance qui sépare l'instrument de la stadia ne demande que quelques secondes de temps, tandis que le transport et la mise en station d'un instrument sur un nouveau point demande de 6 à 10 minutes ; on est donc amené, presque instinctivement, à mesurer de la même station le plus grand nombre possible de distances. Et, puisque l'instrument donne en même temps, numériquement ou graphiquement, la mesure des angles horizontaux et verticaux, la position d'un point est définie par les trois coordonnées polaires de ce point.

Dans les levés topographiques appuyés sur une triangulation, le procédé de la stadia n'était guère employé que pour lever les détails de la carte : les points de stations étaient généralement déterminés par intersection, par recoupement ou par relèvement à l'aide de la planchette ou de la boussole.

Dans les levés exécutés sans triangulation préalable, où les points de stations sont déterminés successivement par cheminement, la lunette micrométrique et la stadia servaient en outre à vérifier le chaînage des distances entre stations ou côtés de cheminement, de façon à mettre l'opérateur en garde contre les erreurs grossières, telles que : erreur sur le nombre de chaînes, fausse lecture, etc.

Plus tard, un savant officier supérieur du génie piémontais, M. Porro, perfectionna la lunette micrométrique d'un théodolite de forme particulière qu'il appela " tachéomètre ", et présenta la

méthode par rayonnement, légèrement modifiée, sous le nom de "tachéométric".

M. Moinot, ingénieur, chef des études à la compagnie, d'Orléans, trouvant l'instrument trop délicat et la méthode trop compliquée, adapta la lunette de Porro à un théodolite ordinaire, reprit la combinaison du lever par rayonnement appuyé sur un cheminement, mais en remplaçant le chainage des côtés par un double mesurage à la stadia : la Tachéométrie expéditive était fondée.

Appliquée sur une très grande échelle, tant en France qu'à l'Étranger, notamment par M. Moinot, et, ensuite, par un certain nombre d'autres opérateurs français, cette méthode a permis d'aborder et d'exécuter rapidement les études des voies de communication dans les terrains les plus variés et les plus difficiles. Avec son aide, on obtient très facilement le modèle du terrain que l'ancienne méthode des profils en travers ne fournit qu'imparfaitement, même en nivelant un plus grand nombre de points.

Applications diverses de la Tachéométrie. — La tachéométrie offre de si grands avantages dans le lever des plans topographiques à petite échelle, qu'aucun opérateur l'ayant pratiquée pendant une campagne, ne peut résister au désir de l'appliquer également à l'arpentage et aux levés de précision.

A la vérité, ce sentiment s'explique facilement. Les antiques instruments à pinnules ont fait leur temps ; or, au moment qu'il faut installer un instrument goniométrique de précision sur un sommet d'angle, pourquoi n'utiliserait-on pas sa lunette pour mesurer les lignes en même temps que les angles qu'elles forment ? Puis, au lieu d'abaisser sur les côtés du cheminement un certain nombre de perpendiculaires qu'il faudra ensuite jalonner et chaîner, pourquoi ne pas relever par rayonnement les différents points visibles de chaque sommet ? On supprimerait ainsi du même coup la chaîne et les jalons, et les opérations deviendraient à la fois plus faciles et plus expéditives.

Aussi, tous ceux qui ont écrit sur la tachéométrie déclarent-

ils à l'unisson que la méthode est applicable, avec les mêmes avantages, à tous les genres de lever indistinctement.

Ainsi Moinot dit, page 121 de sa brochure "Levés des plans à la Stadia":

"Le lever à la stadia présente sur les autres procédés des avantages évidents au point de vue de la célérité des opérations, surtout lorsqu'il s'agit de polygones irréguliers. Comme on opère par rayons partant d'un même point, le calcul des surfaces est très simplifié.

Et page 123 :

"J'ai suivi les opérations cadastrales pendant dix ans; il m'est facile de comparer les méthodes usuelles avec celle qui aurait pour principe la stadia. J'ai la conviction que la dernière donnerait des résultats plus exacts et avec moins de frais."

En France quelques agents des compagnies de chemin de fer tentèrent, dès 1870, de lever au tachéomètre les plans parcellaires sur lesquels on doit évaluer les surfaces des terrains à acquérir.

En Tunisie, les règlements du Service topographique en vigueur depuis 1886, autorisent les géomètres à lever au tachéomètre les plans des propriétés à immatriculer.

En Italie, les règlements de 1889 sur l'exécution du cadastre autorisent aussi l'emploi du tachéomètre et même celui de la planchette tachéométrique.

Le tachéomètre et la tachéométrie ont ainsi trouvé des champs d'expériences très variés; leurs avantages dans les levés planimétriques de précision ont pu être appréciés, discutés, pesés

En un mot, l'expérience a parlé.

Mais elle a parlé pour condamner à la fois la tachéométrie et le tachéomètre qui ont rendu et rendent encore de si grands services dans les études d'avants-projets. Elle a démontré que la tachéométrie expéditive et la tachéométrie de précision sont deux méthodes distinctes, et que les instruments appropriés à la première sont absolument insuffisants pour la seconde.

L'emploi du tachéomètre Porro-Moinot-Richer est interdit dans le lever des plans parcellaires de chemin de fer. Les géomètres du service topographique de Tunisie, soucieux avant tout d'obtenir la précision exigée par les règlements, mesurent les distances avec le ruban d'acier, "partout où le chaînage est possible" et le même tachéomètre, soi-disant perfectionné par le colonel Goulier, n'est plus entre leurs mains qu'un instrument géométrique avec lequel on mesure éventuellement une distance "quand le chaînage est impossible."

Les topographes du Service géographique de l'Armée chaînent toujours les côtés de cheminement déjà mesurés avec le tachéomètre en même temps que les angles.

En Italie, la tolérance accordée par le règlement primitif, dans la vérification des plans levés au tachéomètre, n'a pas suffi : une modification de 1897 l'a élevée d'un tiers, et son taux actuel est à peu près double de celui accordé dans les autres cadastres modernes où le tachéomètre n'est pas employé.

Les deux tachéométries. — Pour s'expliquer l'échec subi par le tachéomètre ordinaire dans ses diverses applications aux levés de précision, il suffit de comparer les résultats que l'on a en vue dans les deux tachéométries.

Dans la *tachéométrie expéditive*, on cherche à définir et représenter, le plus fidèlement possible, le relief du sol. La planimétrie passe au second plan ; on lui demande bien la position des chemins, cours d'eau et constructions compris dans la zone de terrain relevée ; mais on se contente de prendre, de distance en distance, un point sur l'axe *apparent* du chemin ou du ruisseau, en négligeant les sinuosités qui deviendraient invisibles sur un plan à petite échelle. Pour les maisons, on lève à la stadia les extrémités de "la façade qui regarde le tracé et l'on complète le lever à la chaîné ou au pas" (V. Moinot, page 86).

Quant aux points nivelés entre les chemins et cours d'eau, il importe peu que leur projection sur un plan horizontal soit exactement déterminé, la position d'une courbe de niveau ou du tracé

provisoire sur le plan résultant toujours d'une sorte de moyenne entre plusieurs côtes environnantes.

On admet même qu'une erreur de 10 mètres sur la distance d'un point à l'instrument est sans influence sur la cote de ce point : la cote étant fonction de la distance, on suppose que la mire a été placée 10 mètres plus loin ou plus près (1).

Si l'on considère, d'autre part, que les principales sinuosités des chemins et cours d'eau sont définis par des points choisis *ad libitum*, on tirera facilement cette conclusion que, sauf pour l'amorce des maisons, les porte-mires ne rencontrent jamais de *points obligés* : aussi leur donne-t-on pour consigne de toujours se placer de manière à être vus de l'instrument. Dans les broussailles, ils démasquent la mire en élevant son talon à la hauteur de la ceinture, et crient à l'opérateur : "ajoutez un mètre."

L'opérateur pointe sa lunette sur la mire d'une manière approximative, sans faire usage des vis de rappel ; évalue les distances seulement en mètres, sans fraction ; lit les angles sans loupe, à quelques centigrades près. Son adjoint, ou teneur de carnet, inscrit toutes les lectures sans les répéter à haute voix pour collationnement, au risque de les avoir mal entendues ou mal écrites (Moinot, page 77).

Le chef de brigade fait au crayon un croquis plus ou moins informe sur un calepin. Il y figure grossièrement les chemins, les cours d'eau et les constructions. Les points nivelés qui n'intéressent pas la planimétrie, y sont *semés* au hasard : *le rapporteur les mettra en place sur le plan.*

Parfois, c'est même de loin, assis sur la boîte capitonnée du tachéomètre, qu'il fait son croquis, amorçant par deux traits un chemin ou un ruisseau quand le porte mire en place crie "chemin" ou "ruisseau", au lieu de diriger lui-même les porte-mires et de leur faire lever les lignes caractéristiques du sol.

Moinot dit, page 77, "les observations se succèdent avec une rapidité telle, que l'on suit à peine l'observateur pour l'inscription

(1) Cette cote appartient en effet à un point de la surface du sol, si cette surface est à peu près parallèle à la lunette de l'instrument.

des mesures" : il serait plus exact de dire que, pour obtenir le maximum de célérité dans les opérations, on doit se contenter de lectures approximatives non contrôlées, et de lever les points que les porte-mires choisissent selon leur bon plaisir.

Au bureau, les travaux de calcul et de dessin ne sont pas exécutés avec plus de minutie ; les réductions à l'horizon des distances lues sur la mire et les différences de niveau sont obtenues à l'aide de la règle logarithmique, et l'on doit calculer environ 200 points à l'heure (Moinot, p. 121).

Les calculs relatifs aux points de détail ne sont presque jamais vérifiés, pas plus que le rapport de ces points.

Si une cote *hurle* au milieu de plusieurs autres, on la vérifie et, si l'on ne découvre aucune faute de calcul, on la biffe purement et simplement (Moinot, p. 105).

On conçoit aisément qu'avec une telle *liberté d'allure*, sur le terrain et au bureau, on puisse atteindre une très grande vitesse dans l'exécution.

Toutefois, il est juste de reconnaître avec Moinot que les plans tachéométriques dressés dans ces conditions sont encore plus exacts, dans leur ensemble, et définissent plus correctement la forme du terrain, que ceux obtenus au moyen de profils levés par les méthodes classiques.

En effet, dans la méthode tachéométrique chaque point levé est indépendant de tous les autres : une erreur sur l'un d'eux reste localisée et n'entache en rien la cote ni la position des autres points. Tandis qu'une erreur commise sur un profil, se répercute ordinairement sur tous les points levés ou nivelés ensuite sur ce profil.

Examinons maintenant les conditions imposées à la *Tachéométrie de précision*.

Cette fois c'est la planimétrie qui est le but principal sinon unique du lever, et c'est l'altimétrie qui passe au second plan. Neuf fois sur dix, le nivellement est même complètement omis comme inutile.

Il n'est plus permis de figurer les chemins et les ruisseaux

d'après quelques points levés approximativement sur leur axe apparent. Chaque bord formant une limite qui peut devenir l'objet d'une contestation, ses moindres sinuosités doivent être relevées.

Dans l'intérieur des grands polygones formé par l'enchevêtrement des voies de communications, des cours d'eau et autres divisions naturelles, des centaines de parcelles se partagent ces espaces plus ou moins grands, et ce sont précisément les limites de ces parcelles de propriété qu'il s'agit de représenter exactement sur le plan.

Chaque borne, pied cornier ou piquet servant à définir ces limites, doit être relevé avec précision, afin de pouvoir être remis en place en cas de disparition.

Tous les points à relever sont donc obligés, et les porte-mire n'ont plus le loisir de les choisir eux-mêmes.

En outre, il ne suffit pas de déterminer exactement la position d'un point: il faut encore savoir auxquels de ces voisins ce point doit être *joint* pour constituer la limite à laquelle il appartient.

Pour ce motif, le croquis doit être aussi complet que le plan lui-même; clair et facile à interpréter, dans l'avenir comme dans présent, par toute personne compétente. Il doit représenter au moyen de signes conventionnels, la nature des objets servant de borne, celle des clôtures quand il en existe et, dans ce cas, indiquer si ces clôtures sont mitoyennes ou non.

Le croquis aura naturellement plus d'autorité que le plan qui n'en est que la copie mise à l'échelle; il doit donc être dessiné à la plume avec de l'encre de Chine sur le terrain même. Il est évident que pour faire un tel croquis, le géomètre doit parcourir chaque limite, la reconnaître et la *définir géométriquement* par des points bien choisis à défaut de bornes en nombre suffisant.

Au lieu de lancer à travers champs et de suivre des yeux une escouade de 4, 6 ou 8 porte-mires chargés de *donner des points à l'opérateur*; le chef de brigade est suivi de deux porte-mires seulement, indique à chacun l'endroit précis où il doit placer et tenir sa mire immobile et bien verticale.

On voit que la tâche du géomètre est ici autrement difficile que celle du chef de brigade dans la tachéométrie expéditive. Mais ce n'est pas tout : les opérations cadastrales sont vérifiées par des agents administratifs et, dans une certaine mesure, par les propriétaires mis en demeure d'en approuver ou contester les résultats dans un délai déterminé. Il en est de même dans les plans parcellaires de chemins de fer.

Dans la géométrie civile, le plan d'un terrain est parfois destiné à l'architecte chargé de la construction d'une maison de rapport, ou à l'ingénieur chargé de la construction d'une usine : les erreurs seront fatalement dévoilées lors de l'implantation des constructions. Une autre fois c'est la surface exacte d'une propriété que le géomètre de l'acquéreur doit évaluer, et son résultat sera vérifié par le géomètre vendeur.

Souvent enfin, c'est une délimitation et un bornage qu'il s'agit d'exécuter et de constater par un plan et un procès-verbal.

Dans tous les cas, une erreur peut avoir des conséquences redoutables, et le géomètre, civilement responsable de ses travaux, peut être tenu à réparer les dommages causés par sa faute. Donc, autant par intérêt que par amour propre, le géomètre civil ne signe jamais un plan ni un rapport quelconque avant de s'être assuré qu'il a obtenu la précision requise et qu'aucune faute ou erreur grossière n'a pu lui échapper.

De même le géomètre du cadastre a tout intérêt à ne pas s'exposer à rectifier ou refaire ses plans après la vérification officielle.

Par conséquent, il faut faire un croquis très correct et obtenir des mesures *précises et certaines*.

Sans doute la précision ne peut être que relative : mais tandis que le tachéométriste se contente de prendre des distances à 1 mètre près dans la tachéométrie expéditive, le géomètre du cadastre doit les fournir à 1, 2 ou 3 décimètres près, et le géomètre civil désire souvent les obtenir à 1, 2 ou 3 centimètres près.

Quant à la *certitude* elle doit être absolue, car il est indispensable de pouvoir s'assurer et affirmer qu'aucune faute de lec-

ture, d'inscription ou de calcul n'est venue s'ajouter aux petites incertitudes ou erreurs inévitables que l'on doit tolérer sur les diverses mesures d'angles ou de distances.

Il faut donc examiner :

1° Si les tachéomètres connus peuvent fournir la *précision* et la *certitude* indispensables ;

2° Si ce double résultat peut être obtenu avec assez de célérité pour que la méthode mérite encore le nom de tachéométrie ;

3° Enfin, si la tachéométrie de précision présente des avantages incontestables sur les autres méthodes.

II.

LES TACHÉOMÈTRES ORDINAIRES

OU A

LUNETTE MICROMÉTRIQUE.

Au premier rang par ordre chronologique, il faut citer les instruments dont la lunette est munie de fils micrométriques, déjà employés en France au commencement du siècle : le nom (tachéomètre) n'était pas encore inventé, mais la chose n'existait pas moins.

La lunette micrométrique (ou "à stadia" comme on l'appelle quelquefois — à tort, puisque le mot stadia désigne la mire,) est trop connue pour qu'il soit utile d'en faire la description. Il suffira de rappeler que le micromètre se compose ordinairement de deux fils horizontaux ajoutés aux deux fils en croix qui se trouvent dans toutes les lunettes d'instruments topographiques.

L'écartement des deux fils micrométriques peut être réglé, au moyen de deux vis spéciales de manière à correspondre à $\frac{1}{100}$ ou $\frac{1}{200}$ de la longueur focale de l'objectif ; de sorte que la longueur de mire comprise entre les points où se projettent les deux fils, est elle-même le $\frac{1}{100}$ ou le $\frac{1}{200}$ de la distance de l'objectif à la mire, si celle-ci est tenue perpendiculairement à l'axe optique de la lunette.

Mais ce rapport de la longueur de la mire à la distance n'est exact que pour la distance à laquelle l'écartement des fils a été réglé, car l'intervalle entre les fils et l'objectif diminue quand la mire s'éloigne et augmente quand la mire se rapproche. On rend ce rapport constant pour toutes les distances à mesurer en comptant celles-ci non pas de l'objectif mais de son foyer antérieur, c'est-à-dire, en faisant

$$D = ah + b \quad (1)$$

D exprimant la distance de l'axe vertical de l'instrument à la mire tenue perpendiculairement à la lunette ; a le dénominateur de la fraction choisie lors du réglage de l'écartement des fils ; h la partie de mire embrassée par les deux fils ; et b la distance de l'axe de rotation de la lunette au foyer antérieur de l'objectif.

Si la mire est verticale tandis que la lunette est inclinée d'un angle α sur l'horizon, la distance horizontale de l'instrument à la verticale occupée par la mire est donnée par la relation.

$$D = ah \cos^2 \alpha + b \cos \alpha \quad (2)$$

Le second terme de cette formule disparaît si l'on fait usage d'une lunette munie de la lentille anallatique imaginée par Porro, laquelle ramène l'origine des distances à l'intérieur de la lunette, presque à la rencontre de son axe de rotation avec son axe optique.

Mais cette simplification n'est obtenue qu'au détriment de la netteté et de la puissance de la lunette ; car, en effet, la lentille supplémentaire dont il s'agit étant placée près du foyer de l'objectif, les impuretés de ses surfaces grossières par l'oculaire, jettent une espèce de voile sur l'image de la mire.

D'autre part si l'on considère que, dans la pratique, le terme

$b \cos. \alpha$ varie à peine de 0,^m 05 soit 0.16 p., on voit qu'il n'y a pas d'inconvénient à remplacer ce terme par une constante correspondant à une inclinaison moyenne de la lunette.

Les avantages de la lentille anallatique sont donc bien atténués surtout si l'on fait usage d'une mire permettant d'ajouter mécaniquement cette constante, ainsi que cela se pratique depuis cinquante ans et plus en France et même en Italie, patrie de Porro. Il n'est donc pas surprenant de voir, dans bien des pays, des opérateurs préférer l'ancienne lunette micrométrique à la lunette anallatique qui, à dimensions égales, est moins puissante que la première.

La lentille de Porro offre pourtant un avantage qui n'est pas à dédaigner : c'est la possibilité de remplacer les fils d'araignée toujours trop fragiles par des traits tracés au diamant sur une lame de verre à faces parallèles. Il devient alors très facile d'assurer l'exacte symétrie des traits micrométriques par rapport au trait axial et un léger déplacement de la lentille anallatique suffit pour rectifier la valeur du rapport α résultant de l'écartement des mêmes traits.

Précision. — Les tachéomètres ou théodolites à lunette micrométrique permettent-ils de mesurer les distances avec toute l'exactitude requise dans les levés de précision ? Nous avons répondu par avance à cette question, en montrant que les tolérances accordées dans les levés cadastraux sont notablement plus fortes pour les distances mesurées au moyen de tachéomètres ordinaires que pour celles mesurées à la chaîne.

Le colonel Lehagre, dans son excellent traité de topographie, tome I, page 304, dit textuellement ceci, qui confirme ce que nous avons dit plus haut :

“ Quant à la précision que l'enthymètre (combiné avec le tachéomètre Goulier) permet d'obtenir dans la mesure des distances, elle est peut-être légèrement inférieure à celle que donne la chaîne. Aussi en général emploie-t-on simultanément les deux modes de mesures au moins pour les cheminements principaux.”

De son côté un tachéomètreur consommé, M. Pons, dit dans la préface de ses *tables tachéométriques*.

“ Nous avons arrêté au décimètre le calcul des sinus carrés : il serait en effet peu logique de calculer en centimètres les distances que l'instrument ne peut donner qu'à 0.50 ou 1 mètre près.”

D'où vient donc l'incertitude des mesures obtenues avec la lunette micrométrique ? De diverses causes dont voici les principales :

- 1° — erreur de pointé sur la mire ;
- 2° — erreur de lecture commise dans l'évaluation (par estime) des fractions d'une division de la mire ;
- 3° — erreur résultant de la parallaxe des fils micrométriques ou la difficulté de les mettre correctement au point tous en même temps ;
- 4° — variation de l'écartement apparent des fils ou traits, lorsque les rayons solaires, directs ou réfléchis, modifient les conditions normales de l'éclairage du réticule ;
- 5° — défaut de verticalité du plan des divisions de la mire.

Nous négligeons à dessein les erreurs des divisions de la mire et les erreurs d'étalement, qu'il est facile d'éviter ou de corriger après coup.

Les deux premières erreurs sont à peu près *inversement* proportionnelles au grossissement de la lunette et au rapport a ; tandis que la troisième est *directement* proportionnelle à ces deux données, d'où un cercle vicieux duquel Porro a cherché à sortir au moyen d'un oculaire spécial qui ne paraît pas s'être beaucoup répandu.

Deux mots sur la quatrième cause d'erreur, avant de parler de la troisième, qui demandera quelques développements.

La verticalité de la mire, dont on s'occupe fort peu dans la tachéométrie expéditive, peut être assurée par un niveau sphérique canvenablement ajusté et dont le rayon de courbure ne soit pas inférieur à 3 p. Un niveau de cette sensibilité permet facilement au porte-mire muni d'un bâton ferré ou arc-boutant, de

placer et maintenir la mire dans une position qui ne s'écarte pas de la verticalité de plus de 3 à 4', soit de $\frac{1}{1000}$ de la hauteur de mire.

La quatrième cause d'erreur qui, croyons-nous, n'avait été signalée dans aucun ouvrage avant de l'être dans le remarquable *Traité de Topographie* de M. Prévot (voir tome I, page 240) varie en grandeur dans le cours de la même journée, en même temps que l'angle que fait la lunette avec le vertical du soleil, et avec la différence d'inclinaison de la lunette et des rayons solaires.

On pourra objecter, il est vrai, que cette erreur ne se manifeste que lorsque la mire est vue par l'opérateur dans un angle plus petit que 40 à 45° à droite ou à gauche de la direction du soleil; et que la zone dangereuse n'embrasse guère que le quart de la surface levée de chaque station. Mais n'est-ce pas encore beaucoup trop, et peut-on admettre une tolérance plus grande pour les points situés dans cette zone dont l'orientation varie à chaque station avec l'azimut du Soleil ?

Ce n'est pas tout : un mur, une surface blanche quelconque peuvent réfléchir vers l'instrument les rayons solaires et créer ainsi autant de zones dangereuses qu'il y a de surfaces réfléchissantes. Nous ne pensons pas qu'il vienne jamais à l'idée d'un opérateur de dresser des tables de correction s'adaptant à des conditions aussi variables.

Pourtant, dans des expériences officielles, un opérateur a constaté que l'erreur dont il s'agit — et dont il ignorait la cause —

atteignait souvent $\frac{D}{160}$ (1)

Nous avons dit que l'erreur qui nous occupe n'a été signalée

(1) Cet opérateur nous exposait son étonnement de voir les distances mesurées en avant systématiquement plus longues dans certains chemine-
ments, et plus courtes dans d'autres, que les mêmes mesurées en arrière
dans les observations réciproques. Après nous être assuré que les che-
minements signalés avaient été levés par un beau temps ensoleillé, il nous
a été facile, au vu du canevas, de dire à quel moment de la journée chaque
station avait été faite : la comparaison avec l'heure marquée au carnet a
mis le comble à l'étonnement de notre interlocuteur.

dans aucun traité de topographie, si ce n'est, dernièrement, dans celui de M. Prévot : nous devons ajouter que les traités spéciaux de tachéométrie, français ou étrangers, que nous connaissons, n'en parlent pas davantage. ⁽¹⁾

Faut-il attribuer ce mutisme unanime au désir de plaider la cause des lunettes micrométriques ? Assurément non ! et pour notre part nous nous garderons bien de mettre en doute la bonne foi des auteurs de ces divers ouvrages. Mais parmi ceux qui ont écrit sur la tachéométrie, combien compte-t-on de praticiens ayant levé tachéométriquement, calculé et rapporté eux-mêmes, seulement une modeste étendue de 200 acres divisés en 300 ou 400 parcelles ? Combien compte-t-on de tachéomètres de profession ayant dressé à l'aide d'un tachéomètre, seulement sur 100 chs de long, des plans d'alignements de rues bordées de constructions, et coté sur ces plans les to-ordonnées des points levés : pouvant garantir que les longueurs de façades ou les diagonales, calculées au moyen de ces coordonnées, sont exactes à moins de 0, 1 pied près ?

Sans attendre les réponses à ces questions quelque peu indiscrètes, nous ne craignons pas d'avancer que ceux qui ont omis de parler dans leurs écrits de l'erreur dont il s'agit, n'ont jamais essayé de faire pratiquement de la *tachéométrie de précision*.

A ceux qui douteraient de l'influence de la lumière solaire sur l'écartement apparent des fils ou traits micrométriques d'une lunette, nous dirons : faites l'expérience bien simple que voici :

Un jour de beau soleil, à l'heure où l'astre a déjà atteint environ la moitié de sa hauteur méridienne, allez dans la plaine, mettez votre instrument sur un piquet A et la mise sur un piquet B planté à environ 300 p. de A dans la direction du soleil, et mesurez avec la lunette micrométrique la distance AB. Votre

(1) Nous ferons remarquer enfin, que ceux qui s'occupent de nivellements de haute précision trouveront facilement dans la variation de la position apparente du fil niveleur, la clef de certaines erreurs systématiques encore inexplicables.

lunette ayant trois fils horizontaux, vous constaterez tout d'abord que l'intervalle supérieur *paraît* plus grand que l'inférieur ; vous serez tenté de croire que les fils ne sont pas équidistants et vous direz qu'en tournant la lunette sens dessus dessous, on rendra plus grand l'intervalle inférieur. Mais vous pourrez bien vite constater *de visu* qu'il n'en est rien : si les deux intervalles sont rigoureusement égaux, c'est toujours le supérieur qui paraîtra le plus grand.

Ensuite transportez l'instrument en C, un peu au-delà du piquet B, pendant que la mire sera portée sur le piquet A, et mesurez sa distance à A puis à B pour conclure la distance $BA = CA - CB$.

Cette fois, vous tournez le dos au soleil pendant que la mire lui fait face : vous constaterez que l'équidistance des fils ne laisse rien à désirer, mais, par contre, vous trouverez BA plus petit que AB.

Recommencez l'épreuve vers midi (en mettant les deux piquets sur une méridienne) vous constaterez des différences de même signe que le matin, mais un peu grandes.

Il nous a semblé qu'il était d'autant plus utile d'insister sur la quatrième cause d'erreur qu'elle est généralement ignorée.

Quant aux trois premières, plusieurs auteurs les ont évaluées, les uns en bloc, les autres séparément, et sont arrivés à des nombres assez concordants entre eux et avec les résultats de la pratique journalière.

D'après les expériences de M. Jordan ⁽¹⁾ la formule donnant l'erreur moyenne de lecture résultant de ces trois causes serait la suivante pour une lunette grossissant 25 fois, ce qui est le cas général dans les instruments de topographie :

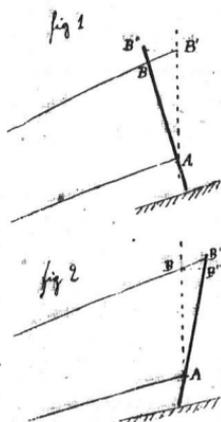
$$e = 3''05 + 0''017 D \quad (3)$$

(1) Handbuch der Vermessung Kunde 1888.

D'où l'on déduit pour les distances D et les erreurs e portées ci-dessous :

$D = 100$ p., $e = 0,17$	$D = 600$ p., $e = 1,80$
200 0,40	700 2,28
300 0,67	800 2,81
400 1,00	900 3,38
500 1,37	1000 4,00

La cinquième cause d'erreur est facile à évaluer *a priori*. Nous avons dit qu'il est facile de tenir la mire dans une situation qui ne l'écarte pas de la verticale de plus de 3' à 4' soit, en arc, 0,001. Or cet angle est assez petit pour que son cosinus puisse être supposé égal au rayon : par conséquent l'erreur devient nulle quand le deuxième rayon visuel est horizontal.



Si ce rayon est incliné d'un angle α , il rencontre d'abord la mire en B puis la verticale de A en B', dans le cas de la figure 1 et inversement dans le cas de la figure 2.

Dans le premier cas, la lecture est trop faible de l'espace BB' compris entre B et l'intersection B' de la mire et de l'horizontale B' B'' ; elle est trop grande de la même quantité dans le second cas.

Il est visible que

$$BB'' = -BB' \operatorname{tang} \alpha \quad (4)$$

et que

$$BB' = A B' \operatorname{tang} i \quad (5)$$

en appelant i l'angle B A B' que fait la mire avec la verticale et nous avons dit que $\operatorname{tang} i$ ne doit pas dépasser 0,001.

Et puisque la hauteur de mire AB est proportionnelle à la distance à mesurer, D, nous avons enfin pour erreur BB''

$$e' = \pm 0,001 D \operatorname{tang} \alpha \quad (6)$$

Soit, pour $D = 100$ pieds

$\alpha = 0^\circ$	5°	10°	15°	20°	25°	30°
$e' = 0$	0,009	0,018	0,027	0,036	0,047	0,058

Si nous considérons une distance de 500 pieds mesurée dans des conditions favorables, la somme algébrique des trois premières et de la cinquième cause d'erreur sera

$$e_s = \sqrt{e^2 + e'^2} \quad (7)$$

et avec $\alpha = 18^\circ$, $e' = 0,0325 \times 5 = 0,16$,

$$e_s = \pm \sqrt{1,37^2 + 0,16^2} = \pm 1,38$$

On voit que la cinquième cause d'erreur n'augmente pas sensiblement la somme des trois premières qui est prépondérante tant que la quatrième n'intervient pas.

Si nous envisageons le cas où les rayons solaires modifient la distance apparente des fils micrométriques, nous aurions une nouvelle erreur, toujours positive, pouvant atteindre $\frac{1}{160}$, soit, pour 500 pieds $c'' = + 3,12$ p. La somme $+ 1,38$ trouvée précédemment pouvant indifféremment s'ajouter à la dernière erreur ou s'en retrancher, il s'ensuit que l'erreur finale sera comprise entre

$$+ 1,72 \text{ et } + 4,50 \text{ soit entre } \frac{D}{290} \text{ et } \frac{D}{111}.$$

Contrôle des lectures. — Nous avons démontré que la certitude des résultats est tout aussi nécessaire que leur précision. Il arrive assez souvent, en effet, que l'opérateur, préoccupé surtout d'estimer exactement les fractions, commet des erreurs grossières ou fautes, dans la lecture des unités ou même des dizaines; d'autres fois c'est en inscrivant les mesures sur le carnet qu'il commet des fautes ou des inversions de chiffres: toutes les mesures inscrites au carnet doivent donc comporter un moyen de contrôle.

Dans le but d'obtenir ce résultat, on lit parfois au fil axial de la lunette à trois fils horizontaux, mais la pratique ne tarde pas à démontrer que ce moyen est beaucoup plus dangereux qu'utile.

D'autres fois on fait usage d'une lunette munie de cinq fils horizontaux au lieu de trois, et espacés de manière que les intervalles 1-4 et 2-5 soient égaux à 0,01.

Si l'on désigne par a , b , c et d les lectures faites sur la mire verticale aux quatre fils micrométriques d'une telle lunette supposée anallatique, on a la distance D pour la relation.

$$D = \frac{c - a + d - b}{2} \cos^2 \alpha \quad (8)$$

Le contrôle des lectures doit résulter de l'égalité

$$c - a = d - b. \quad (9)$$

Remarquons toutefois que l'égalité (9) ne doit se rencontrer que lorsque $\alpha = 0$. Si l'on suppose $\alpha = 18^\circ$ et $D = 500$ p. la lunette d'un "cleps" moyen doit faire lire sur la mire verticale (a étant arbitraire) :

$$\begin{array}{ll} a = 10,00 & c = 563,86 \\ b = 342,76 & d = 874,97 \end{array}$$

d'où l'on tire

$$\begin{array}{r} c - a = 553,86 \\ d - b = 551,71 \\ \hline \text{différence} \quad + 2,15 \end{array}$$

Cette différence résulte de ce que le segment ca de la mire est vu de l'instrument sous le même angle que le segment db , alors que les côtés du premier angle sont plus inclinés que ceux du second : les différentielles de la tangente sont forcément inégales.

La différence 2,15 trouvée plus haut variera avec D et avec α et changera de signe en même temps que α : faudra-t-il, pour s'assurer que cette différence est conforme à la théorie, dresser une table spéciale ayant diverses valeurs de D et de α pour entrées ?

Mais ce n'est pas tout : nous avons vu plus haut que, dans l'hypothèse de $D = 500$ p. et $\alpha = 0^\circ$, la hauteur de mire estimée

entre deux fils est affectée d'une erreur moyenne $e = \pm 1,37$; pour $\alpha = 18^\circ$ $e = \pm 1,37 \text{ séc}^2$ $18^\circ = \pm 1,51$. On aura ainsi :

$$c - a = 553,86 \pm 1,51$$

$$d - b = 551,71 \mp 1,51$$

Par suite

$$c - a \text{ peut varier entre } 555,37 \text{ et } 552,35$$

$$d - b \text{ - - - - - } 550,20 \text{ et } 553,22$$

$$\text{et la différence - +5,17 et -0,87}$$

La différence théorique de + 2,15 peut donc être plus que doublée ou même changée en une valeur négative, sans que l'on puisse accuser l'opérateur d'avoir manqué de soin dans ses lectures.

Ce fait ne suffit-il pas pour condamner le moyen de contrôle ?

Enfin, que devient cette différence théorique quand les rayons solaires modifient la distance apparente des fils ?

Contrôle des calculs. — Le contrôle des lectures faites sur la mire ne suffit pas, si ces lectures doivent être transformées par un moyen quelconque pour en déduire la distance horizontale D or, d'après l'équation (8) nous avons,

$$D = \frac{c - a + d - b}{2} \cos^2 \alpha$$

d'où

$$D = 552,785 \cos^2 18^\circ = 500,00 \pm 1,38.$$

Mais où est la preuve de l'exactitude du résultat final ?

Ne peut-on pas se tromper en calculant la demi-somme $\frac{c - a + d - b}{2}$; en cherchant dans une table quelconque les différents multiples de $\cos^2 \alpha$; dans la transcription des nombres, etc ?

Il faut donc faire tous les calculs en double en employant, autant que possible, des formules et des tables différentes. Ainsi, la demi-somme étant vérifiée, on doit calculer D , 1° au moyen d'une table donnant les produits de $\cos^2 \alpha$ par 1, 2, 3,, 500 ; puis avec une table donnant les produits de $\sin^2 \alpha$ par les mêmes facteurs.

Cette dernière table donnera d'après la formule

$$D = \frac{c - a + d - b}{2} (1 - \sin^2 \alpha)$$

$$\begin{aligned} D &= 552,785 - 552,785 \sin^2 18^\circ \\ &= 552,785 - 52,785 = 500,000. \end{aligned}$$

Ce résultat étant identique au précédent, nous pouvons affirmer que nous n'avons commis aucune erreur de calcul : sommes-nous en mesure de certifier que la distance mesurée est bien de 500 p. $\pm 1,38$? Nullement. L'opérateur a pu se tromper en lisant l'angle α ou en l'inscrivant au carnet : il est donc indispensable de lire et d'inscrire au moins deux valeurs de α se contrôlant par une relation connue, et d'effectuer sur le carnet les vérifications correspondantes avant de calculer la distance horizontale.

Voici l'ensemble des lectures et des calculs à faire pour avoir une distance réduite à l'horizon contrôlée :

Lectures sur la mire		Différences $c - a = G'$ $d - b = G''$ $G' - G'' = \Delta$	Réduction à l'horizon		Dist. zénith. δ $\delta - \delta$
a b	c d		$G = G' \pm \frac{1}{2} \Delta$ $- G \cos^2 \delta$ D	$G \sin^2 \delta$ D	
10,00	563,86	553,86	552,78	497,47	108°00
34,76	894,47	551,71	-2,78	+ 2,53	113°14
		2,15	500,00	500,00	5°14

Pour trouver $D = 500,00$ p. et vérifier les observations et les calculs, il faut donc seize nombres comprenant 72 chiffres ! Et nous avons supposé qu'il existe pour le double calcul de D des tables de réduction assez étendues pour n'avoir pas besoin d'y prendre plus de 1 ou 2 produits partiels.

En admettant que l'on puisse lever 500 points dans une belle journée, tout en prenant des mesures de contrôle (ce qui est très facile avec l'autoréducteur) en devra lire ou calculer, pour obtenir 500 distances, huit mille nombres, dont quatre mille cinq cents pour les réductions à l'horizon et leur contrôle !

Si, au moins, après avoir accumulé environ *trente-six mille chiffres*, on pouvait affirmer que les 500 distances mesurées sont aussi bonnes que si elles avaient été chaînées, on aurait la satisfaction, sinon d'avoir gagné du temps, du moins d'avoir opéré avec toute la facilité et l'harmonie que procure la méthode des coordonnées polaires ; mais nous avons vu plus haut qu'il n'en est rien.

On conviendra sans peine que ce genre de tachéomètre est incompatible avec la tachéométrie de précision.

Diverses combinaisons furent mises en œuvre pour évaluer les distances autrement qu'avec les lunettes à fils micrométriques.

Sans parler des lunettes à double image de Rochon et de Lugeol, on peut citer l'appareil à deux lunettes présenté en 1825 à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale par M. Barbois, ancien géomètre du cadastre, appareil destiné à mesurer l'angle soutenu par une mire de longueur constante ; les lunettes portant un fil fixe et un fil mobile mû par une vis micrométrique, destinées au même usage que l'appareil précédent, et enfin les lunettes à un seul fil horizontal, mais s'inclinant sous l'action d'une vis de rappel micrométrique.

Les micromètres à fil mobile sont à peu près complètement abandonnés par les topographes ; ils présentent, d'ailleurs, les mêmes causes d'erreur que le micromètre à fils fixes que nous venons d'examiner dans le chapitre précédent, plus d'autres inconvénients qu'il est même inutile de citer.

Quant à la vis de rappel micrométrique dont l'idée est déjà ancienne, elle est en ce moment reproduite par quelques constructeurs des Etats-Unis qui la présentent sous le nom de "Gradienter." Les instruments munis d'une telle vis, n'ayant qu'un seul fil horizontal à leur lunette, sont évidemment exempts des 3^e et 4^e causes d'erreur. Par contre on peut dire que si la vis micrométrique bien établie peut donner des résultats assez concordants dans les observatoires ou les cabinets de physique, il n'en est pas de même, tant s'en faut, quand elle est employée sur le terrain à des opérations qui doivent être faites rapidement.

En outre, au point de vu de la rapidité elle est notablement inférieure aux fils micrométriques fixes, puisque, après une première visée sur la mire, l'œil de l'opérateur doit abandonner la lunette pour observer la vis avant la seconde lecture. D'ailleurs nous ne connaissons pas d'ouvrage donnant, avec la description du "Gradientier" des résultats d'expériences propres à faire connaître le degré d'exactitude de ce procédé.



Fig. 3

Le *Diastimomètre Sanguet* est un petit accessoire bien préférable au précédent, au double point de vue de la précision et de la rapidité des mesures. Il se compose, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 3 ci-dessus, d'un verre à faces planes mais non parallèles, serti dans un anneau assemblé à charnière à un petit manchon pouvant se fixer à frottement sur la tête d'une lunette.

L'emploi du diastimomètre est aussi simple que facile ; dans la position représentée par la figure, le verre prismatique est ouvert et n'a aucune action sur les rayons visuels. Si on le ferme, il recouvre complètement l'objectif et les rayons visuels sont réfractés. Le fil horizontal unique se projette donc sur la mire en deux points différents, et si l'on fait une lecture sur la mire quand le prisme est ouvert, puis une autre quand il est fermé, la différence des lectures multipliée par le rapport 50, 100 ou 200, fera connaître la distance dans les mêmes conditions qu'une lunette à deux fils fixes.

Remarquons toutefois que les 3^e et 4^e causes d'erreurs n'existent pas non plus dans cet accessoire puisque la lunette ne comporte qu'un seul fil horizontal éclairé de la même façon pendant les deux lectures.

Adapté à une lunette de 0,1 p. d'ouverture et grossissant 25 à 30 fois, le Diastimomètre Sanguet permet de mesurer les distances avec une erreur moindre que $\frac{1}{1000}$.

On a vu plus haut que le calcul de la réduction des distances à l'horizon, son contrôle et l'un de ses éléments essentiels, l'angle vertical vérifié, demandent plus de la moitié des chiffres concernant le même point : il est donc très naturel de songer à supprimer ces calculs. De là de nombreux essais de *tachéomètres réducteurs*.

Par *tachéomètre réducteur*, on entend désigner un instrument qui, au moyen de la manœuvre d'un mécanisme plus ou moins compliqué, effectuée après une première visée sur la mire, fait lire la distance réduite à l'horizon.

Parmi ces instruments, les uns font lire, 1^o sur une mire normale à la lunette, la distance inclinée ; 2^o sur une échelle de projection cette même distance d'abord reportée sur une échelle parallèle à la lunette puis projetée par une équerre, ramenée à sa projection horizontale.

D'autres sont munis soit d'un fil mobile, soit d'un diagramme que l'on doit faire mouvoir conformément aux indications du cercle vertical.

Enfin le Diastimomètre Sanguet a figuré en 1889 à l'Exposition de Paris, avec une double graduation sur le manchon permettant de lire sur la mire :

1^o la distance réduite à l'horizon,

2^o la différence de niveau entre l'instrument et la mire.

Mais tous ces instruments réducteurs demandent une lecture sur un cercle vertical et ensuite une manœuvre qui ne laissent aucune trace sur le carnet : les erreurs et les fautes peuvent donc passer inaperçues. Aussi bien nous ne craignons pas d'affirmer que, au point de vue de la *certitude* des résultats, les *tachéomètres réducteurs* sont dangereux, et qu'il est préférable de calculer les réductions au moyen de lectures contrôlées.

Pour les besoins de la tachéométrie de précision les tachéomètres doivent être autoréducteurs, c'est-à-dire tels qu'on puisse lire les distances réduites à l'horizon et leur contrôle, sans s'occuper de l'inclinaison de la lunette : telles sont les conditions réalisées par le tachéomètre Sanguet.

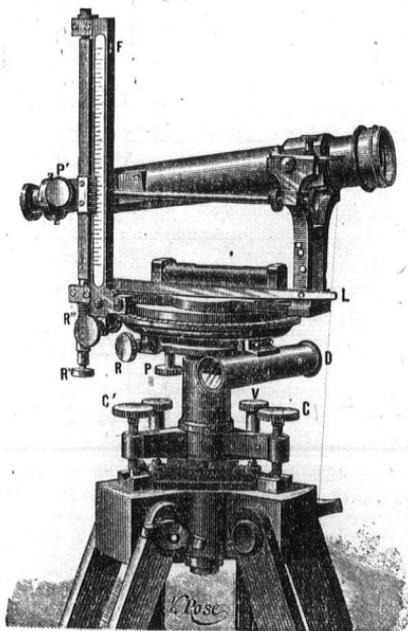


Fig. 4

III.

LE TACHÉOMÈTRE SANGUET AUTO-RÉDUCTEUR

Dans le but de rendre la Tachéométrie applicable aux levés de précision, M. Sangnet, ingénieur-topographe, Président de la Société de Topographie parcellaire de France, s'est attaché à construire un instrument basé uniquement sur des procédés mé-

caniques, de façon à éviter les inconvénients des lunettes micro-métriques et à dispenser l'opérateur des calculs de réduction. Le premier brevet pris par M. Sanguet dans cet ordre d'idées remonte à 1865 (1). Son instrument, breveté sous le nom de *longimètre*, répondait bien au programme de l'inventeur; mais il présentait dans sa construction plusieurs imperfections inévitables qui le lui ont fait abandonner au bout de quelques années. C'est même ce brevet, tombé dans le domaine public, qui paraît avoir été repris depuis par plusieurs imitateurs, mais toujours sans succès.

Guidé par son expérience journalière de près de 30 années, M. Sanguet, qui a levé avec ses instruments plus de 100000 acres divisés en 150000 parcelles, a apporté de nombreux perfectionnements à son longimètre, dont il n'a conservé que le principe de l'autoréduction mécanique.

Théorie.

Supposons pour un instant un instrument constitué par deux tiges rigides $m n$ et $O d$ assemblées en forme de T, et disposées de manière que l'une, $m n$ soit verticale, et l'autre $O d$ horizontale. Imaginons, de plus, une série de lignes verticales $M N, M' N', M'' N'' \dots$ situées dans le plan passant par $O m n$.

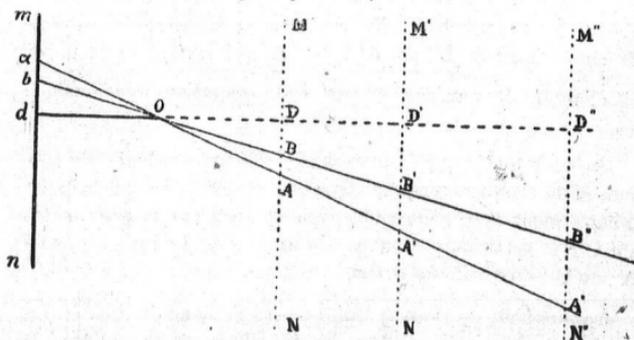


Fig. 5

(1) Voir le rapport fait à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale dans sa séance du 27 juin 1866 par M. Benoit.

Il est évident que si, par deux points a et b , pris sur $m n$ et par le point O , nous faisons passer les rayons visuels $a O A''$ et $b O B''$, ces rayons visuels formeront avec chaque verticale rencontrée un triangle tel que $O A B$, $O A' B'$, ... semblable au triangle $O a b$. Et si nous prolongeons indéfiniment l'horizontale $d O$, nous aurons en outre les nouveaux triangles $O D B$, $O D' B'$, $O D'' B''$, ... semblables entre eux et au triangle $O d b$.

De cette similitude des triangles il résulte que

$$\text{Si } O D = \overline{O d}, \overline{A B} = \overline{a b}; \text{ Si } \overline{O D'} = 2 \overline{O d}, \overline{A' B'} = 2 \overline{a b}.$$

Où, d'une manière générale :

Sur une verticale quelconque $M'' N''$ dont la distance au point $O = O D''$, on a

$$\frac{A'' B''}{O D''} = \frac{a b}{O d} = r \dots \quad (1)$$

$$\text{D'où } O D'' = \frac{A'' B'' \times O d}{a b} = \frac{A'' B''}{r} \quad (2)$$

Si l'on fait r constant dans chaque instrument et égal à 0,01 par exemple, et si on lit le segment $A'' B''$ sur une *mire parlante* tenue dans la verticale $M'' N''$, on aura la distance horizontale $O D''$ en divisant $A'' B''$ par 0,01, ou, ce qui revient au même, en multipliant $A'' B''$ par $\frac{1}{0,01}$ ou par 100, opération très facile à faire.

On remarquera que l'équation (1) est indépendante de l'inclinaison de chaque rayon visuel, laquelle peut être quelconque. Par conséquent la distance obtenue est toujours la distance du point O à la verticale passant par la mire, c'est-à-dire la distance $O A''$ ou $O B''$ réduite à l'horizon.

Application. — Dans le tachéomètre Sanguet, le point O est représenté par l'axe de rotation des tourillons de la lunette ; la ligne $m n$ par une tige verticale pouvant se déplacer dans le sens de sa longueur, a par un couteau d'acier supportant la lunette du

côté de l'oculaire, implanté dans une pince pouvant glisser le long de la tige $m n$; enfin l'espace $a b$ est représenté par la quantité dont la tige verticale descend sous l'action d'un levier mû par l'opérateur.

On conçoit aisément que, si l'on déplace la pince portant le couteau a le long de la tige $m n$, de manière à donner à la lunette l'inclinaison voulue pour que le rayon visuel $a O A''$ aboutisse au zéro d'une mire parlante tenue dans la verticale $M'' N''$, et que si l'on fait descendre la tige $m n$ d'une quantité constante et égale à $0,01$ de $O d$, le couteau supportant la lunette se déplacera lui-même verticalement de a en b , et la lunette donnera le nouveau rayon visuel $b O B''$. Une simple lecture sur la mire parlante fera connaître la hauteur $A'' B''$ qui est, comme on le dit plus haut, égale au 100^e de la distance horizontale $O D''$.

Description sommaire.

Le tachéomètre Sangnet se compose de deux parties principales destinées, l'une à mesurer les angles azimutaux, et l'autre à mesurer les distances et les déclivités. La première consiste, comme d'habitude, en un cercle horizontal gradué pouvant tourner autour d'un axe vertical ; un déclinatoire perfectionné D , est fixé sous le cercle divisé (V. fig 4).

La base de la seconde partie ou partie supérieure, est un cercle alidade muni de verniers, tournant dans l'intérieur du cercle divisé qui lui est concentrique. Sur le cercle alidade est fixée une règle horizontale portant à droite une fourche servant d'appui aux tourillons de la lunette ; à gauche une règle divisée verticale, et au milieu un niveau à bulle d'air.

Une tige prismatique verticale, matérialisant la ligne $m n$, est maintenue très près de la règle divisée par des coussinets faisant corps avec cette règle. Cette tige, qui peut se déplacer verticalement d'une certaine quantité, repose sur la pointe d'une vis de rappel R' . Une pince avec vis de pression P' , glisse sur cette tige et porte, outre le couteau d'acier dont on a parlé, un vernier indiquant sur l'échelle divisée l'inclinaison ou *penie* du rayon visuel correspondant à sa position.

L'écrou de la vis de rappel verticale R' est relié par une bielle à l'extrémité du petit bras d'un levier horizontal dont la poignée L est à portée de la main droite. L'opérateur peut ainsi manœuvrer ce levier pour changer l'inclinaison de la lunette et mesurer les distances, sans avoir à se déplacer, *l'œil restant à la lunette.*

On remarque sur la fig. 4 que la fourche porte quatre buttoirs ou têtes de vis saillantes, dont l'un, l'inférieur, est en contact avec le long bras du levier. Si l'on fait passer le levier au buttoir suivant, la tige prismatique et la pince P' descendront d'une quantité exactement égale à 0,01^e de la distance horizontale qui sépare l'axe des tourillons de la lunette, de la ligne verticale parcourue par le couteau que porte la pince P'; autrement dit d'une quantité *a b*, fig. 5, égale à 0,01^e de *O d*.

Les deux buttoirs suivants fournissent d'autres rapports *r* de la hauteur de mire à la distance, savoir : le troisième $\frac{18}{1000}$ et le quatrième $\frac{22}{1000}$.

Le passage du levier d'un buttoir à un autre peut correspondre à six valeurs différentes du rapport *r*. Pour abrégier, désignons les buttoirs par *O* (zéro) *a*, *b* et *c*; nous avons déjà dit que l'intervalle entre *O* et *a* donne $r = \frac{18}{1000}$ ou $\frac{18}{1000}$; celui *O b* = $\frac{18}{1000}$ et celui *O c* = $\frac{22}{1000}$. Mais le levier peut aussi bien partir de *a* pour s'arrêter à *b* ou à *c*, et même partir de *b* pour arriver à *c*.

On a donc en définitive :

Pour l'intervalle <i>O a</i>	le rapport <i>r</i> =	0,010
— <i>O b</i>	— <i>r</i> =	0,018
— <i>O c</i>	— <i>r</i> =	0,022
— <i>a b</i>	— <i>r</i> =	0,018 — 0,010 =	0,008
— <i>a c</i>	— <i>r</i> =	0,022 — 0,010 =	0,012
— <i>b c</i>	— <i>r</i> =	0,022 — 0,018 =	0,004

Soit six rapports élémentaires entre lesquels l'opérateur peut varier son choix selon les circonstances de manière à proportionner au résultats à obtenir, tantôt la portée de l'instrument, tantôt l'exactitude des mesures. Cette variété permet en outre de déter-

miner les distances à un rapport donné, quand des obstacles empêchent de faire les lectures sur la mire au rapport ordinairement employé.

Choix et combinaisons des lectures ; contrôles.

Le rapport de 0,010 est le plus avantageux pour les travaux courants, et permet d'évaluer les distances jusqu'à 1000 ou 1200 p.

Les rapports 8 et 12 combinés offrent un excellent moyen d'accroître la précision et de contrôler les lectures dans un rayon de 800 p.

En désignant par b' et c' ces deux rapports, on a :

$$b' + c' = 0,020 \text{ et } c' - b' = 0,004 = \frac{b'}{2} = \frac{c'}{3} = \frac{b' + c'}{5} \quad (1)$$

La combinaison des rapports $18 = b$ et $22 = c$ donne les relations suivantes :

$$b + c = 0,040 \text{ et } c - b = 0,004 = \frac{b + c}{10} \quad (2)$$

En combinant les trois rapports

$$10 = a, 18 = b \text{ et } 22 = c, \text{ on a :}$$

$$a + b + c = 0,050 \text{ et } \frac{a + b + c}{5} = a \quad (3)$$

Cette combinaison donne le maximum de précision ; on l'emploie chaque fois que l'on désire obtenir les distances avec une grande exactitude, sauf à omettre une lecture si un obstacle ne permet pas de la faire sans recommencer le pointé.

Par les combinaisons de lectures, on augmente la précision du résultat, et l'on a un moyen infaillible de contrôler les mesures, de découvrir et de corriger les fautes de lecture ou d'inscription.

Un contrôle tout aussi efficace permet de vérifier les angles azimutaux et les déclivités.

Pour les levers à grande portée, devant être rapportés à l'échelle de 1/5000^e ou à une échelle plus petite, le rapport de 0,004 permet de lire les distances sur une mire spéciale, jusqu'à 2500 pieds de l'instrument.

Précision des résultats.

L'erreur moyenne à craindre sur la mesure d'une distance D est de :

$$0,1 p + \frac{D}{4000}$$

si le résultat est obtenu au moyen d'une seule mesure au rapport 0,01 ; et de

$$0,066 p + \frac{D}{10\ 000}$$

quand il résulte de trois mesures formant le rapport 0,05 (3^e combinaison).

Les angles azimutaux sont donnés par les verniers à 15'' près.

Les déclivités sont évaluées avec une erreur moyenne de 0,0001. Un niveau spécial se fixant à la lunette, permet de faire un nivellement de précision avec autant de facilité et d'exactitude que si l'on faisait usage d'un niveau à fiole indépendante.

Rapidité des lectures.

Les diverses pincettes et vis de rappel sont disposées de manière à assurer le maximum de vitesse dans la manipulation.

Le lever de la position d'un point en planimétrie (lecture d'une distance et d'un angle azimutal) ne demande que 12 à 15 secondes ; l'inventeur a relevé jusqu'à 49 points en 10 minutes !

Les lectures de contrôle augmentent la durée des observations de moitié environ.

Dans les levés de précision, l'usage du tachéomètre Sanguet apporte une réduction de moitié sur la dépense et des deux tiers sur le temps que demanderait le lever par les méthodes basées sur le chaînage des lignes.

Applications diverses.

La lunette se retourne sur ses tourillons pour faciliter les vérifications et les réglages, ainsi que pour les nivellements de haute précision avec le niveau spécial ; elle peut aussi, sur demande,

être disposée pour le retournement bout pour bout en vue du prolongement d'un alignement.

Un verre noir permet d'observer le soleil dont l'azimut est facilement calculé en cinq ou six minutes au plus, au moyen des tables astronomiques Sanguet ; toutefois l'instrument est, sur demande, muni d'un orientateur solaire.

Le levier pouvant prendre quatre positions différentes, permet de noter le passage du soleil par quatre hauteurs différentes avant midi, et, après midi dans un ordre inverse, mais à ces mêmes hauteurs rigoureusement conservées, de sorte que le calcul du passage au méridien, ou de la longitude, atteint une très grande précision en même temps qu'il est facilité par une petite table spéciale. La latitude se déduit très simplement des mêmes observations.

Le tachéomètre Sanguet diffère des tachéomètres ordinaires par les avantages suivants qui lui sont particuliers :

1° Il est autoréducteur, par conséquent il supprime les calculs de réduction à l'horizon, et dispense l'opérateur de lire et d'inscrire l'inclinaison de la lunette quand il ne fait que la planimétrie ;

2° Il donne cette inclinaison, quand on a intérêt à la lire, non en degrés, mais en *pente* ou *rampe* exprimée en $\frac{1}{10}$ de millimètre par mètre, laquelle, multipliée par la distance horizontale lue sur la mire, donne immédiatement la différence de niveau : d'où suppression de la règle à calculs spéciale et des tables tachéométriques ;

3° La précision de la mesure des distances est huit à dix fois plus grande qu'avec les tachéomètres les plus répandus jusqu'ici ;

4° L'instrument donne un contrôle infaillible de toutes les lectures ;

5° Son poids ne représente que le tiers de celui des autres tachéomètres ayant une portée de lunette à peu près égale ;

6° La lunette de ce tachéomètre est réduite à sa plus grande simplicité : elle n'a aucune lentille supplémentaire et ne porte que deux fils en croix. Sa puissance est à peu près double de celle d'une lunette anallatique de mêmes dimensions.

Le tachéomètre Sanguet est aujourd'hui le type le plus parfait et le plus complet des tachéomètres. Dans la *tachéométrie expéditive* (plans cotés pour avant-projets), sa portée peut s'étendre à 600 ou 800 mètres de rayon; dans la *tachéométrie de précision* (plans parcellaires, plans d'alignement, etc.), sa précision défie les meilleurs chaînages au ruban d'acier et ses résultats offrent des moyens de contrôles infaillibles que l'on ne trouve dans aucun autre instrument.

Lors de l'Exposition de 1889, ce tachéomètre a donné lieu aux rapports les plus élogieux, et a obtenu la médaille d'or. Appliqué avec un plein succès sur plus de 1200 kilomètres de chemins de fer (plans cotés et plans parcellaires), au lever de nombreux plans d'alignement, plans de propriétés bâties ou non bâties, etc., et, tout récemment, aux expériences comparatives ordonnées par la Commission extraparlémentaire du Cadastre, le tachéomètre Sanguet est aujourd'hui entré définitivement dans la pratique des opérations les plus minutieuses et les plus expéditives.

Son poids et son volume réduits le rendent éminemment transportable pour les travaux de reconnaissance et surtout pour les levés de précision, dans lesquels les déplacements sont très fréquents.

La précision des résultats obtenus, la rapidité avec laquelle on opère, les moyens de contrôle qu'il présente pour toutes les observations donnent à cet instrument une supériorité incontestable sur tous les autres tachéomètres connus jusqu'à présent.

Bien que mis en vente depuis très peu de temps, le tachéomètre Sanguet compte déjà cent quatre vingt-six exemplaires répandus dans toutes les parties du monde, dont cinquante et un vendus en 1899.

Paris, septembre 1899.

J.-L. SANGUET.

The following are extracts from "Special appendix B to Report of
Minister of Public Works for fiscal year 1897-98."

"SANGUET TACHEOMETER"

FOR

PRECISION LEVELLING.

DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS, CANADA,

CHIEF ENGINEER'S OFFICE, OTTAWA, 30th July, 1898.

E. F. E. ROY, Esq.,

Secretary, Public Works Dept., Canada.

SIR, — I have the honour to transmit herewith a Memo. with illustrations, on the self-reducing Sanguet Tacheometer as adapted by me to precision levelling with the aid of a new Geodesic Rod.

.....

The Sanguet tacheometer supplied by Mr. Cabusson, which bears the order number 115, is all that could be desired, both in point of construction and finish, as far as can be judged from a close indoor examination and a few verifications made on Parliament Square. It is what may properly be termed a universal surveying instrument, being admirably contrived for measuring, in all positions, distances automatically reduced to their horizontal projections, and that more accurately and expeditiously than these horizontal distances could be measured under the most favourable circumstances, with either chain, tape or any other measuring device, besides which the tacheometer is equally serviceable for levelling and taking horizontal and vertical directions and compass readings. I have no doubt that when tested in a practical manner in the field, our new tacheometer will prove satisfactory in every way for carrying on expeditiously and economically, not only the precise levelling and surveying

operations, this particular instrument is more especially destined to be used for; but also all ordinary engineering field operations.

.....

I must confess that, notwithstanding many elaborate reports made on various occasions, by prominent engineers in different countries, to show the advantages to be gained by the regular and extended use of the ordinary stadia wire tacheometer for engineering field work generally, I was never favourably impressed by the results obtained with such instruments, taking into consideration the troublesome and bulky reductions, etc., which have to be attended to, and failed to see how such tacheometers could ever really be of much service to the engineering profession, except for reconnaissance work, running trial lines and other operations of a similar nature. I now feel satisfied, however, that in a comparatively short time we shall see the improved self-reducing Sanguet tacheometer or some similar apparatus take the place of nearly all other surveying instruments used at present for engineering purposes, and that chain or tape measurements of long horizontal distances will soon be a thing of the past.

With a view of verifying, in this country, all the good points claimed for this tacheometer, and at the same time affording the engineers of the Department an opportunity of becoming acquainted with its practical working, I would suggest that it should be first used in making, under my direction, an accurate plan with level contour lines of Parliament Square, Major's Hill and Nepean Point, that is to say: a plan showing the precise boundaries and elevations of the ground of all our properties lying south of the Ottawa River as far back as Queen Street, and west of Sussex Street and the Rideau Canal up to Bank Street.

.....

I have the honour to be, sir,

Your obedient servant,

R. STECKEL,

Engineer in charge, Canadian Geodetic Levelling.

THE
SANGUET TACHEOMETER (SELF-REDUCING)

AS ADAPTED TO

PRECISION LEVELLING

IN CONNECTION WITH

A NEW GEODESIC ROD

I believe I am quite safe in stating by way of introduction, that there is scarcely a single step of any importance to be taken in life, that does not involve the measurement of space in some form or other: linear, superficial, solid, angular.

Confining here our attention to linear spaces or distances, it is evident that when such a space is easily accessible all around, its magnitude may, in general, be readily ascertained by applying to it a properly constructed and verified standard of length, such as a chain, a tape, a rod, a foot rule, a scale, etc., provided always we are prepared to devote sufficient time and attention to the measuring and testing operations to ensure correct results.

This primitive method of measuring linear space has been followed from time immemorial and, it may be said, continues to be almost universally adhered to up to this very day with little or no variation, whether distances have to be determined in or out doors, notwithstanding many difficulties that are experienced, I believe it will readily be admitted by all those who have any knowledge of the subject, that the laborious measurements required between ac-

cessible points, in connection with the extensive field operations which are inseparable from the ordinary practice of a civil engineer and that of a land surveyor, are unquestionably those where the old method yet followed presents the greatest drawbacks.

The principal, if not the only reason of the backward condition of what might be termed the science of measuring distances between accessible points on a large scale, appears to be due to the fact that nearly all the measurements which have to be made in the field either for engineering or purely surveying purposes are horizontal measurements, and that previous to the time (not more than ten years ago) when Mr. Sanguet, President of the Society of Topographical Engineers of France, first brought out his perfected self-reducing tacheometer, there was no instrument available to civil engineers and land surveyors, that would enable them to measure horizontal distances expeditiously with the degree of precision and reliability required for the field work, whatever its nature, which is nowadays generally exacted of them to keep pace with the advancement of science in every other walk of life.

This statement may, perhaps, appear a little overdrawn to civil engineers and surveyors generally, as many have, no doubt, availed themselves, to a greater or less extent, of the facilities afforded by properly mounted stadia wire telescopes for making distance measurements with the aid of a suitably divided rod, or used such instruments as Edgeworth's stadiometer, Eckhold's omnimeter, or one or the other of the various kinds of ordinary or improved tacheometers of the Porro type with stadimetric telescopes having supplementary lenses, such as Richer's, Colonel Goulier's and other similar distance measuring theodolites which have been brought out since about 1860, or may be the more recent "Milner distance measurer and level." In this connection I would point out, that notwithstanding the superior mechanical skill displayed in the construction of most of the distance measuring instruments hitherto devised, and the fact that many of them have rendered good service when used for reconnaissance field work, and preliminary surveys for projected lines of railways, canals and other important public works, it cannot

be denied that they have all proved to be sufficiently wanting in one particular or another, to prevent them from being extensively taken up by professional men, for use in their general practice for the purpose they were chiefly intended by their inventors and constructors, viz., measuring horizontal distances.

I do not intend to describe here in detail the short-comings of each one in particular of the class of instruments referred to so far, as I might be in a position to do, for that would be a big undertaking, and I see no practical advantage to be gained by following such a course. I will content myself by pointing out :

1. That, as a rule, the distances measured with those instruments are not the horizontal projections of right lines drawn between two stations, which alone are necessary for plotting purposes; but distances measured in each case in the direction of the line of sight, which have to be reduced to the horizon and otherwise corrected by means of computations more or less complicated according to the degree of accuracy aimed at.

2. That in nearly all such instruments the measurement of a distance is effected by comparing the micrometrical interval which separates two stadimetrical wires stretched on a diaphragm, with the distance or height intercepted on a carefully divided rod by the visual rays determined by the said wires.

Now, the height intercepted on a rod by two visual rays determined by stadia wires, is directly proportional to the distance from the rod to the anterior focus (in front) of the objective, when an ordinary astronomical stadimetrical telescope is used, and to the distance from the rod to the centre of the instrument, when such centre is rendered anallatical, that is to say, when the summit of the diastimetrical angle is moved from the anterior focus of the objective to the centre of the instrument, viz., by means of an extra lens interposed between the objective and the eye-piece, as was first done, about 1840, by Porro, a distinguished officer of the Piedmontese engineer corps. But readings taken on a rod held vertically with the aid of any one of the instruments just mentioned, seldom give

us a horizontal distance, which is the only one we care to know when we want to make a plan of a tract of land, a railway, a canal, etc.; but almost invariably a length of some inclined line to which a correction or corrections — the so-called reduction to the horizon — must be applied before it can be use for plotting purposes.

And should we feel disposed to adopt the neither very simple nor very expeditious "method of obtaining linear distances, and also of taking levels on sloping ground, without moving the staff or the instrument," which is recommended by the inventor of the "Milner Measurer," in a leaflet issued about June, 1897, viz, by holding in every case the rod perpendicularly to the line of sight, which operation, if performed as suggested, must of necessity be, in a sense, mere guess work, the difference between two readings corresponding to the lines of sight determined by two stadimetric wires would again give us but a distance, rod to instrument, along the inclined line of sight. Not only has this sloping distance to be reduced to a corresponding horizontal one; but it is furthermore necessary to diminish or increase, as the case may be, the length so obtained by the small distance intervening between the point on the ground at the foot of the rod of which the position is to be established, and the horizontal projection of the point of intersection of the rod as inclined, with the line of collimation or optical axis of the telescope produced.

True, it may be said, a correction such as that last described is not needed when a vertical rod is employed, or by holding a stadia horizontally over the point the position of which is to be established. As a matter of fact, the vertical stadia is almost invariably used because it is easier to maintain a rod correctly in this position than in any other; but on account of the obliquity of the axis of its divided face to the visual rays, when these are inclined, as is usually the case, the height intercepted on the rod by the wires is greater than that which would obtain, in the same conditions, on a rod held perpendicularly to the line of sight, therefore the distance computed with such a height used as the argument, is greater than that which

actually intervenes between the rod and the instrument along the line of collimation, and has to be correspondingly corrected.

In view of the rather complicated and tedious corrections and reductions which are found to be an unavoidable accompaniment of the, at first sight, apparently very simple and attractive ordinary processes of stadimetric distance measurements, when it is important to attain a certain degree of accuracy, it is not surprising that inventors should at different times have seriously applied themselves to devise mechanical means for securing horizontal distances by direct observation, as far as practicable.

Between, say 1850 and 1852, several ingenious devices applied to instruments of the Porro type and to others have been proposed at various intervals, chiefly by French and German authors, for reducing by means of special processes and manipulations, the distances measured to their horizontal projections, all of which met with but a limited measure of success. Among such may be cited: Porro's sthenallatic telescope, Peaucellier and Wagner's telescope, the Wagner Fennel reducing device and some tacheometers of Swiss construction with adjustable stadia wires, as regards the intervening space, so as to secure a constant generating number for one and the same distance, whatever the inclination of the line of sight.

Finally, there have been brought out since 1865, a few instruments which effect the reductions to the horizon entirely automatically, that is to say: where the positions to be given to the telescope to attain the desired end are determined by purely mechanical means, without one having to make either special readings, adjustments or other operations or computations.

In 1865, Mr. Sanguet, the inventor of the instrument which forms the subject of this Memo., constructed a distance measuring instrument to which he gave the name of "Longimètre." Finding that this instrument had certain drawbacks, he modified it in several particulars and then gave to the public in 1866, his self-reducing tacheometer as first constructed by him. Again, at the Universal Exposition held in Paris in 1889, an instrument called Charnot's

tacheometer was exhibited which much resembles Mr. Sanguet's original "longimètre," and although an ingeniously contrived, accurate and fairly serviceable self-reducing instrument in the true sense of the word, presents still some of the defects found to be inherent to the "longimètre," and to the original model of the Sanguet tacheometer, and does not permit of combining hitherto unattained precision with complete and unflinching control of the results in the ordinary run of field operations, with the same extreme facility and feeling of satisfactions as with the more recent perfected self-reducing tacheometer known under the name of "Tachéomètre auto-réducteur Sanguet." For this perfected instrument the inventor was justly rewarded with a gold medal at the same International Exposition of 1889, thus receiving the highest honour conferred on exhibitors in recognition of the merits of their contributions.

After receiving from the Department the necessary authority for the purchase, direct from the makers, of one of these unquestionably original, ingenious and on the whole truly remarkable instruments modified as I had suggested, I lost no time in placing the order for the new "Tachéomètre Sanguet" with Mr. Cabasson, of Paris, who is the sole agent for the same.

This gentleman placed me in direct communication with Mr. Sanguet, the inventor himself, with whom I entered into a full discussion of the pros and cons of the proposed modifications and additions to the original model of his instrument as got up for general use in France, with a view of securing a tacheometer: (a.) That would prove especially serviceable for precision levelling and for measuring correctly greater distances than those falling within the every day practice of a surveyor or an engineer at work in thickly settled countries, more particularly such long stretches as have to be measured when crossing wide streams, ravines, valleys, etc. (b.) That would permit of angles being measured in degrees and minutes, or according to the sexagesimal division of the circle, as is still the custom in Canada and English speaking countries in general, in

place of the grades and centigrades of the centesimal division now almost exclusively used in France.

As a result of our deliberations, Tacheometer No. 115 supplied to the Department was constructed so as to meet my views just stated, as far as practicable: the fundamental principles of the original invention were, however, in no way departed from.

The modifications and additions just referred to which I considered necessary, will be described in detail, and the reason of their introduction explained, after we shall have gained an insight into the working and resources of this new measuring instrument from the following summary description of its parts and their combination, which is on much the same lines as that given by the inventor himself in the pamphlet he sends out with each tacheometer.

The "Tachéomètre Sanguet" (see Illustration No. 1) is composed of two principal parts, one of which is destined for measuring azimuthal or horizontal angles, and the other for measuring distances and declivities. The same as in all theodolites, the first part consists in a graduated horizontal limb which revolves about a vertical axis mounted on a metal stand having three arms, each of which is provided with a levelling screw *C*. An improved declination tube *D* is screwed to the under side of the divided circle.

The base of the second or upper portion is an alidade circle provided with verniers which turn round inside the divided circle, being concentric thereto. On top of this inner circle is fixed a horizontal bar *B* which carries to the right: a fork-shaped pillar *Y* with wyes for the journals of the transverse axis around which the telescope revolves to turn in, to the left: a divided vertical straight edge *FH*, and in the centre a spirit level *N*, for levelling the instrument.

As in all transits and theodolites, the rotation of the whole instrument about its vertical axis, as well as that of the alidade or vernier circle alone can be stopped at will, viz.: by tightening the clamp screws *P'* and *P''*, and the positions in azimuth of both the divided and vernier circles can be adjusted respectively with the aid of the tangent screws *R'* and *R''*.

At each end of the divided flat straight edge FH there is a lug G , fixed at right angles to its axis, and cylindrical guide holes are bored through both lugs on one and the same vertical axis. In these holes turn the close fitting ends of a prismatic guide rod T , which is parallel to the straight edge, and rests on the point of a vertical adjusting screw R .

A clamp carrying a vernier is fitted to the rod T , which can be moved from end to end and fixed at any point of its course by means of a tightening screw P . To this clamp is fixed in the middle of its rear face, a steel knife intended for use as a support for the telescope at its eye end.

The telescope is actually not in equilibrium when supported only on the journals of its transverse axis; the latter being secured to the telescope near the objective, viz., several inches from its centre of gravity. On the right and left hand sides of the telescope small steel straight edges K are fixed to the tube near its eye end, having their flat faces in planes perpendicular to the azimuth circle and those edges which rest on and slide over the steel knife, one at a time, parallel to the optical axis or line of collimation.

The inclination of the telescope can thus be modified at will; after having loosened the clamp P , we can slide it together with the telescope along the prismatic guide rod T , to screw it tight again when the object to be sighted comes within the field of view. The slow motion screw R enables us afterwards to rectify the pointing of the telescope in a vertical plane. The vernier carried by the clamp P indicates (usually) on the vertical divided straight edge, or scale of slopes, the inclination of the visual ray in decimal parts of the horizontal projection r , of the portion of the said ray extending from the axis of rotation of the telescope to the line of the knife edge, taken as unity.

The telescope of the "Tachéomètre Sanguet," is a simple astronomical telescope, similar to that of an ordinary inverting level, transit or theodolite, with but two wires at right angles to each other for sighting, and having no supplementary lenses or cross hairs

or other lines for sighting purposes of any kind. As there is but one horizontal wire, it is clearly impossible to read on a speaking rod, a height above 0 different from that which the telescope points to, so long as the inclination of the latter remains unchanged. The measure of distances is based on several successive rod readings which are obtained as follows: —

The nut of the slow motion screw *R* is connected by means of a vertical crank, to the end of the short arm of a lever *L* having as a fulcrum a horizontal axis imbedded at *M* in the rear face of the divided vertical straight edge or slope scale *FH*, and the long flat arm of which extends past the fork shaped pillar *Y* where it is terminated by a rounded handle. In the long flat handle *L* there is screwed near its free end, a cylindrical steel pin or peg, the flat end of which touches the lateral face of the fork shaped pillar while the lever remains in one and the same position; the upper side of the peg butting against one or other of four similar steel pegs or pins *a*, *b*, *c*, *d* screwed into the side of the pillar, along an arc of a circle described from the fulcrum axis as a centre; *a* being the lowest and *d* the highest of this series of pins.

Solicited by its own weight, by that of the telescope, and by the action of a spiral spring *S*, the prismatic guide rod *T* always tends to descend. And by drawing the long lever arm lightly to one side, so as to make the pin inserted in it clear that in the pillar against which it abuts, the rod *T* together with the short arm of the lever drops with a snap and the next higher peg in the pillar is struck hard by the pin in the long arm in its upward motion; at the same time the telescope turns on its transverse axis.

As the lever *L* can take the four positions corresponding to pins *a*, *b*, *c* and *d*, the inclination of the optical axis or line of collimation of the telescope, can be made to assume four different values by the simple handling of this lever, which give us four readings on the rod affording differences that bear constant ratios to the horizontal distance to be measured. There being six such differences (for six is the number of possible combinations of four readings taken two by two), the result is that we have at our command six elementary

ratios between rod interval and distance, of which any single one is sufficient for determining the distance of the rod from the instrument. I may here observe that the lever L with one arm, say ten times longer than the other, has evidently been brought into requisition by the inventor, with the important object in view of — so amplifying the very small acres or heights, which the eye end of the telescope has to traverse to determine visual rays that afford readings on the rod differing only by from $\frac{1}{1000}$ to $\frac{1}{1000}$ of its distance from the instrument — as to render the use of an automatic device for the determination of the said small displacement of visual rays, practicable both as regards mechanical execution and facility of operation.

Now the three intervals \overline{ab} , \overline{bc} , and \overline{cd} between consecutive pins, which are adopted for the tacheometer of the ordinary construction, bear to each other the ratios of the numbers 10, 8 and 4. That is to say: in the tacheometer of the common type the pins are inserted at such intervals in the side of the fork shaped pillar, that by raising or depressing the long lever arm through the distance \overline{ab} , the short arm will depress or raise the prismatic guide rod T and with it the telescope, through a vertical space equal to $\frac{1}{100}$ part of the radius r adopted for the unit of the scale of tangents or slopes, or which is the same thing, for the length of the perpendicular let fall from the centre of the transverse axis around which the telescope revolves, on to the vertical path described by the steel knife edge when sliding up or down along the rear of the guide rod, and hence such working of the handle of the long lever arm, will also cause a corresponding change in the rod reading equal to $\frac{1}{100}$ part of its distance R , or to $(0.01) R$, from the same transverse axis.

Again, by moving the same long arm through \overline{bc} the corresponding change which obtains in the rod reading is equal to $(0.008) R$, and finally by passing over \overline{cd} with the lever, the rod reading will be altered by $0.004 R$.

In the ordinary "Tachéomètre Sanguet" the four displace-

ments of visual rays determined by the four pegs afford six corresponding rod intervals which are all different, and when arranged in the order of their importance, the values of these intervals are :

$$\begin{aligned} \overline{dc} &= 1080R, & \overline{cb} &= 1000R, & \overline{ba} &= 1000R, \\ \overline{bd} &= 1000R, & \overline{ac} &= 1000R, & \overline{ad} &= 1000R. \end{aligned}$$

The most generally useful of these six relations between the intervals intercepted on the rod and its distance from the instrument, is evidently the third, viz. : that afforded by a displacement \overline{ab} of visual rays causing $\frac{1}{10}$ part of the distance R , or a height of (0.01) R , to be intercepted on the rod.

With a view of controlling the readings and increasing the precision of the results, it is however advisable to combine two or three of the above six elementary ratios of rod interval to distance, whenever time will permit.

Thus if we combine :

1. $\overline{bc} = (0.008) R$, and $\overline{bd} = (0.012) R$, the following relations must obtain when all the readings are correctly taken, viz. :

$$\overline{bc} + \overline{bd} = (0.020)R \text{ and } \overline{bd} - \overline{bc} = (0.004)R = \frac{\overline{bc}}{2} = \frac{\overline{bd}}{3} = \frac{\overline{bc} + \overline{bd}}{5}.$$

2. The combination of $\overline{ac} = (0.018)R$ with $\overline{ad} = (0.022)R$, gives :

$$\overline{ac} + \overline{ad} = (0.040) R \text{ and } \overline{ad} - \overline{ac} = (0.004) R = \frac{\overline{ac} + \overline{ad}}{10}.$$

3. If we combine the three ratios : $\overline{ab} = (0.010)R$, $\overline{ac} = (0.018)R$ and $\overline{ad} = (0.022) R$, the relations which afford us a means of checking in the office the operations performed on the ground are :

$$\overline{ab} + \overline{ac} + \overline{ad} = (0.05) R \text{ and } \frac{\overline{ab} + \overline{ac} + \overline{ad}}{5} = \overline{ab}.$$

The last combination affords the greatest degree of precision attainable with a minimum number of pointings, it should always be used when great accuracy is desired. When an obstacle between the rod and the observer prevents making one or the other of the

three readings without changing the position of the clamp P on the guide rod, it is usual to omit such reading altogether.

When the visible part of the rod is too short to permit of reading on it, heights equal to: $(0.018) R$ and $(0.022) R$, the interval corresponding to $(0.01) R$ is first read, after which having left the lever arm butted against the pin b , the clamp is moved up or down and the cross wire again made to bisect the zero mark by working the slow motion or micrometer screw R , that is to say: a new pointing is made which will enable us to read off the rod intervals corresponding to $\bar{bc} = (0.008) R$ and $\bar{bd} = (0.012) R$.

We have, in such case, the following relations to control the rod observations, viz :

$$\bar{ab} + \bar{bc} + \bar{bd} = (0.030) R \text{ and } \frac{\bar{ab} + \bar{bc} + \bar{bd}}{3} = \bar{ab}.$$

Now for determining the horizontal projection R of the radius vector of a point on the ground of which the position is to be established, that is to say: the distance from the rod to the transverse axis of the instrument reduced to the horizon, we have the relations :

$$\begin{aligned} R &= 100 \frac{\bar{ab}}{3} = \frac{100 \bar{ac}}{1.8} = \frac{100 \bar{ad}}{2.2} = \frac{100 \bar{bc}}{0.8} = 100 \frac{\bar{bc}}{4} + \frac{100 \bar{bd}}{4} \\ &= \frac{100 \bar{bd}}{1.2} = \frac{100 \bar{cd}}{0.4} \end{aligned}$$

and by combination, 56 additional means of arriving at the value of this radius, such as :

$$\frac{100(\bar{ab} + \bar{ac} + \bar{ad})}{5} = \frac{100(\bar{ab} + \bar{ad})}{4} = \frac{100(\bar{ac} + \bar{cd})}{3} = \frac{100(\bar{ad} + \bar{bc})}{3}$$

As it might be a matter of some interest to engineers to know for what particular reason the displacements of the visual rays were arranged for, so as to cause consecutive intervals to be intercepted on the rod, bearing to each other the ratios of the numbers 10, 8 and 4, when 10 and its submultiples 5 and 2, or some other simple numbers might apparently have proved equally well, if not better

suited for the purpose intended, I may state that the ratios $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{15}$ and $\frac{1}{18}$ were selected because, while they permit of combinations sufficiently simple being made, to render the finding out of mistakes in the office and the correction of the same a comparatively easy task, yet they necessitate, when passing from one reading of the series to another, an arithmetical operation which cannot be performed with such great rapidity, as to leave room for suspicion that the operator may have been tempted, in order to save time, to substitute for the actual supplementary rod readings asked of him, fictitious readings deduced by computation from the interval between the two first readings. It is moreover claimed: that the variety of the six elementary ratios corresponding to the numbers 4, 8, 10, 12, 18, 22, as given above, permits of properly adjusting the range of the instrument in accordance with the degree of precision to be attained and getting readily over difficulties which arise when a part of the rod is hidden from the observer by an intervening object.

From what I have just stated, it will be seen that the "Tachéomètre Sanguet" affords to engineers and surveyors, advantages and resources for the accurate measurement of distances in the field, far ahead of any presented by other instruments proposed as substitutes for the chain or steel measuring-band or tape. Indeed it leads to results so much superior to the best secured with all other such instruments equally as regards accuracy, despatch and control of field operations, that I feel convinced the new tacheometer or measuring instrument, needs only to be placed in the right light before practical professional men and contractors to come into general use before very long to the exclusion of nearly all their ordinary surveying instruments, excepting of course a suitably divided rod.

In support of this opinion I may state that while it is found, in general, that the result of a very good chain measurement is affected by an error in excess amounting to between 3 and 6 hundredths of a foot per 100 feet, the calculated mean error which one may make in measuring a distance of 100 feet, with the new tacheometer by combining three rod intervals, is but $\frac{2.8}{100}$ of a foot, and the

results of numerous experiments show, that the mean error which actually obtains is even less than at the rate of 0.028 foot per 100 feet, viz.: — little over 0.02 ft. per 100 feet.

Again, with a view of testing the practical working of the tacheometric method of surveying, a plot of ground 538.7 acres in area and containing 605 parcels of land having the form of elongated trapeziums was surveyed in France both in the ordinary way, viz.: by running lines between angles and measuring them with the chain, &c., and also entirely with the aid of the new tacheometer and a properly divided and figured rod.

The survey of this plot of ground actually kept the party which operated in the ordinary way, 336 hours at work in the field, while the party that worked with the Sanguet tacheometer completed the whole field work in 121 hours. The party surveying with the tacheometer had to be more numerous than the other; but the cost of the tacheometer survey proved smaller than that made in the ordinary way, in the ratio of 411.4 to 789.6. So that it may be said that by the use of the new self-reducing tacheometer, the expense was in this case, reduced by one-half and the time spent on the work by two-thirds.

I may add that the "Tachéomètre Sanguet" was critically examined in detail and experimented with by the Official Commission appointed to examine the instruments of precision exhibited at the Paris International Exposition of 1889, and more recently by the "Commission extra parlementaire du Cadastre" of France.

Both these Commissions of scientific and practical men of the highest standing have rendered the verdict: that this is the most perfect instrument for surveying purposes that human ingenuity can well devise, and hence bestowed the highest encomiums on its inventor for his great achievement.

Finally, the Commission of Inventions, instituted at the Na-

tional School of " Ponts et Chaussées " in France, strongly reported in favour of the extended use of the " Tachéomètre Sangnet " by the members of this justly celebrated corps of engineers, and ordered the purchase of some instruments to be kept in their depot at the disposal of engineers who would require the same.

.....

R. STECKEL,

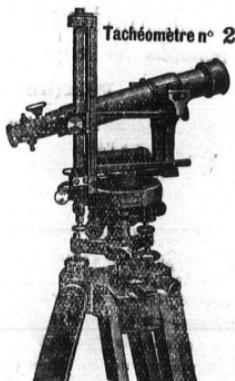
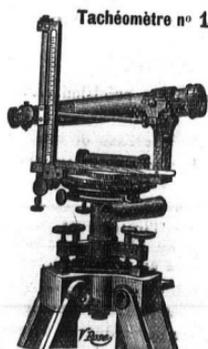
Engineer in charge, Canadian Geodetic Levelling.

CABASSON

Rue Joubert, 29 - PARIS

Seul dépositaire pour la France du

TACHÉOMÈTRE SANGUET AUTO-RÉDUCTEUR



Adopté par les Ministères des Travaux publics, de l'Agriculture (Direction des Forêts), des Colonies, etc.

Il donne les distances réduites à l'horizon sans calcul ni table, ni règle logarithmique, ainsi que les déclivités et les angles horizontaux; le tout avec des contrôles infailibles.

Très avantageux pour les Etudes de Chemins de fer (plans cotés et plans parcellaires) pour les levés cadastraux, les plans d'alignement, ainsi que pour les nivellements de haute précision.

Le n° 1 donne les distances aux rapports de 4, 8, 10, 12, 18, 20, 22, 40 et 50 millimètres par mètre. Il est préféré pour les levés de grande précision dans les villes et leurs environs. Cercle horizontal de 0°-13° donnant les angles azimutaux; échelle de pente donnant les déclivités à 1/10 de millimètre par mètre.

Le n° 2 donne les distances aux rapports de 5, 10, 15 et 25 millimètres par mètre. Sa lunette a une plus grande plongée. Son cercle est recouvert. Employé surtout dans les régions très montagneuses.

Grossissement de la lunette (nos 1 et 2) : 30 à 35 fois.

Poids de l'instrument, boîte comprise, environ 7 kilos.

Dimensions de la boîte : 0,27 × 0,18 × 0,36.

NOMBRE DE TACHEOMÈTRES VENDUS (SEPTEMBRE 1899) 186

Une Instruction de 64 pages et 7 figures accompagne chaque instrument

CABASSON

Rue Joubert, 29 - PARIS

SPÉCIALITÉS POUR INGÉNIEURS

INSTRUMENTS DE DESSIN ET DE TOPOGRAPHIE

Dépositaire des Pantographes et Planimètres CORADI

LES PLUS PARFAITS QUI EXISTENT

PRIX-COURANT

des Tachéomètres SANGUET et accessoires

Modèles N^o 1 et 2 avec pied à 6 branches

Prix unique : 950 fr.

1. Niveau à double face pour nivellements de haute précision..... 25
2. Limbe d'argent à l'échelle de pente..... 25
3. Niveau à jambes pour vérifier l'horizontalité de l'axe de rotation de la lunette..... 20
4. Verre noir pour observer le soleil..... 5
5. Pied à translation en échange du pied ordinaire..... 30
6. Canne à plomber s'accrochant sous l'axe de l'instrument pour mesurer la hauteur de la lunette au-dessus du piquet, avec pendule pour remplacer le fil à plomb dans la mise en station..... 12
7. Mire parlante à charnière développant 4 mètres..... 50
8. Mire parlante de 3^m20 en une seule pièce, très légère et très rigide... 38
9. La même, montée sur un support à coulisse permettant de relever le zéro de 0^m50; 1^m; 1^m50 ou 2^m, pour les opérations dans les terrains clos de murs ou de haies et dans les broussailles..... 60
10. Niveau sphérique s'adaptant à la mire pour en indiquer la verticalité. 10
11. Pendule pour le même objet, mais cinq fois moins sensible..... 3
13. Arc-boutant pour assurer l'immobilité de la mire dans le plan de visée, divisé par décimètres et portant un viseur pour abaisser des perpendiculaires, avec serpette..... 12
14. Rapporteur SANGUET : demi-cercle de 0^m36 de diamètre divisé en 1/5 de grade; échelle diamétrale mobile, avec écran..... 60
15. Règle à calcul SANGUET, en buis... 12 fr. en celluloid. 14
16. Tables trigonométriques centésimales, facilitant les calculs de coordonnées topographiques et géographiques, le tracé de la méridienne, celui des courbes de raccordement, etc., par SANGUET... 8

Carnets spéciaux - Tableaux pour le calcul des coordonnées

Les prix ci-dessus sont pour livraison à Paris, emballage et transport non compris.

TARIF GÉNÉRAL ENVOYÉ FRANCO SUR DEMANDE