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

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

Band: 60 (1962)

Heft: 9

Artikel: Le problème des longs polygones

Autor: Trutmann, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-217698

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.07.2025

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

Le problème des longs polygones

par O. Trutmann, Orselina

L'établissement d'un réseau de polygonation a pour but d'insérer des points fixes dans un canevas géodésique donné par une triangulation, afin d'obtenir un grand nombre de points d'appui pour les relevés de détail. Ainsi, les cheminements polygonaux, reliant des points de triangulation de 4e ordre, auront chez nous des longueurs de 2 à 3 km tout au plus. En outre, la grande précision exigée de notre réseau trigonométrique nous fournit un moyen sûr pour le contrôle des polygones, soit au point de vue de leur exactitude, soit, en cas de besoin, pour localiser des erreurs commises. Voilà des considérations qui, pour nous Européens, paraissent bien élémentaires.

Mais, si nous quittons notre continent pour examiner les conditions existant encore dans les pays d'outre-mer en voie de développement, nous nous trouverons en face de difficultés qui demandent souvent de l'ingénieur et du géomètre des facultés d'adaptation spéciales. Bien que de nombreux gouvernements reconnaissent aujourd'hui que le progrès, dans leur pays, ne peut se réaliser sans la connaissance des configurations topographiques des zones à développer, il n'en reste pas moins que d'immenses régions de notre globe sont encore totalement ou partiellement dépourvues d'une base géodésique quelconque, sur laquelle les relevés cartographiques pourraient s'appuyer. D'autre part, il serait faux d'attribuer cet état de choses à un simple retard dans l'exécution des travaux. Il faut se rendre à l'évidence que l'exécution d'un réseau de triangulation rencontre souvent des obstacles presque insurmontables, soit au point de vue technique, soit au point de vue financier.

Ces conditions existent notamment dans les forêts tropicales couvrant bien souvent des plaines de grande étendue. Il ne fait aucun doute que les relevés cartographiques de ces régions restent réservés à la photogrammétrie, basée sur la triangulation aérienne; mais, même cette méthode doit se limiter à des cartes d'ensemble à petite échelle, montrant les cours d'eau les plus importants et la topographie approximative du terrain. Ces informations sont néanmoins suffisantes pour localiser les zones susceptibles d'un développement et pour l'étude préliminaire de projets de tous genres, voies de communications, plantations, canalisations, etc. Cependant, pour l'étude définitive et l'exécution même des projets, les détails de ces régions, couvertes toute l'année par la haute et dense végétation de la forêt vierge, doivent toujours être relevés par des méthodes terrestres et bien souvent il faut renoncer à baser de tels travaux sur un réseau trigonométrique – même aérien (fig. 1).

A titre d'exemple, nous exposerons ci-après les moyens utilisés pour le relevé d'un bloc de concessions d'environ 3000 km² pour l'exploration et l'exploitation du pétrole, situé au sud des Andes vénézuéliennes. Cette région, entièrement couverte d'une immense forêt vierge, est plate et

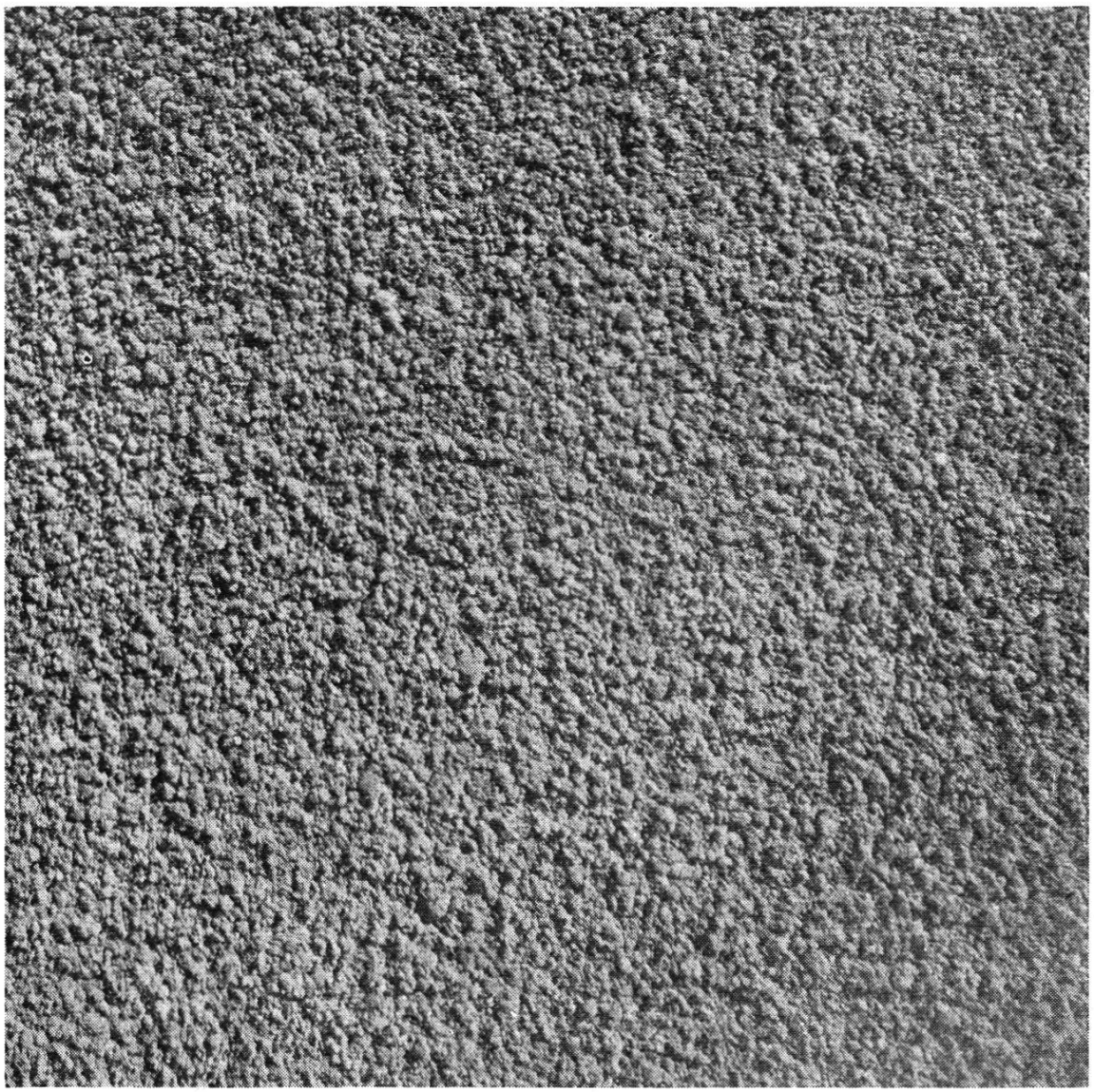

Fig. 1. Vue aérienne d'une forêt tropicale. Echelle photographique 1:20 000

partiellement marécageuse, sauf à l'extrême ouest du bloc, situé au pied des Andes.

Conformément à la loi minière du Venezuela, il s'agissait de fixer, sur le terrain même, toutes les limites des concessions, ainsi que de relever tous les détails nécessaires à la documentation des titres de forage.

Un bloc de concessions est tout d'abord divisé en concessions d'exploration, avec une surface maximum de 10 000 ha chacune. Dans le laps de temps de trois ans, le concessionnaire peut sélectionner la moitié de cette surface pour l'exploitation du pétrole, tandis que l'autre moitié doit être remise à la disposition du gouvernement. La partie retenue par le concessionnaire sera parcellée en concessions d'exploitation de chacune 500 ha au maximum. En général, la position du bloc entier est tout d'abord déterminée par des recherches géologiques et géophysiques de zones beaucoup plus vastes, dont des cartes préliminaires sont établies

par les topographes. Dans le bloc sélectionné, on connaît donc déjà à peu près les emplacements possibles de gisements de pétrole, ce qui permet de le diviser de telle façon que la partie la plus favorable reste dans les mains du concessionnaire.

Cela explique la forme allongée des concessions d'exploration, qui, dans le cas dont il est question, ont toutes, à peu d'exceptions près, des dimensions d'environ 64 km sur 1,8 km (fig. 2).

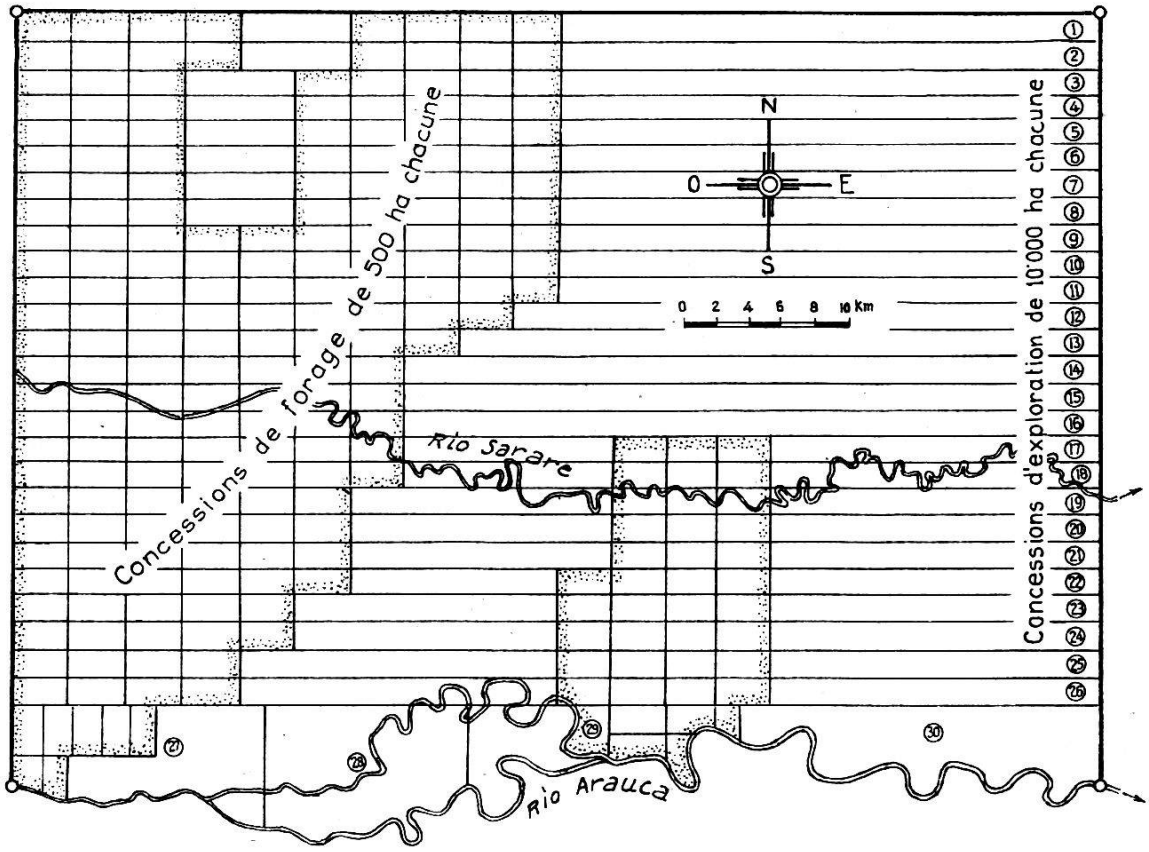

Fig. 2. Division d'un bloc de concessions

Comme documents topographiques, le gouvernement exige des plans à l'échelle 1:20000 pour les concessions d'exploration et à l'échelle 1:10000 pour celles d'exploitation. Le concessionnaire, ayant retenu un peu moins de la moitié du bloc, il s'en suit qu'il doit préparer à peu près 250 plans, accompagnés de tous les calculs du réseau de polygonation. Sur le terrain, chaque angle de concession est à marquer de manière bien visible et durable.

Il résulte de ces obligations qu'une certaine tension est pratiquement inévitable entre les services géologiques et topographiques: le premier retardant la sélection finale, parce qu'une recherche incomplète pourrait mener à la perte de gisements de valeur, le second exigeant une décision, afin de pouvoir délivrer en temps utile les documents, tout retard entraînant la perte de la concession.

En tout cas, il est aisé de se rendre compte que le peu de temps disponible oblige à prendre aussitôt que possible toutes dispositions adéquates, non seulement quant aux travaux de mensuration eux-mêmes, mais aussi en ce qui concerne une organisation parfaite du ravitaillement et un équipement en instruments permettant un travail rationnel et efficace.

De prime abord, il était clair qu'il fallait renoncer à l'établissement d'un réseau de triangulation, non seulement à cause des difficultés techniques d'un tel travail en forêt, mais aussi parce qu'il n'en serait pas découlé une économie sensible de temps dans le piquetage des concessions et le relevé des détails topographiques. C'est pour ces raisons que le relevé du bloc fut entièrement basé sur un simple réseau de polygonation.

Sans connaître la sélection définitive des concessions de forage, on savait néanmoins dès le commencement que la partie la plus prometteuse allait tomber dans l'ouest de la région et que, si les espérances des géologues se vérifiaient, ce serait là aussi qu'une activité intense se développerait plus tard. C'est pour cela que la polygonale principale se compose de deux lacets, l'un d'une longueur de 170 km encadrant la partie ouest, l'autre de 155 km encadrant la partie est du bloc. Une liaison favorable était offerte par le cours du Rio Sarare, divisant les deux lacets par le milieu. Le travail de mesure de ces 420 km de polygones principaux était

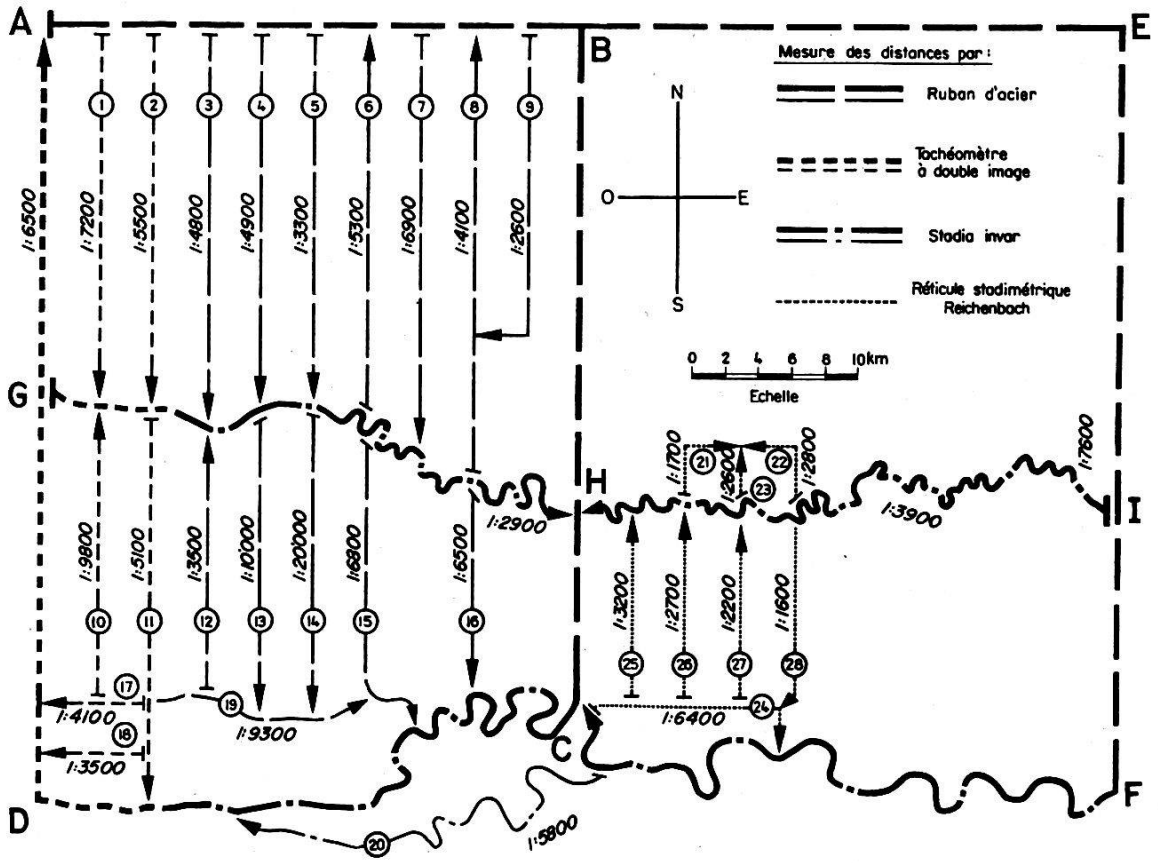

Fig. 3. Réseau de polygonation avec les erreurs de fermeture en relation des longueurs

réparti entre quatre équipes, chacune composée d'un topographe et de 20 à 30 ouvriers et de telle manière qu'on pouvait espérer terminer chaque section en même temps (fig. 3).

Tous les angles furent mesurés avec le théodolite Universel Wild T 2, des contrôles d'azimut étant intercalés tous les 5 km environ à l'aide d'observations solaires. Les erreurs de fermeture trouvées à ces points furent en moyenne de moins de 3 minutes sexagésimales.

Les difficultés de contrôle de si longs polygones ne se présentent donc pas dans la mesure des angles, d'autant moins que la longueur des sections entre les observations solaires peut être choisie à volonté et malgré que dans la forêt vierge ces stations d'observation demandent un déboisage considérable.

Bien plus critique et même décisive est la mesure des distances, qu'elle soit faite directement ou optiquement. Il est pratiquement impossible d'éliminer les erreurs systématiques et, même si elles restent dans des limites normales, il est souvent difficile de juger, par les erreurs de fermeture de polygones de telles longueurs, si celles-ci sont composées de l'addition d'inexactitudes inévitables ou si elles contiennent aussi des fautes effectives. C'est donc ces dernières erreurs qu'il faut éviter à tout prix, car on les constate seulement lors de la fermeture des polygones secondaires, c'est-à-dire après la pose des postes-témoins des concessions sur une étendue plus ou moins grande. Comme exemple à ne pas suivre, citons le cas d'une distance mesurée sans contrôle aucun à travers une gorge d'une autre région. La faute commise sur cette distance fut heureusement découverte après la fermeture des premiers polygones secondaires déjà, mais les rajustements qui s'en suivirent n'en coûtèrent pas moins dans les 30000 francs. Ce n'est pas, en effet, le relevé même qui cause les plus grands frais; ce sont les dislocations des camps, le nettoyage des lignes, le transport et le ravitaillement.

Pour le travail en question, les distances se mesuraient, selon les conditions du terrain, soit avec le ruban d'acier, soit optiquement avec la mire horizontale ou avec la stadia horizontale en invar.

Les rubans d'acier, d'une longueur de 50 m, ne trouvaient leur application que dans les sections plates des polygones. Le contrôle de leur longueur se faisait de temps en temps sur une base établie dans le camp principal de ravitaillement. Les mesures directes avec le ruban ne se faisaient qu'une seule fois, mais chaque côté était contrôlé optiquement dans les deux sens avec la mire verticale. A peu près 150 km furent mesurés de cette façon.

La mesure optique de précision avec mires horizontales ne fut appliquée que sur une longueur de 60 km, à savoir le long de la limite occidentale du bloc, traversant une zone assez accidentée. Ces mesures étaient faites avec l'équipement Wild DM 1, monté sur le théodolite Universel T 2. Il est évident que l'emploi de la mire horizontale augmente sensiblement le travail de nettoyage des lignes mais, en égard à l'importance d'une précision aussi uniforme que possible sur toutes les sections, des mesures optiques avec fils stadiamétriques n'auraient pu donner satisfaction. Du

reste, la méthode optique à double image est utilisée dans des conditions ne présentant guère de différences notables avec celles qui existent en Europe. Les lectures sont faites presque exclusivement à l'ombre de la forêt, sans vibrations excessives de l'air. La mise en place, en hauteur et en direction, des mires est faite à la perfection par des indigènes ne sachant ni lire ni écrire, mais fiers du travail bien fait et conscients de la supériorité qu'il leur confère vis-à-vis des ouvriers s'occupant du seul nettoyage des lignes.

La limite sud de la concession et le raccordement du milieu déjà mentionné plus haut étaient fixés par le Rio Arauca et le Rio Sarare respectivement, le Rio Arauca formant aussi la frontière entre les deux républiques du Venezuela et de la Colombie. Tous deux, à l'échelle européenne, sont des fleuves considérables, dont les eaux, abritant d'innombrables crocodiles, se sont faites un lit tortueux à travers la forêt et dont les rives sont bordées de parois impénétrables d'arbres et de broussailles. L'établissement d'un polygone conventionnel à travers cette végétation excessivement dense aurait conduit à des travaux de nettoyage considérables. Une solution beaucoup plus économique consistait à mettre à profit la clairière du fleuve en situant les points de stationnement alternativement sur ses rives gauche et droite et en formant ainsi une polygonale en zigzag (fig. 4). Inutile de dire que les côtés en résultant étaient d'une telle longueur qu'ils ne pouvaient se mesurer ni avec le ruban ni

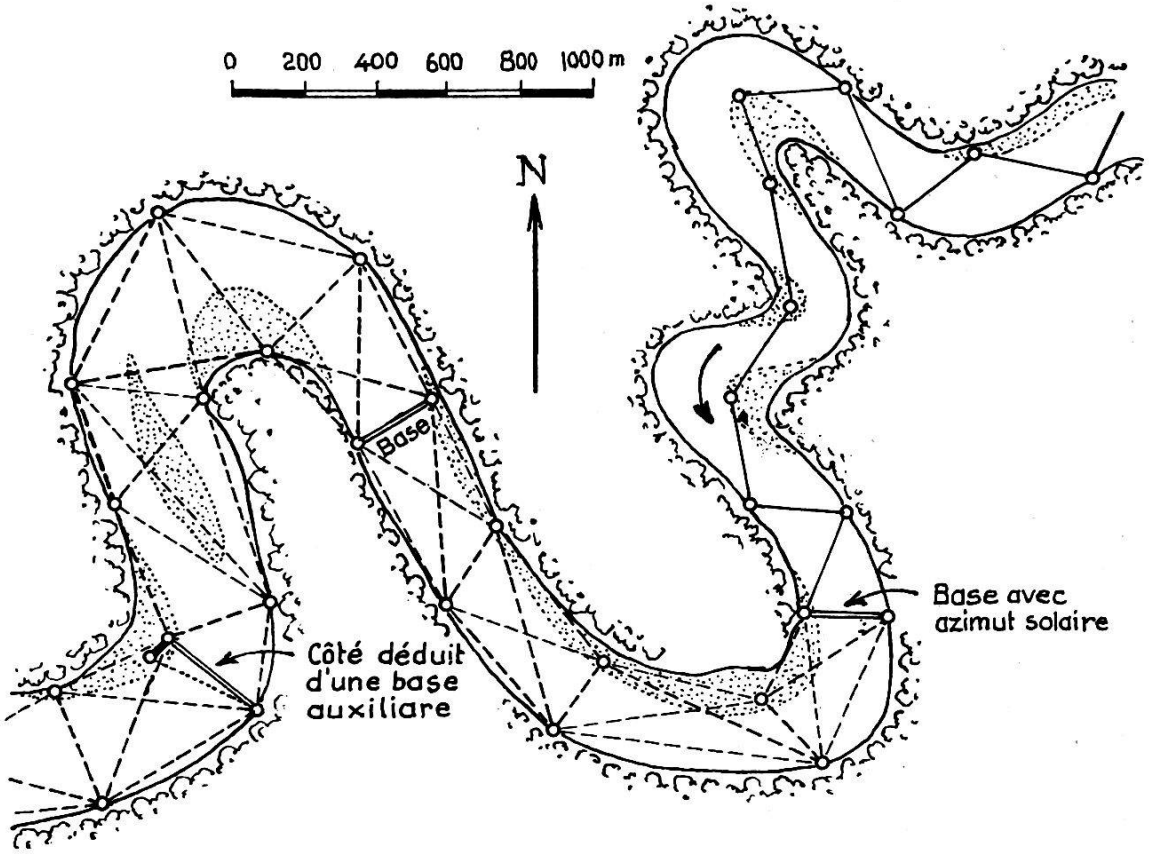

Fig. 4. Relevé d'un fleuve avec la stadia en invar

avec une méthode optique de précision mais, par contre, de façon idéale à l'aide de la stadia horizontale en invar. Ici aussi, l'équipement Wild, combiné avec le théodolite Universel, a donné pleine satisfaction. Suivant les distances, la mesure de l'angle parallactique se répétait plusieurs fois et dans les deux sens du côté. L'erreur moyenne de l'angle fut d'une demi-seconde sexagésimale, soit 10 à 15 cm sur une distance de 300 m. Ces erreurs, étant de caractère accidentel, s'encadraient favorablement dans la précision générale des polygones, même en tenant compte que les erreurs augmentent avec le carré de la distance. D'ailleurs, la méthode de la stadia en invar peut être facilement adaptée à la précision que l'on veut atteindre. C'est ainsi que, aussitôt que les distances devenaient trop grandes, on abandonnait la polygonale pour passer à la triangulation par chaîne, reposant sur une base mesurée à travers la rivière, soit directement, soit en introduisant une base auxiliaire. Il est notoire que la stadia en invar offre de grands avantages pour de nombreux travaux, mais l'auteur connaît peu d'exemples où ces avantages sont aussi marqués que dans le cas du relevé des grands fleuves tropicaux (fig. 5).

En ce qui concerne le calcul, il est évident qu'il était fait à deux reprises: la première fois par l'expédition elle-même et la seconde fois par les calculateurs du bureau central. Malgré toutes les précautions prises, les résultats étaient attendus avec impatience, voire même avec une certaine anxiété. Quelle assurance avait-on, en effet, contre les erreurs grossières, toujours possibles en dépit des efforts et de l'attention mis à contribution? La chaleur, l'humidité, les nuées de moustiques et les insectes de tout genre qui infestent la forêt vierge – sans même parler des conditions difficiles du terrain – tout cela contribue rapidement à la fatigue et à une déficience dans la concentration des opérateurs et des aides.

Voici maintenant les erreurs de fermeture des polygones principaux:

Circuit ouest	$fs = 26{,}3$ m	ou 1:6500 sur 171 km
Circuit est	$fs = 20{,}6$ m	ou 1:7600 sur 156 km
Raccordement *G–H*	$fs = 16{,}4$ m	ou 1:2900 sur 49 km
Raccordement *I–H*	$fs = 12{,}5$ m	ou 1:3900 sur 47 km

Ces erreurs étaient un peu plus grandes qu'on ne l'avait supposé, bien qu'elles cadrent assez bien avec les résultats obtenus lors de travaux semblables dans d'autres régions du pays. Elles démontrent une fois de plus l'incertitude inhérente au relevé purement polygonométrique de grande étendue. Ni de la direction ni de l'amplitude de ces erreurs on ne peut déduire si le relevé est libre d'erreurs grossières; encore moins peut-on les localiser sur telle ou telle section des lignes principales. Par contre, les fermetures des 20 polygones secondaires, enfermés dans le circuit ouest, furent tout à fait régulières, d'où l'on peut conclure que tout le réseau, d'au total 900 km, n'était entaché que d'inexactitudes normales et admissibles (fig. 3).

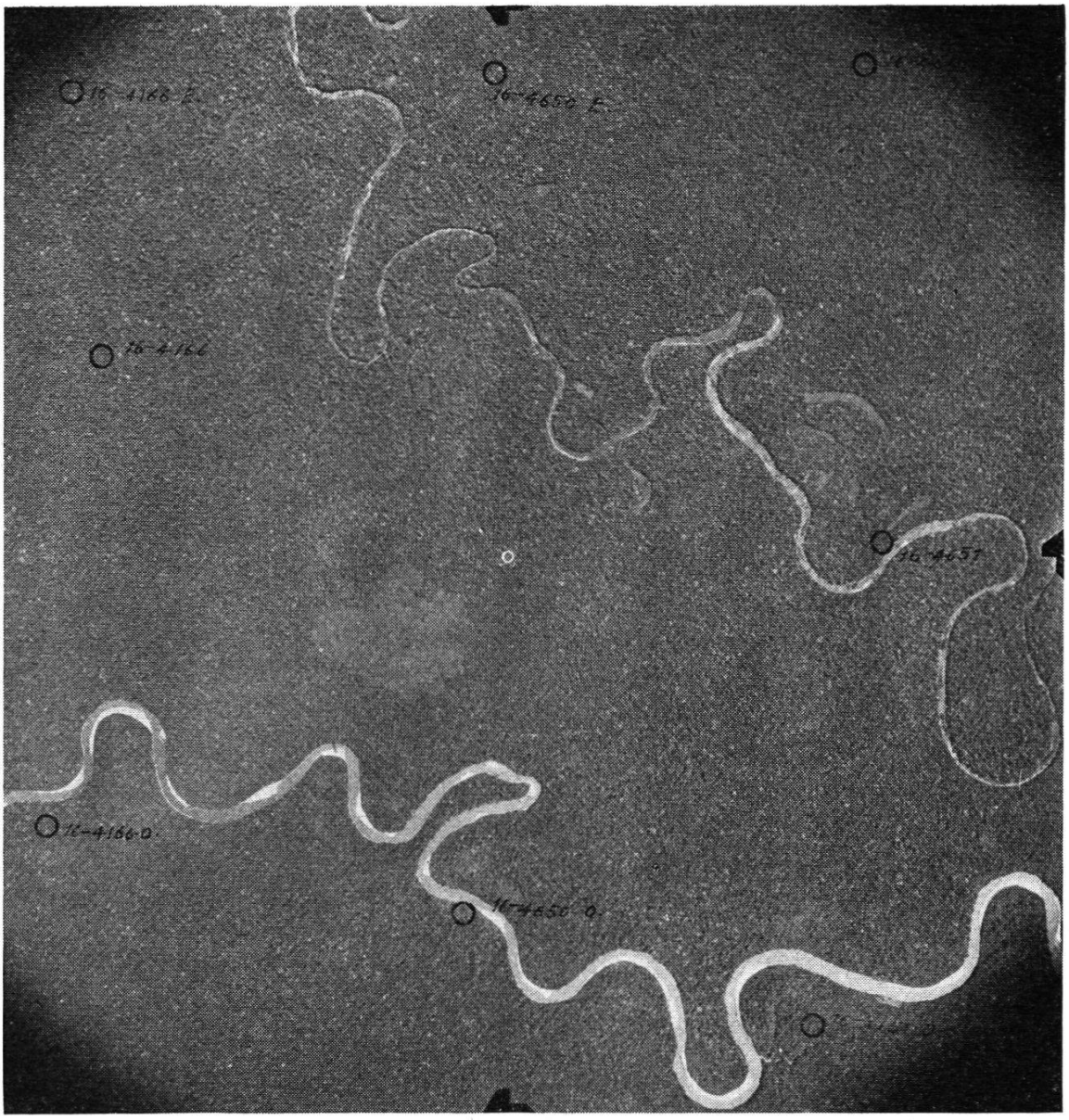

Fig. 5. Cours d'un fleuve dans la forêt tropicale. Echelle photographique 1:40 000

Dans cette région complètement inhabitée, le relevé de détail se bornait aux cours d'eau. Il fut exécuté entièrement avec le théodolite-boussole Wild T0. Il eût été logique de reporter ces détails – d'ailleurs sujets à des changements naturels relativement rapides – graphiquement sur les plans, mais en accord avec les lois minières même ces lignes prises à la boussole devaient être calculées – ajoutant plusieurs centaines de kilomètres au calcul du réseau de polygonation. Egalement superflue était l'exigence du gouvernement d'une copie complète des calculs des polygones principaux pour chacune des 30 concessions d'exploration et des polygones secondaires pour chacune des 220 concessions de forage, à l'aide desquels la position de chaque concession pouvait être déterminée indépendamment. Si de telles requêtes furent bientôt abandonnées, ce ne fut certes pas pour simplifier les travaux des compagnies de pétrole, mais

bien parce qu'il était à prévoir que même les archives spacieuses du palais du Ministère des mines se seraient remplies en peu de temps d'une masse énorme de papiers entièrement inutiles.

Dans la loi minière d'alors, la prétention que toute concession soit traitée comme figure-plan n'était pas très heureuse non plus. Elle forçait le concessionnaire à appliquer des corrections de convergence aux observations solaires, en rapport avec un méridien moyen du bloc, ayant pour conséquence de créer des lacunes ou des recouvrements dans les zones limitrophes de concessions de compagnies concurrentes. Il est facile d'imaginer que cela n'allait pas sans de sérieuses complications dès que de telles régions devenaient productives.

Dans le cas en question, ces difficultés n'eurent pas de raison d'être, car dès les premiers forages d'essai, poussés à une profondeur de 5000 m, les résultats furent si négatifs que les concessions furent abandonnées. C'est là un exemple typique des risques pris par les compagnies de pétrole dans la recherche de nouveaux gisements. Il est bien certain que les lourdes pertes causées par de vaines années d'exploration, ainsi que par les très coûteux forages de prospection, ne peuvent être supportées que par des entreprises de grande puissance financière.

Pour l'ingénieur et le géomètre, posons la question: Que reste-t-il, dans un cas pareil, de son travail mené à bonne fin, en dépit de sa longue et courageuse lutte contre tant de difficultés? Il sait bien que tout va disparaître en peu de temps sous la poussée inéluctable de la végétation tropicale. Quelques traces demeureront, bien sûr, mais qui s'en servira dans ces régions trop lointaines et trop difficiles d'accès pour être utilisées à des fins autres que celle du pétrole? Oui, vraiment, à bien des points de vue, la différence est grande entre l'activité de l'ingénieur chez nous et celle, souvent ignorée, des pionniers non moins capables dans les pays d'outre-mer.