

MEDDELELSER OM GRØNLAND

UDGIVNE AF

KOMMISSIONEN FOR VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I GRØNLAND

Bd. 174 · Nr. 1

---

EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND

E. G. I. G. 1957—1960 Vol. 4 No. 1

---

MOUVEMENT ET  
VARIATION D'ALTITUDE DE LA ZONE  
D'ABLATION OUEST

(LATITUDE MOYENNE 69°40' N) DE L'INDLANDSIS  
DU GROENLAND ENTRE 1948 ET 1959

PAR

A. BAUER

AVEC LA COLLABORATION DE  
W. AMBACH ET O. SCHIMPP

---

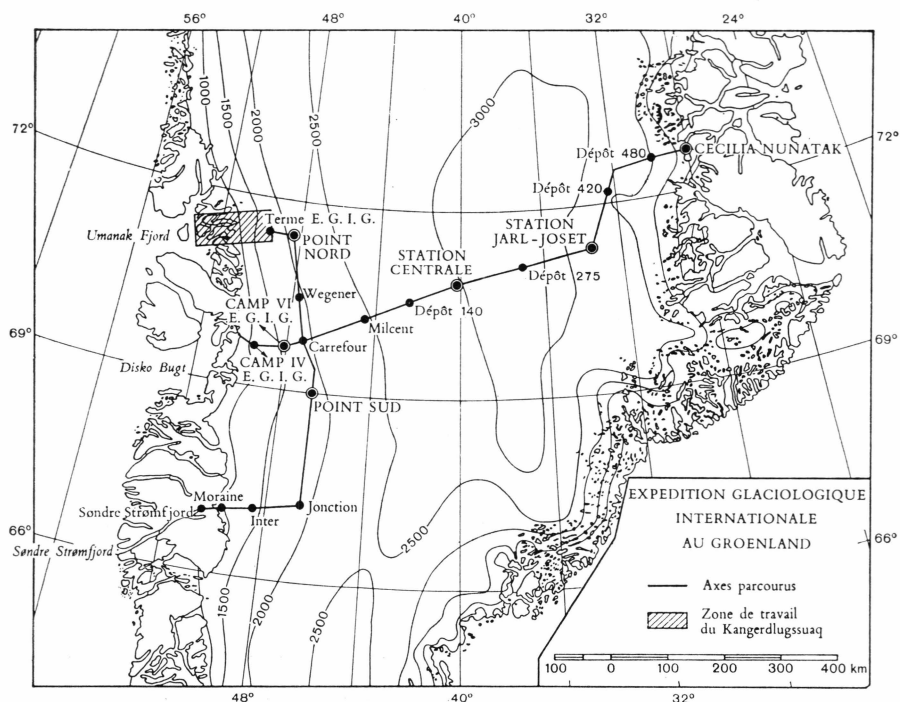
AVEC 9 FIGURES, 20 PHOTOS ET 32 TABLES DANS LE TEXTE  
ET 1 ANNEXE HORS-TEXTE

KØBENHAVN

C. A. REITZELS FORLAG

BIANCO LUNGS BOGTRYKKERI A/S

1968



## EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND 1957-1960

Réalisation technique:  
EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES  
(Missions PAUL-EMILE VICTOR)

L'EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND est une expédition commune à un certain nombre d'organismes scientifiques des pays suivants: Allemagne, Autriche, Danemark, France et Suisse. Créée en 1956, elle fut autorisée par le Gouvernement de Danemark et patronnée par L'ASSOCIATION INTERNATIONALE D'HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE.

La direction scientifique de l'expédition est assurée par le COMITE DE DIRECTION, et sa réalisation confiée aux EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES. Le chef d'expédition est PAUL-EMILE VICTOR. Le support aérien a été assuré par les FORCES ARMEES AIR (France).

Après deux années de préparation et de reconnaissances (1957-1958), le programme de recherches glaciologiques dans la partie centrale du Groenland a été réalisé pendant la campagne d'été 1959 et l'hivernage à la Station JARL-JOSET (1959-1960). L'expédition proprement dite s'est terminée par une campagne réduite en 1960 ramenant hivernants et matériel.



## TABLE DES MATIÈRES

	Page
ABSTRACT.....	5
RÉSUMÉ.....	5
PRÉFACE.....	7
1. TRAVAUX DU GROUPE DE GLACIOLOGIE CÔTIÈRE.....	9
1.1. Idée générale des recherches glaciologiques.....	9
1.2. Composition du Groupe de Glaciologie Côtière.....	10
1.3. Chronologie des travaux en 1959.....	14
1.4. Remarques technologiques.....	19
2. TRAVAUX DE GÉODÉSIE DANS LA ZONE D'ABLATION.....	21
2.1. Signalisation des stations.....	21
2.2. Observations azimutales.....	27
2.3. Calcul de la triangulation.....	28
2.3.1. Détermination de la base TN 59 — TS 59.....	28
2.3.2. Compensation de la chaîne entre les bases A 13 — A 14 et TN 59 — TS 59.....	30
2.3.3. Détermination de B 28, B 29, et B 30.....	32
2.3.4. Compensation de la chaîne entre B 30 et B 34.....	34
2.3.5. Mise à l'échelle de la chaîne B 30 à B 34.....	34
2.3.6. Compensation de A 15.....	36
3. SYSTÈME DE PROJECTION.....	37
3.1. Intérêt d'un système orthogonal de projection.....	37
3.2. Choix du système de projection.....	37
3.3. Caractéristiques du système de projection choisi.....	37
3.4. Position et orientation de la triangulation.....	38
3.5. Calcul des coordonnées rectangulaires des points.....	39
3.5.1. 1948.....	39
3.5.2. 1949.....	40
3.5.3. 1950.....	41
3.5.4. 1952 et 1953.....	41
3.5.5. 1959.....	41
3.5.6. Contrôle et précision.....	41
3.5.7. Répertoire des coordonnées rectangulaires.....	43
3.6. Détermination des coordonnées géographiques.....	45
4. MOUVEMENT HORIZONTAL ET VITESSES MOYENNES.....	47
4.1. Mouvement horizontal.....	47
4.2. Variation des distances.....	50
4.3. Remarques sur le mouvement de l'Indlandsis.....	52

	Page
5. DÉTERMINATION DES ALTITUDES – NIVELLEMENT GÉODÉSIQUE	55
5.1. Réduction des observations zénithales . . . . .	55
5.2. Distances zénithales réduites . . . . .	56
5.3. Calcul des dénivelées . . . . .	60
5.4. Calcul de $\log q$ . . . . .	60
5.5. Calcul des altitudes . . . . .	61
5.6. Contrôle des altitudes et précision . . . . .	61
5.7. Altitudes déterminées par nivellement géodésique . . . . .	62
5.8. Altitudes rattachées au nivellement géodésique . . . . .	63
5.9. Variation d'altitude de 1948 à 1959 . . . . .	66
6. CONCLUSION . . . . .	67
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	71
ANNEXE Observations azimutales . . . . .	72

### Abstract

In this first of the four reports on research by the Coastal Glaciological Group of EGIG, the author gives an account of the general idea of glaciological researches in ablation zone and the chronology of work.

The matter was to determine the velocity, the variation of altitude of the ablation zone, the distribution of ablation, the accuracy of the measurements and the flow of melting waters.

The detailed study of the energy budget should allow to measure each component factor of ablation. Movement and front variations of Equip sermia should possibly be measured.

With A. BAUER as a leader these investigations were carried out by O. SCHIMPP (Glaciology) and W. AMBACH (energy budget) from May 10th to August 11th, 1959 in Camp IV-EGIG ( $69^{\circ}39'58''$  N,  $49^{\circ}37'44''$  W, 1013 m) and along a west-east profile of 40 km at the mean latitude of  $69^{\circ}40'$  N.

A triangulation along this profile through markers measured in 1948, 1949, 1950, 1952 and 1953 allowed to determine the horizontal movement in the ablation zone.

The movement is lineary, increasing from 18 m/year at the west border to 80 m/year at the equilibrium line along a distance of 40 km.

Geodetic levelling and connection with geometric levelling of the same markers permitted the determination of the altitude variation of the profile. This variation, which represents a diminution of 0,30 m/year of water, has a disputable accuracy: by the movement of the markers along a rough surface and by incertain ablation values which vary from year to year, the extrapolation of the altitude measured in 1959 back to those of the position in 1948 or 1952 is hazardous. Nevertheless, the sign and the order of magnitude are valuable in accordance with observations of the negative balance of the Greenland ice sheet.

Complementary observations of the movements of the border moraine conclude this report. The front of the ice sheet, which carries this moraine, is advancing by 1,5 m/year, in spite of a regular thinning since 1912.

## Résumé

Dans ce premier des quatre rapports des travaux du Groupe de Glaciologie Côtière, l'auteur rappelle d'abord l'idée générale des recherches entreprises dans la zone d'ablation et la chronologie de l'ensemble des travaux.

Il s'agissait de déterminer le mouvement, la variation d'altitude de la zone d'ablation, la distribution de l'ablation, la précision des mesures et l'écoulement des eaux de fonte.

L'étude détaillée du bilan thermique devait chiffrer tous les facteurs conditionnant l'ablation. Le mouvement et les variations du front du glacier de l'Eqip sermia devaient être déterminés à l'occasion.

Sous la direction de A. BAUER, ces travaux furent réalisés avec O. SCHIMPP (glaciologie) et W. AMBACH (bilan thermique) du 10 Mai au 11 Août 1959 au Camp IV-EGIG ( $69^{\circ} 39' 58''$  N,  $49^{\circ} 37' 44''$  W, 1013 m) et le long d'un profil ouest-est de 40 km à la latitude moyenne de  $69^{\circ} 40'$  N.

Une triangulation le long de ce profil, englobant les points marqués et mesurés en 1948, 1949, 1950, 1952 et 1953, permet de déterminer le mouvement horizontal de la zone d'ablation.

Le mouvement va en croissant linéairement de 18 m/an au bord ouest à 80 m/an à la ligne d'équilibre sur une distance de 40 km.

Un nivellement géodésique et le rattachement au nivellement géométrique des mêmes points permet de déterminer la variation d'altitude du profil. Cette variation, qui représente une diminution de 0,30 m/an valeur en eau, est connue avec une précision discutable: par suite du mouvement des points de la topographie superficielle tourmentée et de l'incertitude sur l'ablation qui varie d'année en année, l'extrapolation de l'altitude mesurée en 1959 à celle de la position des points en 1948 ou 1952 reste hasardeuse. Néanmoins, le signe et l'ordre de grandeur de la valeur de la diminution sont exacts en concordance avec les observations du bilan négatif de l'Indlandsis du Groenland.

Des observations complémentaires sur le comportement de la moraine bordière complètent ce rapport. Le front de l'Indlandsis qui porte cette moraine, malgré un amincissement régulier depuis 1912, avance à raison de 1,5 m/an.

## PREFACÉ

Le rapport présenté est avant tout le résultat d'une bonne préparation et d'une bonne coordination dans le cadre de l'ensemble de l'E.G.I.G.

La réalisation des travaux, pour un groupe isolé de trois hommes, dépend avant tout de la bonne entente et de l'amitié des participants. De ce point de vue, avec mes amis W. AMBACH et O. SCHIMPP, nous formions une équipe homogène. L'expérience de la zone d'ablation, acquise en 1948 et 1949, permit d'installer le camp tel que W. AMBACH put travailler seul du 24 Juin au 16 Juillet, pendant que O. SCHIMPP et moi nous réalisions à pied, pendant la même période, les travaux de géodésie entre la côte et le Camp IV-EGIG.

Je tiens à remercier tout particulièrement le Sgt.chef MORTON, qui séjourna au camp du 10 au 26 Mai 1959: grâce à sa gentillesse et à son activité inlassable, les abris furent aménagés rapidement et le travail scientifique put commencer avec 15 jours d'avance sur le programme prévu.

Pour finir, je remercie aussi mon Collègue de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, le Prof. L. TSCHAEN, pour l'aide apportée au calcul de la triangulation et du nivellement géodésique.

A. BAUER  
09 03 66



# 1. TRAVAUX DU GROUPE DE GLACIOLOGIE CÔTIÈRE

## 1.1. Idée générale des recherches glaciologiques

Les travaux de glaciologie envisagés dans la zone d'ablation ouest de l'Indlandsis du Groenland sont conditionnés par les travaux antérieurs :

- étude du mouvement de la moraine et de la zone bordière de l'Indlandsis (MERCANTON, 1925),
- étude du mouvement du bord de l'Indlandsis et de l'Eqip sermia (BAUER, 1953; GRISONI, 1954).

Il s'agissait, avant tout, de s'installer pour une campagne d'été au coeur de la zone d'ablation, de retrouver les repères que nous avons mis en place en 1948 et 1949, puis de refaire une triangulation complète pour déterminer position et altitude de ces repères afin d'en déduire finalement le mouvement horizontal et la variation d'altitude de la surface de la glace. A l'occasion, le mouvement et la variation du front de l'Eqip sermia devaient être déterminés à nouveau.

Mais l'étude du mouvement n'est possible qu'avec une étude détaillée de l'ablation de long du profil ouest-est de la zone étudiée. De plus, l'ablation est une donnée fondamentale pour le calcul du bilan de masse de l'Indlandsis et elle n'avait *jamaï*s été mesurée avec précision. Il fallait, en conséquence, implanter des balises d'ablation de longue durée le long du profil étudié. Ces balises ont été implantées lors des travaux de 1958 (BAUER, 1968 a) et étudiées au cours de la campagne de 1959. Un réseau important de balises d'ablation autour d'une balise principale devait, pour la première fois, donner la précision des mesures d'ablation (BAUER, 1960).

Des mesures de l'écoulement en surface de l'eau de fonte devaient compléter les mesures d'ablation.

Enfin, l'étude détaillée de la marche de l'ablation devait être menée parallèlement à celle des causes de cette ablation. Une station de météorologie et de climatologie des basses couches de l'atmosphère en contact avec la glace devait, en plus, étudier tous les facteurs entrant dans la détermination du bilan thermique.

En conséquence, le Groupe de Glaciologie Côtière a été installé, pendant la campagne d'été 1959 de l'E.G.I.G., au Camp IV-EGIG comme base principale. L'emplacement choisi en 1959 était placé à  $69^{\circ} 39' 58''$  N  $49^{\circ} 37' 44''$  W, à une altitude de 1013 m. Rappelons que la position et l'altitude de Camp IV-EGIG sont variables.

La position de Camp IV-EGIG 1959 coïncide avec celle du repère TS 49, implanté et mesuré par nous en 1949 (TSCHAEN, 1959). La zone d'ablation ouest de l'Indlandsis s'étend de part et d'autre du camp de base Camp IV-EGIG, à la latitude moyenne de  $69^{\circ} 40'$  N, vers l'ouest de 20 km jusqu'au Camp III, bord ouest de l'Indlandsis, et vers l'est de 17 km jusqu'à BK 7.

Tout le matériel du camp de base a été droppé et parachuté à partir de Søndre Strømfjord. Le matériel scientifique et le personnel ont été amenés par hélicoptère à partir du Camp VI-EGIG. Un dépôt léger (tente et vivres) existait au Camp III et un autre dépôt de vivres à la côte devant l'Eqip sermia, dans l'ancienne baraque des Expéditions Polaires Françaises, à de Quervains Havn.

## 1.2. Composition du Groupe de Glaciologique Côtière

Le Groupe de Glaciologie Côtière était composé comme suit :

- A. BAUER, chef de Groupe, géodésie et glaciologie,
- W. AMBACH, météorologie et bilan thermique,
- O. SCHIMPP, glaciologie.

En début de campagne, j'ai mis SCHIMPP à la disposition du Groupe de Nivellement pour aider le nivellement à pied à travers la zone d'ablation, du 11 au 23 Mai 1959. Par contre, du 10 au 26 Mai, nous avons bénéficié de l'aide du Sgt-Chef MORTON (mécanicien hélicoptère), aide capitale pour la réception des colis parachutés par les NORD 2501 et pour la construction et l'aménagement des cabines et abris scientifiques. (Photo 1).

Logé d'abord sous la tente, le Groupe a rapidement monté une cabine parachutée, démontée par panneaux. L'installation a été complétée en montant cette cabine sur un vieux traîneau EPF dégagé de la glace.

Une ancienne roulotte EPF, montée sur traîneau et abandonnée en 1950, a été dégagée de la glace où elle était prise, toit en bas. Malgré son poids, elle a été retournée et mise en place à l'aide de 2 parachutes, un jour de grand vent. La cuisine y a été installée, ce qui dégagait d'autant la cabine habitat. Enfin, un autre traîneau EPF a été dégagé, un abri construit dessus à l'aide de madriers, couvert et fermé par une grande bâche, le tout servant d'abri laboratoire et de stockage du matériel scientifique.



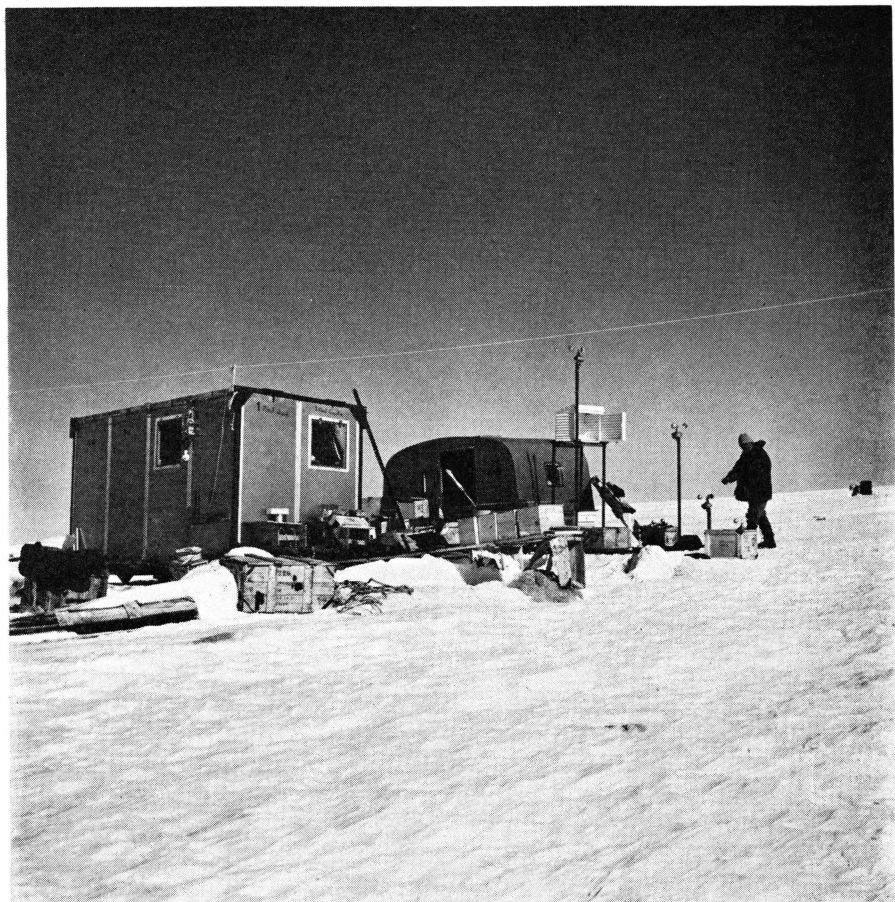


Photo 1. Camp IV-EGIG mai 1959.

Le Groupe de Glaciologie Côtière disposa donc, en fait, de 3 abris bien aménagés, montés tous les trois sur traîneau. Il était donc possible de les déplacer facilement sur la glace, à l'aide de parachute, si nécessaire, lorsque la fonte rendait leur équilibre instable. En effet, par suite de l'ablation intense autour des abris, retardée sous les abris même, ceux-ci finissaient rapidement par se trouver perchés de travers sur un champignon de glace. (Photo 3). Les abris ont été déplacés deux fois au cours de la campagne. Rappelons que l'ablation totale au Camp IV-EGIG fut de 1,70 m de glace pendant l'été 1959.

Les champs d'expérience et la station météorologique ont été installés à grande distance des abris, de façon à les soustraire à leur influence. Un chemin sûr, marqué par des tétraèdres, garantissait la sécurité de déplacement des observateurs, même par temps de blizzard ou de white out (AMBACH, 1963). (Photo 2).



Photo 2. Station météorologique pour l'étude du bilan thermique.

Une fois la station météorologique en marche et les surfaces marquées par des balises d'ablation, BAUER et SCHIMPP se mirent en route à pied pour les travaux de géodésie à l'ouest du Camp de base, laissant AMBACH seul à ses travaux.

Le programme a, dans son ensemble, été réalisé, malgré l'arrêt des mesures le 8 août au lieu de fin août 1959 comme prévu. Il n'a pas été possible de vérifier la continuation de l'ablation, en particulier entre BK 5 et BK 7, après le 10 août 1959.

De plus, il avait été prévu d'implanter des balises d'ablation de longue durée sur tout le profil. Les éléments des balises de 30 m de longueur ont été déposés par hélicoptère en début de campagne à BK 1, BK 2, BK 3, BK 4. Ces balises auraient été en place au moins pendant 15 ans, c'est-à-dire au moins jusqu'à la deuxième opération E.G.I.G. Ces balises n'ont pas été implantées par suite du manque d'heures de vol d'hélicoptère pour le transport de la sonde thermique, aussi bien à la



Photo 3. Champignon de glace formé sous l'abri laboratoire qui vient d'être déplacé.

première rotation des Alouettes en début de campagne qu'à la seconde en fin de campagne, ce qui est bien regrettable. Seule une balise de 30 m a été implantée à BK 5. Le transport de la sonde à pied était impossible.

Il faut ajouter que, pendant toute la durée de l'expédition, mes fonctions de Secrétaire Général de l'EGIG étaient annulées au profit de la seule responsabilité de chef du Groupe de Glaciologie Côtière. Le Comité de Direction de l'EGIG avait, pendant cette période, délégué ses pouvoirs à l'observateur danois B. FRISTRUP.

Les travaux du Groupe de Glaciologie Côtière ont fait l'objet des rapports suivants:

- BAUER A.    Mouvement et variation d'altitude de la zone d'ablation ouest (latitude moyenne  $69^{\circ} 40' N$ ) de l'Indlandsis du Groenland entre 1948 et 1959  
Medd. om Grønland. 174,1, 1968.  
(E.G.I.G. Vol. 4, No. 1).

- BAUER A. Le Glacier de l'Ege (Eqip sermia) 1959,  
Mouvement et variation du front  
Medd. om Grønland. 174.2, 1968.  
(E.G.I.G. Vol. 4, No. 2).
- BAUER A. Grandeur et distribution de l'ablation sur le versant ouest  
(latitude moyenne 69° 40' N) de l'Indlandsis du Groenland  
entre 1958 et 1959  
Medd. om Grønland. 174.3 (en préparation).  
(E.G.I.G. Vol. 4, No. 3).
- AMBACH W. Untersuchungen zum Energieumsatz in der Ablationszone  
des Grönländischen Inlandeises  
Medd. om Grønland. 174.4, 1963.  
(E.G.I.G. Vol. 4, No. 4).

Ces quatre ouvrages forment un ensemble cohérent, et chacun se base sur les 3 autres.

### 1.3. Chronologie des travaux en 1959

Cette chronologie se limite au séjour du Groupe de Glaciologie Côtière dans la zone d'ablation, à l'exclusion de l'acheminement du personnel et du matériel en partant de Søndre Strømfjord, passant par Jonction et Camp VI-EGIG. L'évacuation se fit par de Quervains Havn où vint nous prendre le navire hydrographique « GAUSS » après ses travaux dans le Kangerdlugssuaq. L'activité de W. AMBACH est exposée dans son rapport (AMBACH, 1963).

- 10 Mai 1959 Arrivée de BAUER et de MORTON au Camp IV-EGIG avec un minimum de matériel de campement, par hélicoptère, du Camp VI-EGIG.
- 11 Mai Réception du matériel parachuté par trois NORD 2501. Difficulté de récupérer le matériel parachuté par suite du vent violent et du manque de liaison radio pour communiquer avec les pilotes. La charge d'un parachute qui ne s'est pas ouvert s'écrase à un mètre de la tente. Un seul parachute, dont nous n'avons pu couper les suspentes, se perd à l'ouest.  
Le soir, arrivée de AMBACH.  
Premier traîneau EPF dégagé.  
Ramassage du matériel dispersé dans un rayon de 1 kilomètre (au total 6 tonnes).
- 12 Mai Ramassage et stockage du matériel.  
Commencement du montage de la cabine habitat.
- 13 Mai Continuation du ramassage, stockage, et montage de l'habitat.
- 14 Mai Montage de la cabine terminé et nous y couchons le soir.
- 15 Mai Foehn, première fonte.  
La sonde thermique Kasser est mise en route, malgré le manque d'une pièce essentielle remplacée par un montage de fortune. Montage de la météo.

- 16 Mai Fonte légère.  
Reconnaissance encordée pour détecter les crevasses et choisir l'emplacement de la station de météorologie.  
Soir, arrivée du Groupe de Nivellement.
- 17 Mai Préparation des balises d'ablation.  
Commencement de l'installation de la charpente pour les mesures de rayonnement.  
Retourné la roulotte EPF mise en place à l'aide de parachutes.  
Dégagé le deuxième traîneau EPF.
- 18 Mai Réparation de la sonde thermique terminée.  
Vol en hélicoptère avec LIÈGE et AMBACH, BK 7, K 3, K 2, BK 2.  
Porté une tente au Groupe de Nivellement perdu dans les marais de BK 3.  
A K 3, foré thermiquement 6 m pour les thermistors de AMBACH et 10 m pour ceux de M. DE QUERVAIN.  
A K 2, BK 7 et BK 2, trou de 6 m pour mesure des températures.
- 19 Mai A BK 5, foré 9 m pour AMBACH.  
Foré au total 39 m pour l'installation des appareils de rayonnement.
- 20 Mai En hélicoptère, avec ROCH, profils de neige à BK 7, K 3, K 2, BK 4, BK 3, BK 2.  
Echantillonnage de surface pour DANSGAARD.
- 21 Mai Première liaison radio avec FAGET.  
Neige fraîche de drift pour DANSGAARD.
- 22 Mai AMBACH continue l'installation météo et rayonnement. MORTON commence l'installation des abris météo.  
BAUER prépare les balises d'ablation pour BK 2, BK 3, et BK 4 ainsi que le matériel de géodésie pour Camp III, le tout à transporter par hélicoptère.
- 23 Mai Continuation des travaux.  
Arrivée de SCHIMPP, nivellement à pied terminé.
- 24 Mai Tempête la nuit.
- 25 Mai Haubanage des abris météo.  
Continuation de la tempête.
- 26 Mai Départ de MORTON.  
Début des observations météo.
- 27 Mai Mis les enregistreurs d'AMBACH à l'abri dans des caisses sous la tente météo.
- 28 Mai Installation des balises d'ablation.  
Tempête la nuit.
- 29 Mai Dégagé la neige.
- 30 Mai Reconnaissance à skis jusqu'à la crête et Kramoutsi.  
Détection des crevasses.
- 31 Mai Forages thermiques, 65 m au total.
- 1 Juin Installation des micro-tétraèdres pour repérer les balises fils.
- 2 Juin Réparé la sonde thermique.  
Puits dans la glace. Photos de la vieille glace.
- 3 Juin Puits dans la glace. Photos des inclusions.
- 4 Juin Essai de réparation d'un enregistreur de AMBACH.

- 5 Juin Forages à BK 5, 50 m au total.
- 6 Juin Mesures hypsométriques.  
Préparation des signaux géodésiques.
- 7 Juin Mesures des balises BK 5 et C.  
Installé TS 59.
- 8 Juin Installé les balises D, forage total 41 m.
- 9 Juin Installé l'abri laboratoire.
- 10 Juin Mesures à R, D et BK 5.  
Commencé le forage à 30 m, interrompu par manque de soleil. Crevasse ouverte près de C.
- 11 Juin Construit un pont sur la crevasse pour atteindre C sans danger. L'eau de fonte coule sous la neige.
- 12 Juin Mesure de la crevasse pleine d'eau. Forage de 30 m pour thermistors (incidents, durée 3h20).
- 13 Juin Blizzard.  
Groupe Chargeur en panne.
- 14 Juin White out total — forte chute de neige.
- 15 Juin Travaillé au laboratoire.  
Drift violent.
- 16 Juin Figures de drift — explication des observations de 1958 par mesures.  
Etalonnage des thermistors.
- 17 Juin Installation du laboratoire.
- 18 Juin Observations de la glace surimposée.
- 19 Juin On mastique la cabine pour la rendre étanche.
- 20 Juin Forages, total 56 m.
- 21 Juin Préparation du raid vers la côte.
- 22 Juin Première pluie, les grands lacs sont dégelés, fonte générale.
- 23 Juin Préparé deux grands tétraèdres pour TN et TS 59.
- 24 Juin Départ vers le Camp III avec SCHIMPP. AMBACH reste tout seul à la base.  
Progression très difficile à skis qui passent à travers la neige, de l'eau jusqu'au haut des cuisses.  
Malgré cela, impossible de s'arrêter par suite du vent très violent.  
Avons pris des risques pour passer la Seine. Avons mis 10 heures pour atteindre BK 1.
- 25 Juin Sommes partis au Camp I pour nous reposer.
- 26-26 Juin Repos au Camp I.  
Les rations ayant été pillées, on complète la nourriture par les produits de la pêche.
- 28 Juin Remontés à BK 1.
- 29 Juin Installation des signaux pour triangulation.  
BK 1, B 15, B 21, Y, Y', A 14, A 13, A 15.  
Repères pour mesure de l'ablation différentielle.  
Vent très violent basculant le théodolite.
- 30 Juin Installation de B 22, B 23 et B 24.  
B 21 et B 22, troncs d'arbres.  
B 23 et B 24, tétraèdres lestés par des jerrycans pleins d'eau.  
Retour à BK 1.

- 1er Juillet Mesures en BK 1, A 15, A 13, A 14.  
Contrôle par base stadimétrique en A 15.  
Retour à BK 1.
- 2 Juillet Mesures en B 15, B 21 et B 22.  
Retour à BK 1.
- 3 Juillet Mesures en B 24.  
Installé signaux B 25 et B 26 près de BK 2.  
Retrouvé l'ancienne Balise 6 qui est loin de l'ancien signal près de BK 2.  
Retour à BK 1.
- 4 Juillet Retour au Camp I.
- 5-9 Juillet Détermination du front et du mouvement du Equip sermia.
- 10 Juillet Remontons à BK 1.
- 11-13 Juillet Rattachement en altitude de BK 1 à A 14 et A 15.  
Mesures de l'ablation différentielle.
- 13 Juillet Départ pour BK 2 où le matériel est déposé après les stations en B 23, B 24, B 25, B 26 et BK 2.  
Retour à BK 1.
- 14 Juillet Très mauvais temps, pluie.  
Ablation différentielle.  
Avons trouvé une grosse roche inclinée sortant de la glace, au nord, vers la hauteur du « Jostfjell ».
- 15 Juillet Départ définitif.  
Repris le matériel à BK 2.  
Station en B 27, BK 3, BK 4.  
Arrivés à la Base le 16 Juillet à 2h du matin.  
AMBACH a perdu l'heure, radio en panne.
- 16 Juillet Repos.
- 17 Juillet La radio marche, mais il y a black out total.  
Calcul de la triangulation. Arrivée des hélicoptères qui sont bloqués chez nous.
- 18 Juillet Nous avons déplacé tous les abris.
- 19 Juillet Pas de liaison radio.  
Départ des hélicoptères.  
Installation et mesure de la base BW - BE.  
Station en BW, BE, TN 49, TS 49, TS 59, TS 59.
- 20 Juillet Liaison radio rétablie.  
Le micro moulinet ne marche pas, car l'eau de fonte est trop pure.
- 21 Juillet Grosse pluie.  
Rattachement D, abri et météo.
- 22 Juillet Groupe chargeur hors service, plus de liaison radio.  
Forage BK 5 à 26 m avec multiples incidents.  
SCHIMPP part seul installer le camp de la bédrière pour les mesures d'écoulement.
- 23 Juillet Raccourci toutes les balises fils.  
Observations de surface.
- 24 Juillet Départ BAUER et SCHIMPP pour le Camp IV-EPF.  
Placé les signaux B 28, B 29 et CIV - EPF.

- Retrouvé les anciennes balises 1950 et 1951 et un amas de jerrycans.  
Une balise de 9 m (5 + 4 m) dans un fût qui portait la marque 29-8-51  
a été redressée et dénommée C IV-49.  
Retour au camp de base.
- 25 Juillet Station en TN 59 et TS 59.
- 26 Juillet Calcul de la triangulation.
- 27 Juillet Föhn violent donne une forte fonte, rendant la surface glissante.  
Observations superficielles.  
Observations de la température de l'eau au Camp de la Bédière.
- 28 Juillet Observations superficielles entre le Camp et celui de la Bédière.
- 29 Juillet Echantillon d'eau pour conductibilité électrique.  
Observations de la texture et des crevasses.  
Première neige. On allume la lampe pour la 1ère fois.
- 30 Juillet Dénivelée BW — BE.  
Un Nord 2501 vient parachuter des fûts de 200 l de kérosène. Les fûts  
se détachent des parachutes et rebondissent dangereusement à travers  
le Camp, tous crevés. Pas de liaison radio.
- 31 Juillet Calcul des déplacements.  
Un Nord 2501 vient parachuter 4 bouteilles de propane au milieu du  
Camp.
- 1er Août Calculs — préparation de la sonde thermique. Tempête la nuit.
- 2 Août Calculs.  
Brouillard — neige — froid.
- 3 Août idem.
- 4 Août Profils des Bédières avec SCHIMPP.  
Stations en TN 59 et TS 59 sur B 25 et B 26, vue exceptionnelle.  
Retour de SCHIMPP.
- 5 Août Station en TN 59 et TS 59.
- 6 Août Station en TS 49.  
Arrivée des hélicoptères. Placé des signaux B 30, B 31, B 32, B 33 et K 0.  
Mesures en BK 7.
- 7 Août Avec les hélicoptères, station en BK 7, B 34 et B 33.
- 8 Août Ordre de P.-E. VICTOR d'arrêter les travaux et de préparer le départ.
- 9 Août Station TN 59 et TS 59.
- 10 Août Visibilité 30 m.  
Très mauvais temps.
- 11 Août Station en B 30, B 32 et K 2.  
Evacuation de la station Camp IV-EGIG vers le Camp I.
- 11 Août Station BK 1, A 14 et A 15.  
Retour à pied.
- 12-15 Août Camp I.
- 16 Août Lecture de BK 5.  
Astro au Camp I avec COMMOT.
- 17 Août Arrivée de la « Gauss ».
- 18 Août Départ du Camp I sur la « Gauss ».
- 19 Août Arrivée à Søndre Strømfjord.



## 1.4. Remarques technologiques

### 1.4.1. Sonde thermique de P. KASSER

Cette sonde, déjà utilisée lors de la reconnaissance de 1958, a donné pleine satisfaction malgré quelques ennuis mécaniques. La description complète a déjà été donnée (BAUER, 1968 a).

Il en est de même des balises d'ablation constituées par des éléments de 2 m.

Au total, pendant la campagne, environ 400 m ont été forés dans une glace à une température de l'ordre de  $-13^{\circ}\text{C}$  (BAUER, 1968 b).

### 1.4.2. Installation de la cabine

La nouvelle cabine EPF était constituée par des panneaux de  $1 \times 2$  m comprenant un isolant entre deux plaques d'aluminium. L'assemblage était simple. L'ensemble était rendu rigide par deux cadres en fer aux extrémités de la cabine, serrés par des câbles en acier et serre-câbles. (Photo 1).

L'aménagement intérieur était à réaliser sur place. Contreplaqué, dexion et outillage étaient prévus à cet effet. Les E.P.F. avaient décidé d'installer cette cabine sur pilotis, sur un échaffaudage en tubes Mills, pour pallier la variation de la surface par suite de la fonte de la glace.

Cette solution n'en était pas une parce que:

- il était impossible d'implanter les tubes dans la glace. Ni les tarières à main, ni le carotteur SIPRE ne permettent de creuser des trous dans la glace. La sonde thermique était inadaptée, comme le diamètre des trous était inférieur à celui des tubes;
- il était impossible de stabiliser l'échaffaudage dans la glace. En effet, les tubes en fer, bons conducteurs de la chaleur, se seraient enfoncés inégalement dans la glace et leurs trous se seraient ouverts inégalement;
- par suite d'une fonte de l'ordre de 1,70 de la surface, la cabine se serait rapidement trouvée perchée à plus de 2 m en l'air. Le champignon de glace sous la baraque aurait fini pour toucher le plancher et le défoncer. Même si la cabine était restée perchée, elle aurait vibré à chaque coup de vent, et ils furent nombreux et violents. La cabine aurait travaillé et n'aurait pas été étanche. De plus, l'accès aurait été dangereux.

Dans tous les cas, il était plus simple de mettre la cabine carrément par terre, quitte à la déplacer plusieurs fois au cours de la campagne à mesure que la fonte la perchait sur un socle de glace, en la démontant si nécessaire ou en la ripant.



Photo 4. Montage des anémomètres et des abris météorologiques.

Comme nous avons pu récupérer, dès l'arrivée au Camp IV-EGIG, un ancien traîneau EPF, la meilleure solution était d'y monter la cabine, ce qui fut fait. Elle a été déplacée facilement deux fois au cours de la campagne.

Il faut quand même reconnaître que ce qui nous a vraiment servi, ce sont les tubes Mills. Ils nous ont servi à l'installation des deux abris météorologiques placés sur un montage de tubes haubannés et tendus pour annuler toute vibration par grand vent, ainsi que des anémomètres. Les abris météorologiques et les anémomètres étaient ainsi solidement placés à la surface, et à une hauteur constante de la surface, ce qui était très important (Photo 4).

En effet, installés sur la glace vive, ils suivaient la surface lors de la fonte, et ne créaient aucun champignon de glace qui aurait nécessité leur déplacement, encore que celui-ci aurait été facile (Photo 2).

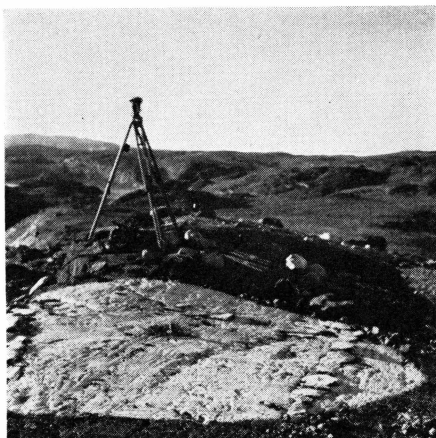


Photo 5. Théodolite centré sur A 14 cairn enlevé Au premier plan, repères du nivellement géométrique.

## 2. TRAVAUX DE GÉODÉSIE DANS LA ZONE D'ABLATION

### 2.1. Signalisation des stations

Pour tous les signaux BK, nous renvoyons à BAUER, 1968 a.

- A 13      Piquet de 1,37 m, centré sur marque au sol, tenu par un Cairn. Marque au sol par peinture blanche.
- A 14      Piquet en métal de 1,01 m centré sur marque au sol, tenu par un Cairn. Marque au sol rouge entourée de peinture blanche, A 14 surface est. (Photo 5).
- A 15      Piquet de 1,23 m, centré sur marque au sol, tenu par un Cairn. Marque au sol: point rouge dans triangle entouré de peinture blanche, A 15 surface ouest. (Photo 6).

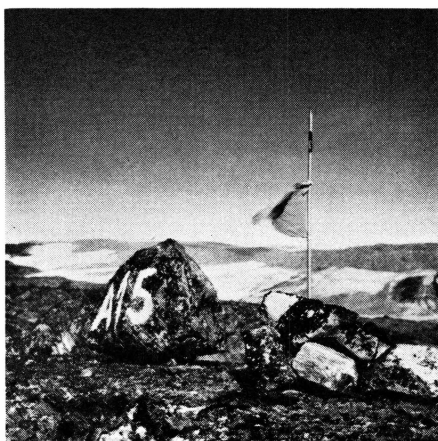


Photo 6. Signal A 15.



Photo 7. Signal (B 15).



Photo 8. Théodolite centré sur B 21, signal déplacé pendant le tour d'horizon.

- B 15      Roulette de weasel dans laquelle est piqué un tube l'aluminium frappé d'un fanion triangulaire Hauteur totale 1,05 m. (Photo 7).
- B 21      Balise de deux éléments, 2,86 m au total, portant au sommet un manchon en bois. Elle est haubannée sur deux troncs d'arbre en croix. (Photo 8).
- B 22      Balise de 3 éléments, 4,38 m au total, haubannée sur une base carrée de 4 lattes en bois avec deux tubes carotteurs comme diagonales. (Photo 9).
- C III bis    ancienne pyramide 1950 (emplacement de 1948), hauteur 2,00 m.
- B 23      Tétraèdre lesté d'un jerrycan, Hauteur 2,07 m. (Photo 10).
- B 24      Tétraèdre lesté d'un jerrycan, Hauteur 1,93 m.
- B 25      Tétraèdre, chapeau kaki, Hauteur 1,91 m.
- B 26      Tétraèdre lesté d'un jerrycan, chapeau jaune et fanion, placé près de BK 2. Hauteur 2,01 m, plus fanion 0,70 m.

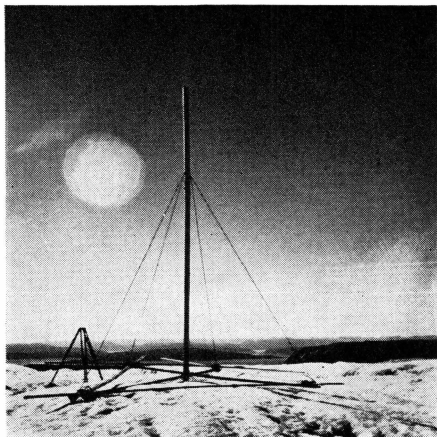


Photo 9. Signal B 22.

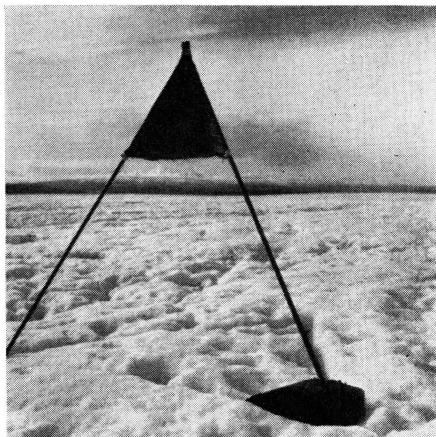


Photo 10. Signal B 23.

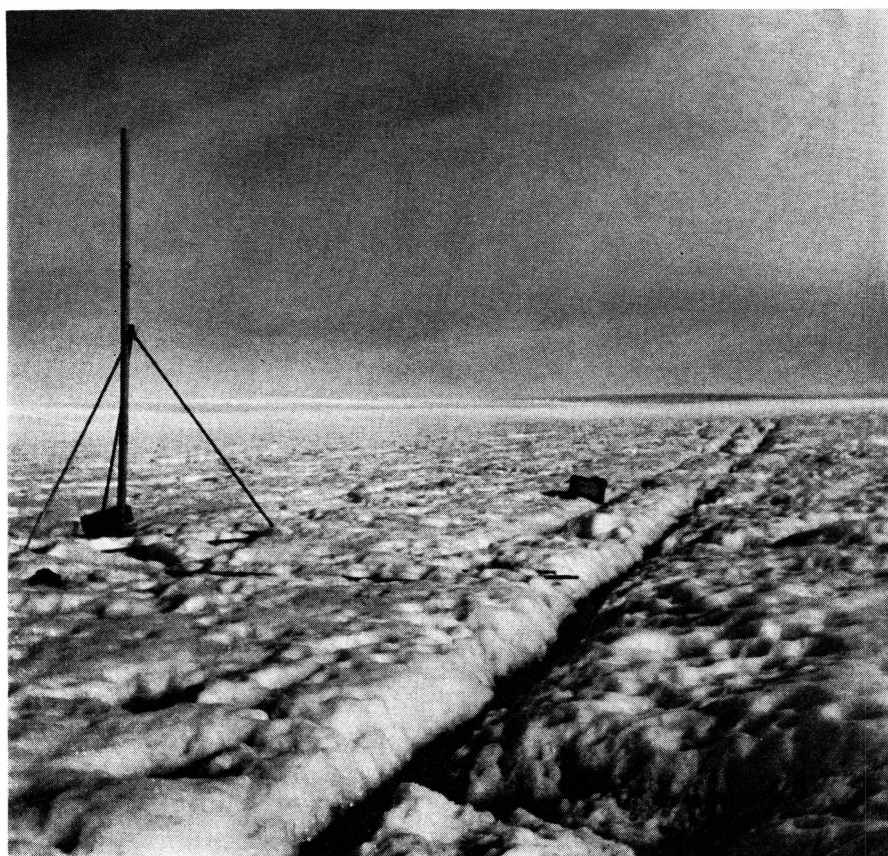


Photo 11. Nouveau signal BALISE 6.



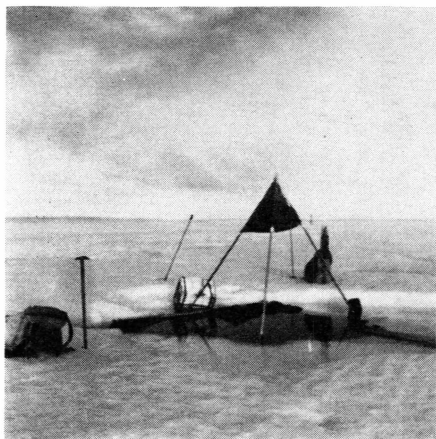


Photo 12. Balise d'ablation BK 4 et signal.

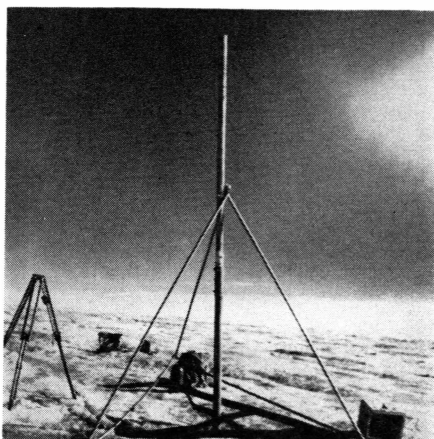


Photo 13. Nouveau signal TN 49.

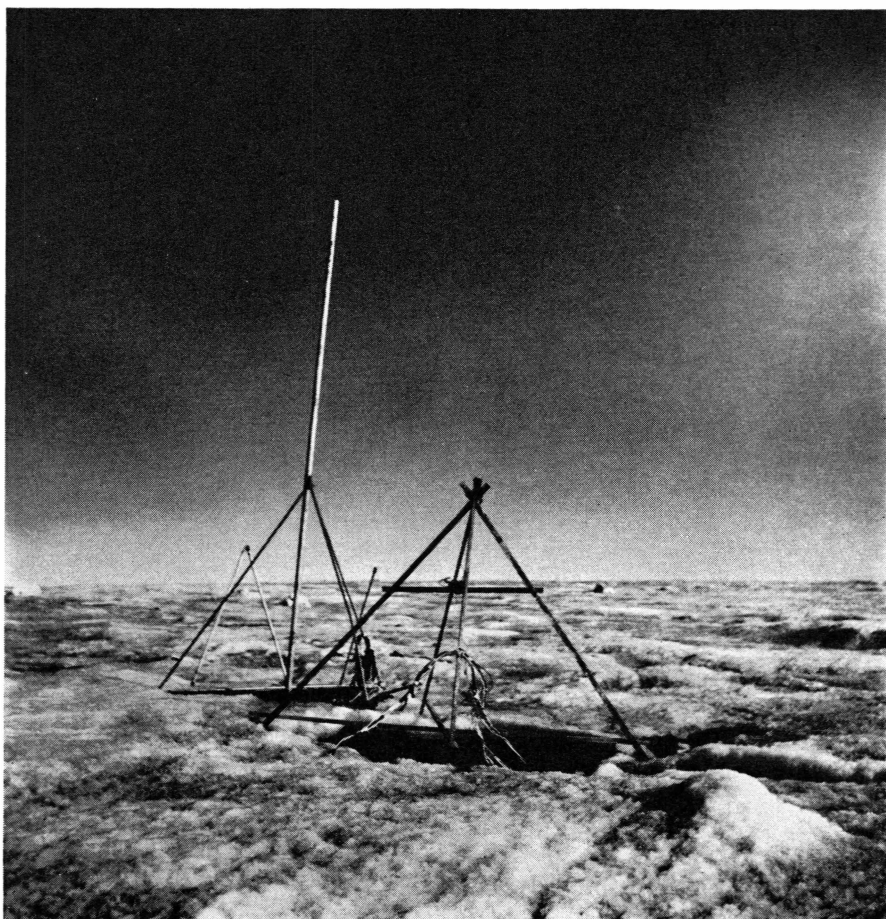


Photo 14. Nouveau signal TS 49 avec la sortie des deux flutes de thermistors implantées à 30 m de profondeur. Au premier plan, l'ancienne pyramide avec la sortie des thermistors d'AMBACH implantées à 8 m. Au fond, les deux balises d'ablation BK 5.



Photo 15. Nouveau signal TS 59.

- Balise 6      Nous avons retrouvé cette balise à 400 m de l'ancienne pyramide de 1948.  
                   Cette balise, formée de 3 éléments de 4,33 m au total, a été dressée à l'aide d'un tétraèdre fait d'éléments de balise. (Photo 11).
- B 27            Tétraèdre, hauteur 1,80 m.
- Feuille        Ancienne pyramide 1950.
- B W            Tétraèdre 2,04 m.
- B E            Tétraèdre 2,04 m.
- TN 49          Balise dressée exactement à l'emplacement de l'ancien signal. La balise a une longueur de 3,66 m. Elle est haubannée sur une base formée par un triangle d'attache de traîneau. (Photo 13).
- TS 49          Balise de 5,02 sur tétraèdre lesté par un triangel d'attache de traîneau. (Photo 14).



Photo 16. Nouveau signal TN 59.

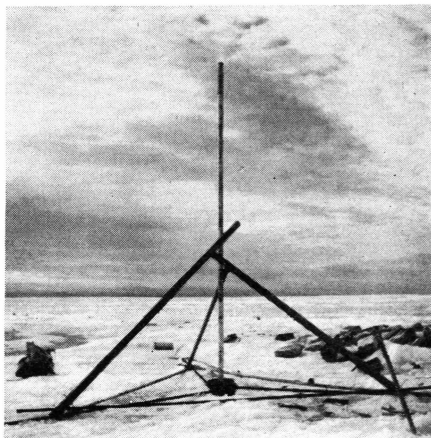


Photo 17. Nouveau signal CIV 49.

- TN 59 Repère: anneau en métal posé sur la glace au centre de la base du tétraèdre.  
Signal: grand tétraèdre, hauteur 3,80 m, fait avec des balises dont celles du triangle de base sont lestées de tubes Mills. (Photo 16).
- TS 59 Repère: anneau en métal posé sur la glace au centre de la base du tétraèdre comme TN 59, hauteur 3,67 m. (Photo 15).
- C IV-49 Nous avons trouvé une balise type 1950, de 9 m (5 + 4 m). Un bout était tordu sur 1,50 m, probablement la partie enfoncée dans la glace. La balise passait à travers un fût en carton qui portait une marque en sparadrap 28-8-51. Cette balise se trouvait près de l'amas de jerrycan. Cette balise a été remontée en « CIV-49 » par nous le 24-07-59. Le triangle de base est fait de tubes de tarrière à main et de lattes, les montants du tétraèdre maintenant la balise sont faits d'éléments de balise.  
Hauteur 3,97 m. La balise est plantée dans un barbotin de weasel. (Photo 17).  
Dans le camp tout près, nous avons trouvé une balise frappée d'un drapeau rouge en grosse bâche, comme celle utilisée en 1948 et 1949. Elle portait la marque de l'écriture de Bourgoin, Théodolite 50, dt 1,50. C'est la balise du Camp IV de 1949. L'emplacement a été marqué d'un piquet rattaché à la nouvelle balise.
- B 28 Tétraèdre 2,05 m surmonté d'un fanion de 0,25 m.
- B 29 Tétraèdre 2,14 m lesté par un jerrycan.
- K 0 Tétraèdre mis à la place de l'ancien signal K 0 tenant une balise de 4,64 m.
- B 30 Grand tétraèdre fait d'éléments de 5 m, hauteur 3,80 m.
- K 1 Pyramide ancienne, hauteur 2 m.
- B 31 Balise fixée sur tétraèdre, hauteur 3,62 m.
- K 2 Pyramide ancienne, hauteur 2 m.



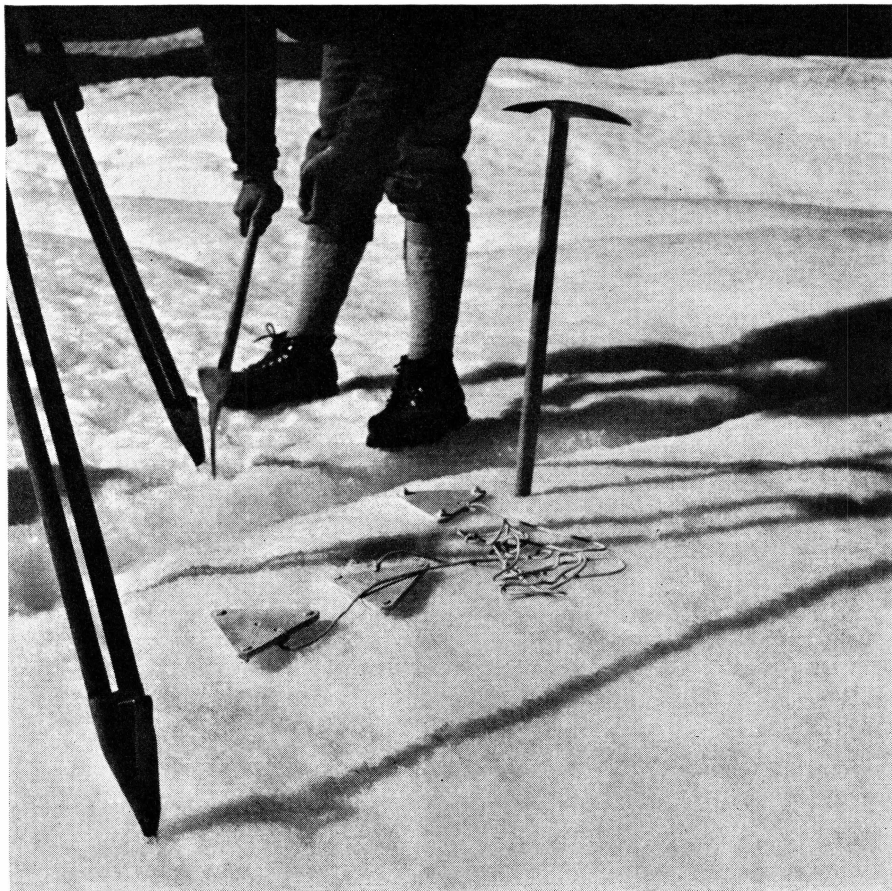


Photo 18. Mise en place des plaquettes support du trépied de théodolite.

- B 32      Balise tenue par tétraèdre de hauteur 2,05 m.
- B 33      Tétraèdre, hauteur 2,05 m.
- K 3      Pyramide ancienne, sortant de 0,28 m.
- B 34      Balise tenue par tétraèdre d'une hauteur de 2,05 m.

## 2.2. Observations azimutales

Les observations azimutales ont été effectuées avec un Wild T 2. En général, les stations étaient centrées, sinon les réductions ont été faites.

La stabilité du théodolite était assurée par des plaquettes triangulaires placées sous les pointes du trépied. Ces plaquettes étaient placées à 20 cm sous la surface et recouvertes par de la glace. (Photo 18) Néanmoins, certains jours, la fonte était telle que la verticalité de l'axe était

difficile à maintenir, malgré des tours d'horizon rapides comprenant seulement quelques visées. Les observations comportaient deux séries cercle à gauche et cercle à droite.

Les observations réduites sont données en annexe.

2.3. Calcul de la triangulation

Le calcul du canevas de la triangulation se compose :

- du calcul de la base TN 59–TS 59,
- de la compensation de la chaîne de triangles limitée par les bases A 13–A 14 et TN 59–TS 59,
- de la détermination des points B 28, B 29, et B 30,
- de la compensation de la chaîne de triangles B 30–K 1–B 32–B 33–B 34–R 1,
- de la mise à l'échelle et du rattachement de la chaîne précédente,
- de la compensation de A 15.

2.3.1. Détermination de la base TN 59–TS 59

La base TN 59–TS 59 a été déterminée par amplification de la base E–W mesurée deux fois au ruban suivant la pente du terrain. Cette base, réduite à l'horizon, à une longueur de 99,51 m. Le réseau d'amplification est constitué par toutes les visées effectuées aux points E, W, TN 59, TS 59 et TN 49. Il n'a pas été tenu compte du tour d'horizon en TS 49 et des visées réciproques, car le signal était incliné et difficile à viser. Ces défauts sont à l'origine de la mauvaise fermeture du triangle TS 59–TS 49–E.

Tableau 1. Compensation angulaire (Base TN–TS 59).

Angle	Angle Observé grade	Résidu Grade	Angle définitif grade
W – TN 49 – TS 59 .....	2,0906	+ 0,0024	2,0930
E – TN 49 – W .....	5,1431	+ 0,0015	5,1446
TN 59 – TN 49 – E .....	85,1637	+ 0,0026	85,1663
W – TN 59 – TN 49 .....	71,3359	+ 0,0026	71,3385
E – TN 59 – W .....	6,1132	– 0,0001	6,1131
TS 59 – TN 59 – E .....	3,0197	– 0,0022	3,0175
W – E – TN 49 .....	55,1145	– 0,0010	55,1135
TN 49 – E – TN 59 .....	37,3823	– 0,0002	37,3821
TN 59 – E – TS 59 .....	188,8528	– 0,0014	188,8514
E – W – TS 59 .....	66,9728	– 0,0028	66,9720
TN 59 – W – E .....	101,3930	– 0,0017	101,3913
TN 49 – W – TN 59 .....	38,3496	+ 0,0010	38,3506
E – TS 59 – TN 59 .....	8,1324	– 0,0013	8,1311



Tableau 2. *Distances réduites (Base TN 59–TS 59).*

Côté	Distance m	Distance réduite m
E – W .....	99,51	99,5
E – TN 49 .....	1 000,3	1 000,1
E – TN 59 .....	1 037,6	1 037,4
E – TS 59 .....	386,0	385,9
W – TN 49 .....	938,8	938,6
W – TN 59 .....	1 030,7	1 030,5
W – TS 59 .....	425,5	425,4
TN 49 – TN 59 .....	590,8	590,7
TN 59 – TS 59 .....	1 419,3	1 419,1
TS 59 – TN 49 .....	1 362,7	1 362,5

Le réseau a été compensé en bloc par la méthode des moindres carrés. Les angles de la figure devaient satisfaire à 7 conditions dont 4 conditions aux angles et 3 conditions aux côtés. L'erreur moyenne de l'unité de poids, c'est-à-dire d'un angle, est de  $\pm 0,0023$ . La base TN 59–TS 59 ainsi calculée est égale à 1419,3 m. Réduite à l'ellipsoïde, elle devient 1419,1 m (Tableaux 1 et 2).

### 2.3.2. Compensation de la chaîne des triangles entre les bases A 13–A 14 et TN 59–TS 59

Cette chaîne est constituée par toutes les visées effectuées aux points A 13, A 14, B 21, B 22, B 23, B 24, B 25, B 26, TN 59 et TS 59.

Les directions TS 59–B 26, TS 59–B 25, TN 59–B 26 et TN 59–B 25 ont été observées 3 semaines après leur visée réciproque à cause du manque de visibilité. Mais pendant ce temps, les points TN 59 et TS 59 ont bougé l'un par rapport à l'autre. Pour cette raison, les angles B 26–TN 59–B 25, TS 59–TN 59–B 26, B 26–TS 59–B 25 et B 25–TS 59–TN 59 ont été calculés en prenant comme référence BK 4, point relativement éloigné.

La compensation fut effectuée par la méthode des moindres carrés. Les conditions auxquelles devaient satisfaire les angles, étaient au nombre de 15, dont 11 conditions aux angles, 3 conditions aux côtés et 1 condition d'accord des bases A 13–A 14 et TN 59–TS 59.

L'erreur moyenne d'un angle est  $\pm 0,0050$ . La valeur aussi importante de cette erreur provient de la mauvaise fermeture des triangles B 21–B 23–B 24 et B 22–B 23–B 24, et du fait que les observations en TN 59 et TS 59 ont dû être interrompues pendant 3 semaines. (Tableaux 3 et 4).

Tableau 3. *Compensation de la chaîne entre les bases A 13–A 14 et TN 59–TS 59.*

Angle	Angle observé grade	Résidu grade	Angle définitif grade
B 21 – A 14 – B 22 .....	26,5651	+ 0,0031	26,5682
A 13 – A 14 – B 21 .....	85,0522	– 0,0025	85,0497
B 21 – A 13 – A 14 .....	64,0897	– 0,0024	64,0873
A 14 – B 21 – A 13 .....	50,8656	– 0,0026	50,8630
B 22 – B 21 – A 14 .....	79,7337	+ 0,0028	79,7365
A 14 – B 22 – B 21 .....	93,6926	+ 0,0027	93,6953
B 21 – B 22 – B 23 .....	69,7576	– 0,0057	69,7519
B 23 – B 22 – B 24 .....	13,4139	+ 0,0027	13,4166
B 24 – B 21 – B 22 .....	101,2040	– 0,0057	101,1983
B 23 – B 21 – B 24 .....	15,0763	+ 0,0019	15,0782
B 22 – B 23 – B 21 .....	13,9699	+ 0,0017	13,9716
B 24 – B 23 – B 22 .....	70,9400	+ 0,0095	70,9495
B 21 – B 24 – B 23 .....	99,9911	+ 0,0096	100,0007
B 22 – B 24 – B 21 .....	15,6317	+ 0,0015	15,6332
B 23 – B 24 – B 25 .....	105,2690	– 0,0002	105,2688
B 25 – B 24 – B 26 .....	6,6520	– 0,0003	6,6517
B 26 – B 23 – N 24 .....	80,9090	– 0,0002	90,9088
B 25 – B 23 – B 26 .....	5,3243	+ 0,0018	5,3261
B 24 – B 25 – B 23 .....	8,4963	0,0000	8,4963
B 26 – B 25 – B 24 .....	157,1896	0,0000	157,1896
B 23 – B 26 – B 25 .....	7,1724	– 0,0017	7,1707
B 24 – B 26 – B 23 .....	28,9883	– 0,0003	28,9880
B 25 – B 26 – TN 59 .....	141,6586	+ 0,0024	141,6610
TN 59 – B 26 – TS 59 .....	6,3835	+ 0,0016	6,3851
TS 59 – B 25 – B 26 .....	49,5763	+ 0,0027	49,5790
TN 59 – B 25 – TS 59 .....	6,2266	– 0,0011	6,2255
B 26 – TN 59 – B 25 .....	2,5366	– 0,0020	2,5346
TS 59 – TN 59 – B 26 .....	81,3001	– 0,0037	81,2964
B 25 – TS 59 – TN 59 .....	109,9473	– 0,0037	109,9436
B 26 – TS 59 – B 25 .....	2,3787	– 0,0038	2,3749

Tableau 4. *Distances réduites (entre A 13–A 14 et TN 59–TS 59).*

Côté	K m	Côté	K m
A 14 – A 13	1 099,5	B 23 – B 25	3 790,7
A 14 – B 22	1 237,5	B 23 – B 26	4 424,3
B 21 – B 22	528,1	B 24 – B 25	3 715,2
B 21 – A 13	1 492,2	B 24 – B 26	4 302,1
B 21 – A 14	1 296,5	B 25 – B 26	720,3
B 21 – B 23	2 157,1	B 25 – TN 59	14 358,2
B 21 – B 24	2 096,9	B 25 – TS 59	14 069,0
B 22 – B 23	2 346,9	B 26 – TN 59	13 908,3
B 22 – B 24	2 171,9	B 26 – TS 59	13 565,6
B 23 – B 24	506,1	TN 59 – TS 59	1 419,1

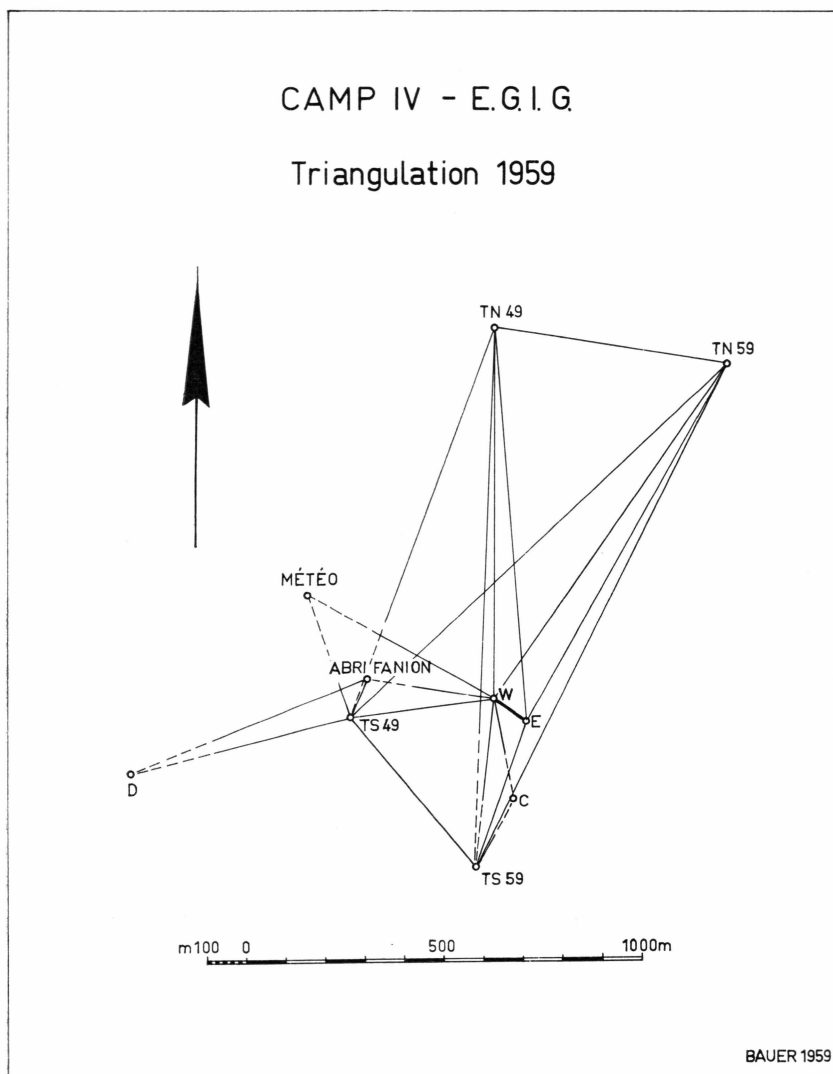


Fig. 2. Camp IV-EGIG.  
Triangulation 1959.

### 2.3.3. Détermination de B 28, B 29 et B 30

Les points B 28, B 29 et B 30 sont déterminés par des triangles ayant comme base commune le côté TN 59-TS 59.

Toutefois, la direction B 28-B 29 a été observée dans les deux sens. C'est pourquoi les points B 28 et B 29 sont déterminés simultanément à l'aide des triangles TN 59-B 28-TS 59, TN 59-B 29-TS 59 et TN 59-B 29-B 28.

Par contre, le point B 30 n'est déterminé que par un seul triangle dont les angles en TN 59 et TS 59 ont été calculés à l'aide de la référence BK 4.

Tableau 5. *Compensation angulaire (B 28, B 29, B 30).*

Angle	Angle observé grade	Résidu grade	Angle définitif grade
B 28 – TN 59 – TS 59 .....	106,1300	+ 0,0014	106,1314
TS 59 – B 28 – TN 59 .....	34,0825	+ 0,0011	34,0836
TN 59 – TS 59 – B 28 .....	59,7837	+ 0,0013	59,7850
B 29 – TN 59 – B 28 .....	7,9070	– 0,0018	7,9052
B 28 – B 29 – TN 59 .....	13,4896	– 0,0002	13,4894
TN 59 – B 28 – B 29 .....	178,6065	– 0,0011	178,6054
TS 59 – B 29 – B 28 .....	8,5952	– 0,0005	8,5947
B 28 – TS 59 – B 29 .....	4,0923	+ 0,0020	4,0943
B 30 – TN 59 – TS 59 .....	123,9528	+ 0,0025	123,9553
TS 59 – B 30 – TN 59 .....	13,9287	+ 0,0025	13,9312
TN 59 – TS 59 – B 30 .....	62,1110	+ 0,0025	62,1135

Tableau 6. *Distances réduites  
(B 28, B 29, B 30).*

Côté	K m
TN 59 – TS 59	1419,1
B 28 – TS 59	2768,7
B 28 – TN 59	2244,8
B 28 – B 29	1322,0
B 29 – TN 59	3520,0
B 29 – TS 59	4073,0
B 30 – TS 59	6079,6
B 30 – TN 59	5413,1
B 30 – B 29	2011,3

Tableau 7. *Compensation angulaire (B 30 à B 34).*

Angle	Angle observé grade	Résidu grade	Angle définitif grade
B 32 – B 30 – K 1 .....	42,2083	0,0000	42,2083
B 33 – B 30 – B 32 .....	3,7642	+ 0,0010	3,7652
K 1 – B 33 – B 30 .....	15,7261	– 0,0005	15,7256
B 32 – B 33 – K 1 .....	66,8341	+ 0,0008	66,8349
B 30 – B 32 – B 33 .....	113,6735	+ 0,0008	113,6743
K 1 – B 32 – B 30 .....	15,1671	+ 0,0013	15,1684
R 1 – B 33 – B 32 .....	117,7794	0,0000	117,7794
B 34 – B 33 – R 1 .....	15,4794	+ 0,0001	15,4795
B 33 – B 32 – B 34 .....	61,5363	0,0000	61,5363
B 34 – B 32 – R 1 .....	13,4804	– 0,0001	13,4803
R 1 – B 34 – B 32 .....	42,2374	0,0000	42,2374

2.3.4. Compensation de la chaîne de triangles entre B 30 et B 34

Dans cette chaîne de triangles, toutes les visées ne sont pas réciproques du fait que les points K 1 et R 1 n'ont pas été stationnés. Il existe néanmoins quelques observations surabondantes qui permirent une compensation (1 condition aux angles et 2 conditions aux côtés).  
L'erreur moyenne d'un angle est égale à  $\pm 0,0012$  (Tableau 7).

2.3.5. Mise à l'échelle et rattachement à la chaîne B 30 à B 34

Pour calculer les distances de la chaîne B 30–K 1–B 32–B 33–B 34–R 1, on s'est servi de la base B 30–K 1. Cette base a été calculée dans le quadrilatère TN 59–B 30–K 1–B 29 dont les angles K 1–B 30–TN 59, TN 59–B 29–K 1 et B 30–TN 59–B 29 ont été observés et dont les côtés TN 59–B 30 et TN 59–B 29 ont été calculés lors de la détermination des points B 28, B 29 et B 30 (Tableaux 8 et 9).

Tableau 8. Compensation angulaire (TN 59 à B 30).

Angle		Angle définitif grade
TN 59 – B 29 – B 30 .....	calculé	172,5723
B 29 – B 30 – TN 59 .....	calculé	17,5089
B 30 – TN 59 – B 29 .....	9,9158 + 0,0030	9,9188
K 1 – B 30 – B 29 .....	calculé	133,7004
B 30 – B 29 – K 1 .....	calculé	31,2691

Tableau 9. Distances réduites  
(B 30 à B 34).

Côté	K m
B 30 – B 33	6116,9
B 30 – B 32	6027,3
B 33 – B 32	370,1
B 33 – K 1	4904,4
B 30 – K 1	1814,2
B 29 – K 1	3319,9
B 32 – K 1	4731,1
B 33 – B 34	3729,2
B 33 – R 1(K 3)	3028,1
B 32 – B 34	3927,0
B 32 – R 1(K 3)	3150,3
B 34 – R 1(K 3)	1075,1



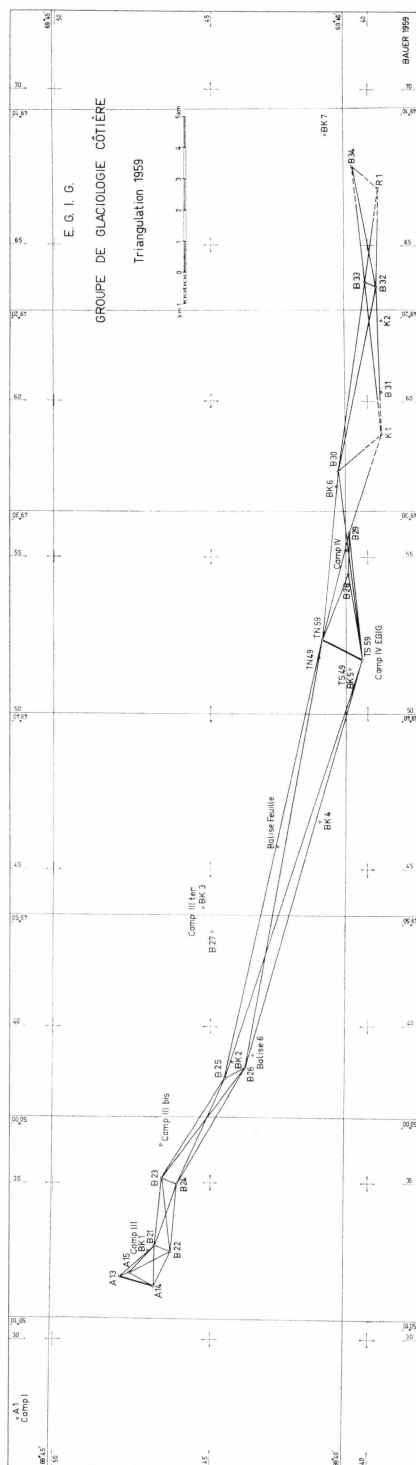


Fig. 3. Triangulation 1959.

2.3.6. Compensation de A 15

Le point A 15 a été déterminé dans le quadrilatère A 13–B 21–B 22–A 14. Il n’a pas été introduit dans le calcul de la grande chaîne de triangle à cause de la mauvaise fermeture de certains triangles. (Tableaux 10 et 11)

Tableau 10. *Compensation angulaire A 15.*

Angle	Angle observé grade	Résidu grade	Angle définitif grade
B 22 – B 21 – A 15 .....	124,9635	+ 0,0011	124,9646
A 15 – B 22 – B 21 .....	53,2255	– 0,0020	53,2235
B 21 – A 15 – B 22 .....	21,8114	+ 0,0005	21,8119
A 14 – B 22 – A 15 .....	40,4671	+ 0,0047	40,4718
A 15 – A 14 – B 22 .....	94,9429	+ 0,0015	94,9444
B 22 – A 15 – A 14 .....	64,5854	– 0,0016	64,5838
A 13 – A 14 – A 15 .....	16,6744	– 0,0009	16,6735
A 15 – A 13 – A 14 .....	44,8317	– 0,0049	44,8268
A 14 – A 15 – A 13 .....	138,5044	– 0,0047	138,4997
B 21 – A 13 – A 15 .....	19,2580	+ 0,0025	19,2605
A 15 – B 21 – A 13 .....	5,6358	– 0,0009	5,6349

Tableau 11. *Distances réduites  
A 15.*

Côté	K m
A 14 – A 13	1099,5
A 13 – B 21	1492,2
B 21 – B 22	528,1
B 22 – A 14	1237,5
A 15 – A 14	865,3
A 15 – A 13	346,1
A 15 – B 21	1166,1
A 15 – B 22	1452,6

### 3. SYSTÈME DE PROJECTION

#### 3.1. Intérêt d'un système orthogonal de projection

Le principal objet de la triangulation est la redétermination des points implantés et levés pendant les campagnes d'été 1948-49-50 par les Expéditions Polaires Françaises, ainsi que la détermination d'un certain nombre de points nouveaux destinés à être levés au cours d'expéditions ultérieures.

Le but de ces déterminations est le calcul du déplacement de ces points et du vecteur vitesse de leur mouvement.

Il est indiscutable que ces calculs se font avec beaucoup plus de facilité et de rapidité en employant les coordonnées rectangulaires des points qu'en utilisant leurs coordonnées géographiques.

#### 3.2. Choix du système de projection

Tous les points déterminés, ainsi que le point géodésique de rattachement, Qapiarfît, sont situés dans une bande étroite, orientée ouest — est et limitée par les parallèles  $69^{\circ} 39' N$  et  $69^{\circ} 53' N$  et les méridiens  $49^{\circ} 10' W$  et  $50^{\circ} 15' W$ .

D'autre part, on a intérêt à choisir un système de projection dont les altérations angulaires sont négligeables.

Aussi, le choix d'un système de projection conique conforme de Lambert s'impose.

Si, en plus, on choisit comme parallèle tangent le parallèle central de la bande, vu la faible étendue du champ de la projection dans la direction nord-sud, les altérations linéaires seront négligeables.

#### 3.3. Caractéristiques du système choisi

Le système de projection est la projection conique conforme de Lambert (cône tangent.)

Comme centre de la projection, on a choisi le parallèle  $69^{\circ} 45' N$  et comme méridien origine, le méridien  $49^{\circ} 40' W$ .

Dans le système de coordonnées rectangulaires superposé à la projection, l'axe des Y est dirigé vers le nord du méridien origine et l'axe

des X vers l'est. Les coordonnées rectangulaires du point central ( $L_0 = 69^\circ 45' N$ ,  $M_0 = 49^\circ 40' W$ ) sont:

$$\begin{aligned} X &= + 50\,000 \\ Y &= + 50\,000. \end{aligned}$$

Les altérations angulaires et linéaires du système dans toute l'étendue du champ utilisé dans le présent travail, sont négligeables.

### 3.4. Position et orientation de la triangulation

Pour placer la triangulation dans le système de projection, on s'est servi du point géodésique danois Qapiarfit dont les coordonnées géographiques sont les suivantes:

$$\begin{aligned} L &= 69^\circ 52' 56'', 40\, N \\ M &= 50^\circ 12' 08'', 59\, W \end{aligned}$$

Ces coordonnées ont été transformées en coordonnées rectangulaires Lambert à l'aide des formules de transformation limitées au 3e ordre inclus:

$$\begin{aligned} Y &= s + \frac{\alpha^2 \operatorname{tg} L_0}{2N_0} + \frac{s^3}{6N_0^2} + \frac{\operatorname{tg}^2 L_0 \alpha^2 s}{2N_0^2} + 50\,000 \\ X &= \alpha + \frac{\alpha s^2}{2N_0^2} - \frac{\alpha^3 \operatorname{tg}^2 L_0}{6N_0^2} + 50\,000 \end{aligned}$$

où  $s$  est la longueur d'arc de méridien séparant le point à transformer et le parallèle tangent

$\alpha$  la longueur d'arc de parallèle entre le point à transformer et le méridien origine

$N_0$  la grande normale de l'ellipsoïde de Clarke 1880 correspondant au centre de la projection

$$L_0 = 69^\circ 45' N \quad M_0 = 49^\circ 40' W$$

Les coordonnées rectangulaires de Qapiarfit sont ainsi:

$$Y = + 64\,854,2 \quad X = + 29\,426,3$$

Pour orienter la triangulation, on a utilisé l'azimut A 1 – Qapiarfit:  $187^\circ 27' 29''$ .

Au sujet de la valeur de cet azimut utilisée, une remarque s'impose:

Les coordonnées géographiques de A 1 et l'azimut A 1 – Qapiarfit ont été déterminés par la section de Géodésie des Expéditions Polaires Françaises en 1948 (BAUER, 1953). Cette section avait, en même temps,

effectué les observations permettant un contrôle de la position de A 1 par rapport à Qapiarfit. L'exploitation de ces observations a fait ressortir une discordance entre ces deux points.

En effet, la distance A 1 – Qapiarfit calculée dans le polygone A 1 – Qapiarfit – A 14 – A 12 – A 8 – A 6 – A 4 – A 1 est égale à 13 918,9 m. Cette même distance calculée dans le polygone A 1 – Qapiarfit – A 13 – A 11 – A 9 – A 5 – A 3 – A 1 est égale à 13 918,4 m. En utilisant la moyenne des deux résultats (13 918,7 m) et l'azimut A 1 – Qapiarfit 187° 26' 57" (BAUER, 1953) on obtient pour coordonnées géographiques de A 1:

$$\begin{aligned} L &= 69^{\circ} 45' 31'' \text{ N} \\ M &= 50^{\circ} 14' 58'' \text{ W} \end{aligned}$$

au lieu des coordonnées déduites des observations astronomiques:

$$\begin{aligned} L &= 69^{\circ} 45' 32'' \text{ N} \\ M &= 50^{\circ} 15' 38'' \text{ W} \end{aligned}$$

Ce sont ces dernières coordonnées qui ont été utilisées pour calculer l'azimut A 1 – Qapiarfit.

Il est difficile de choisir les coordonnées les plus probables. Aussi, pour des raisons d'harmonisation des travaux, car un cheminement au telluromètre se ferme sur Qapiarfit, on a adopté pour A 1 les coordonnées calculées à partir de Qapiarfit. En conséquence, l'azimut de A 1 vers Qapiarfit a été recalculé (187° 27' 29") et le nouveau résultat adopté pour orienter la triangulation.

Calculées dans ces conditions, les coordonnées de A 1 sont:

$$Y = + 51\,071,1 \qquad X = + 27\,488,0$$

### 3.5. Calcul des coordonnées rectangulaires des points

#### 3.5.1. 1948

Les coordonnées des points A 13 et A 14, points de rattachement de la triangulation 1959 de la zone boridère de l'Indlandsis, ont été déterminées par le cheminement lancé A 1 – A 4 – A 6 – A 8 – A 12 – A 14 – A 13 (BAUER, 1953).

On obtient pour leurs coordonnées:

	Y	X
A 13	+ 47 854,1	+ 31 986,5
A 14	+ 46 795,4	+ 31 689,3

Les coordonnées des points Y et Y' ont été calculées avec les éléments publiés (BAUER, 1953). Celles des balises 1, (B 15), 2, 3, 4, 5, 6,

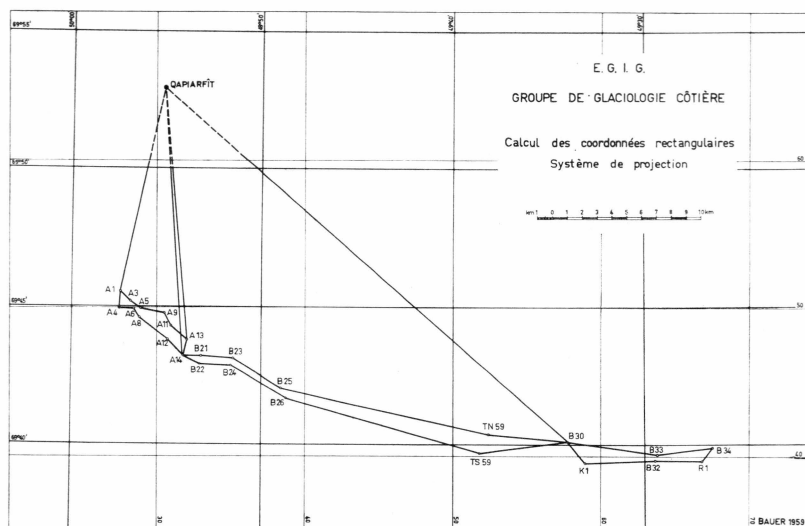


Fig. 4. Calcul des coordonnées rectangulaires.  
Système de projection.

7, 7 A, B 7, 8, ont été calculées avec les éléments publiés (TSCHAEN, 1959).

La précision de la position relative à celle de A 13 et de A 14 des points Y, Y' et (B 15) peut être estimées à 2–3 décimètres, celle des autres points à 2–3 mètres.

### 3.5.2. 1949

Les coordonnées rectangulaires de C IV 49 n'ont pas été calculées par transformation des coordonnées géographiques, mais par rattachement direct à Qapiarfît. Les éléments de rattachement sont la distance C IV 49 – Qapiarfît: 35 799,4 m et l'azimut C IV 49 – Qapiarfît:  $132^{\circ} 54' 28''$ . L'azimut utilisé est l'azimut publié (TSCHAEN, 1959) corrigé de  $21''$  pour tenir compte de la différence de coordonnées géographiques due au rattachement direct à Qapiarfît.

Les points TS 49, TN 49, Balise 6 et Camp III ter ont été rattachés à C IV–49.

Les points (B 15) et Y' ont été rattachés à A 13 et à A 14 à l'aide des observations suivantes qui n'ont pas encore été publiées:

*Station A 13, le 11.6.49.*

A 14	$0^{\circ} 00' 00''$
(B 15)	$296^{\circ} 53' 47''$
Y'	$308^{\circ} 49' 15''$

*Station A 14, le 11.6.49.*

A 13	0° 00' 00"
Y'	47° 14' 37"
(B 15)	71° 43' 45"

Vu la précision de la distance C IV-49 – Qapiarfît et le fait que les coordonnées de la Balise 6 sont sensiblement les mêmes que celles de 1948, on peut estimer la précision de la position relative à celle de Qapiarfît des points C IV-49, TS 49, TN 49 et Balise 6 à une trentaine de mètres.

**3.5.3. 1950**

Le point C-IV-49, observé en 1950, a également été rattaché directement à Qapiarfît à l'aide des éléments suivants:

distance CIV 49 – Qapiarfît:	35 795,9 m
azimut CIV 49 – Qapiarfît:	132° 56' 33"

Les éléments publiés (NEVIÈRE, 1954) ont été corrigés de la façon suivante: la distance CIV-49 – Qapiarfît a été réduite à l'ellipsoïde et l'azimut corrigé de 5" pour tenir compte de la différence de coordonnées géographiques due au rattachement direct à Qapiarfît.

Les points K 0, K 1, K 2 et K 3 ont été rattachés à CIV 49 en utilisant l'azimut K 0-K 3 (TSCHAEN, 1959).

Vu la précision de la distance CIV-49 – Qapiarfît, on peut estimer la précision de la position des points par rapport à celle de Qapiarfît à une trentaine de mètres.

**3.5.4. 1952 et 1959**

Les coordonnées rectangulaires des points Y et Y' ont été calculées avec les observations publiées (GRISONI, 1954).

**3.5.5. 1959**

Toute la triangulation compensée a été rattachée aux points A 13 et A 14.

**3.5.6. Contrôle et précision**

Les Groupes de Géodésie et de Glaciologie Côtière de l'E.G.I.G. ont utilisé dans leurs travaux deux points communs, notamment: B 30 (T 305) et B 34 (T 304). Les observations des deux Groupes sont entièrement indépendantes les unes des autres. De plus, chaque Groupe a utilisé des méthodes d'observation différentes: l'une, le cheminement au telluromètre, l'autre, la triangulation.

Ainsi, le cheminement au telluromètre devrait permettre de vérifier les coordonnées des points B 30 et B 34 déterminées par triangulation en

Tableau 12. *Différences entre les distances (Géodésie et triangulation).*

Elément	Géodésie	Triangulation	Différence
Distance Qapiarfit – B 30 ..... (réduite à l'ellipsoïde)	37 093,4 m	37 089,0 m	+ 4,1 m
Distance B 30 – B 34 ..... (réduite à l'ellipsoïde)	9 778,5 m	9 774,6 m	+ 3,9 m
Angle topographique ..... Qapiarfit – B 30 – B 34	158,2242	158,2225	+ 0,0017

partant de A 13 et de A 14, le rattachement de A 1 à Qapiarfit et la triangulation de 1959 (HOFMANN, 1964).

Les écarts constatés ne permettent pas une estimation concrète de la précision de la triangulation.

Comparons d'abord les éléments observés par le Groupe de Géodésie aux mêmes éléments déduits des coordonnées définitives obtenues par la triangulation (Tableau 12). En calculant les coordonnées rectangulaires de B 30 et de B 34 à partir des observations du Groupe de Géodésie et en les comparant à celles obtenues par triangulation, on aura les valeurs du Tableau 13.

Tableau 13. *Différences entre les coordonnées rectangulaires. (Géodésie et Trinagulation).*

Point	Géodésie	Triangulation	$\Delta X$ $\Delta Y$	$\Delta$
	m	m	m	m
B 30 .....	$\left\{ \begin{array}{l} Y = + 40918,3 \\ X = + 57763,1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} + 40924,8 \\ + 57763,2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - 6,5 \\ - 0,1 \end{array} \right.$	6,5
B 34 .....	$\left\{ \begin{array}{l} Y = + 40576,5 \\ X = + 67531,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} + 40484,8 \\ + 67527,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - 8,3 \\ + 3,6 \end{array} \right.$	9,0

Cette comparaison amène les remarques suivantes:

Les mesures de triangulation en B 30 ont eu lieu le 11 08 59 et celles de Géodésie le 20 08 59. Entre temps, le signal B 30 (et B 34) s'est déplacé dans la direction  $Az = 100^\circ$  de 60 m/an, soit environ 1,5 m vers l'ouest. La distance Qapiarfit – B 30, mesurée par le Groupe de Géodésie devrait donc être plus courte de 1,5 m que celle mesurée par le Groupe de Glaciologie. Or, elle est plus longue de 4,1 m. La différence mesurée est donc de 5,6 m, mais dans le mauvais sens.

La triangulation de CIV-EGIG à B 34 a été réalisée entre le 07 08 59 et le 11 08 59. La base intermédiaire a été mesurée un mois avant, mais comme sa déformation spécifique est une elongation de  $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{an}^{-3}$ , celle-ci ne peut expliquer la différence entre les distances Qapiarfit – B 30.



La variation de l'angle Qapiarfit – B 30 – B 34 de  $+ 0,0017$  ne permet aucune conclusion, même quant à son signe, comme elle est de l'ordre de grandeur de l'incertitude des angles compensés. (cf 2.3.4).

Bien que notre triangulation entre CIV–EGIG et B 34 soit étirée sur 15 km, on ne peut lui attribuer une incertitude de l'ordre de  $\pm 5$  m. De plus, comme cette différence entre géodésie et triangulation se retrouve avec son signe pour la distance B 30 – B 34, on pourrait l'attribuer à une erreur d'échelle des telluromètres, le swing en mesure rasante ne pouvant tout expliquer, le signe de la différence peut-être, mais pas son ordre de grandeur.

En conclusion, on peut estimer que la précision atteinte est de quelques mètres, suffisante pour le calcul des déplacements.

Les résultats sont présentés dans le tableau 14.

### 3.5.7. Répertoire des coordonnées rectangulaires

Tableau 14. *Répertoire des coordonnées rectangulaires.*

	Y	X
<i>1948</i>		
Qapiarfit .....	64854,2	29426,3
A 1 .....	51071,1	27488,0
A 13 .....	47854,1	31986,5
A 14 .....	46795,4	31689,3
Balise 1 (B 15)...	46855,5	33085,6
Balise 2 .....	47081,9	34105,2
Balise 3 .....	46925,1	35425,9
Balise 4 .....	46604,9	36608,1
Balise 5 .....	45427,7	38633,9
Balise 6 .....	43571,7	39405,4
Balise 7 .....	40517,3	40981,8
Balise 7 A .....	43990,4	41768,3
Balise 7 B .....	43086,3	45712,0
Balise 8 .....	39854,0	44076,5
Y .....	47080,3	32402,5
Y' Fanion .....	47188,7	32463,1
Y' Balise .....	47189,0	32461,0
<i>1949</i>		
Camp IV 49 .....	40544,4	55706,1
TN 49 .....	41425,4	42344,6
TS 49 .....	40478,9	51982,2
Balise 6 .....	43573,0	39409,0
C III ter .....	45157,6	43704,6
(B 15) .....	46857,9	33070,6
Y' Balise .....	47189,6	32460,4

Tableau 14 (cont.)

	Y	X
<i>1950</i>		
Camp IV 49 .....	40530,8	55688,8
TN 49 .....	41413,1	52321,9
TS 49 .....	40464,9	51961,2
K 0 .....	40876,5	57830,0
K 1 .....	39489,9	59462,9
K 2 pyramide ...	38878,0	63405,2
K 2 balise .....	39579,0	63278,0
K 3 .....	39861,6	67498,9
<i>1952</i>		
Y' Balise .....	47189,7	32458,4
<i>1953</i>		
Y' Balise .....	47189,1	32457,2
<i>1959</i>		
A 15 .....	47539,5	32131,0
TN 59 .....	41437,2	52374,4
TS 59 .....	40172,6	51730,4
B 21 .....	46744,9	32984,9
B 22 .....	46250,1	32800,2
B 23 .....	46526,1	35130,9
B 24 .....	46048,7	34962,7
B 25 .....	44529,7	38353,3
B 26 .....	43889,9	38683,9
B 27 .....	44949,0	43019,8
B 28 .....	40615,5	54463,5
B 29 .....	40564,4	55784,5
B 30 .....	40924,8	57763,2
B 31 .....	39560,2	60293,5
B 32 .....	39738,4	63672,6
B 33 .....	40077,4	63821,0
B 34 .....	40484,8	67527,9
Y .....	47088,3	32387,6
Y' balise .....	47182,5	32446,4
(B 15) .....	46887,7	32892,3
Balise 6 .....	43629,2	39093,9
TN 49 .....	41533,6	51791,6
TS 49 .....	40552,5	51421,7
Camp IV 49 .....	40638,0	55199,0
K 0 .....	40969,8	57299,6
K 1 .....	39548,6	58945,3
K 2 balise .....	39569,6	62575,1
K 3 .....	39679,1	66783,3
BK 1 (au 1/7/59) .	46944,0	32825,3
(au 11/8/59)	46944,5	32823,2

Tableau 14 (cont.)

	Y	X
<i>1959</i>		
BK 2 pyramide ..	44292,9	38875,3
balise .....	44295,9	38871,9
BK 3 tétraèdre ..	45211,6	43796,4
balise .....	45209,7	43798,8
BK 4 tétraèdre ..	41501,2	46542,1
balise .....	41498,3	46544,8
BK 5 .....	40550,3	51423,7
BK 6 tétraèdre ..	40985,5	57281,3
balise .....	40984,2	57282,8
BK 7 tétraèdre ..	41346,5	68540,5
R 1 .....	39673,8	66822,2
Pyramide Feuille.	42843,1	45725,4
C .....	40343,4	51824,7
D .....	40405,6	50864,0
E .....	40536,1	51860,4
W .....	40595,2	51780,3
Météo .....	40856,9	51309,4
Abri Fanion .....	40646,3	51456,8
C III bis pyramide	46542,5	36225,3

### 3.6. Détermination des coordonnées géographiques

Les coordonnées géographiques des points levés en 1959 ont été déterminés graphiquement sur une mappe à l'échelle du 1/20 000. (Tableau 15).

Les latitudes ont été arrondies à la demi-seconde et les longitudes à la seconde sexagésimale, ce qui équivaut à une précision d'environ 15 m en latitude et 10 m en longitude.

Tableau 15. *Répertoire des coordonnées géographiques.*

Station	Latitude N	Longitude W
<i>1959</i>		
A 1 .....	69° 45' 31",1	50 °14' 58"
A 13 .....	69° 43' 48",0	50° 07' 55"
A 14 .....	69° 43' 14",5	50° 08' 23"
A 15 .....	69° 43' 38",0	50° 07' 42"
TN 59 .....	60° 40' 24",0	49° 36' 19"
TS 59 .....	69° 39' 43",0	49° 37' 19"
B 21 .....	69° 43' 13",0	50° 06' 22"
B 22 .....	69° 42' 57",0	50° 06' 38"
B 23 .....	69° 43' 06",0	50° 03' 02"

Tableau 15 (cont.)

Station	Latitude N	Longitude W
<i>1959</i>		
B 24 .....	69° 42' 51",0	50° 03' 17"
B 25 .....	69° 42' 02",5	49° 59' 01"
B 26 .....	69° 41' 42",0	49° 57' 30"
B 27 .....	69° 42' 16",5	49° 50' 47"
B 28 .....	69° 39' 57",0	49° 33' 06"
B 29 .....	69° 39' 55",5	49° 31' 03"
B 30 .....	69° 40' 06",5	49° 28' 00"
B 31 .....	69° 39' 22",0	49° 24' 05"
B 32 .....	69° 39' 28",0	49° 19' 51"
B 33 .....	69° 39' 38",5	49° 18' 38"
B 34 .....	69° 39' 50",5	49° 12' 54"
Y .....	69° 43' 24",0	50° 07' 18"
Y' balise .....	69° 43' 27",0	50° 07' 12"
(B 15) .....	69° 43' 17",5	50° 06' 31"
Balise 6 .....	69° 41' 33",5	49° 56' 52"
TN 49 .....	69° 40' 27",0	49° 37' 14"
TS 49 .....	69° 39' 55",0	49° 37' 48"
Camp IV 49 .....	69° 39' 58",0	49° 31' 57"
K 0 .....	69° 40' 08",0	49° 28' 42"
K 1 .....	69° 39' 22",0	49° 26' 10"
K 2 .....	69° 39' 22",5	49° 20' 34"
K 3 .....	69° 39' 25",0	49° 14' 04"
BK 1 .....	69° 43' 19",5	50° 06' 37"
BK 2 .....	69° 41' 55",0	49° 57' 13"
BK 3 .....	69° 42' 25",0	49° 49' 36"
BK 4 .....	69° 40' 25",5	49° 45' 20"
BK 5 .....	69° 39' 55",0	49° 37' 48"
BK 6 .....	69° 40' 08",5	49° 28' 44"
BK 7 .....	69° 40' 18",5	49° 11' 20"
R 1 .....	69° 39' 25",0	49° 14' 00"
Pyramide Feuille.	69° 41' 09",0	49° 46' 37"
C .....	69° 39' 48",5	49° 37' 10"
D .....	69° 39' 50",5	49° 38' 39"
E .....	69° 39' 54",5	49° 37' 07"
W .....	69° 39' 57",0	49° 37' 15"
Météo .....	69° 40' 05",0	49° 37' 58"
Abri Fanion .....	69° 39' 58",0	49° 37' 44"
CHH bis pyramide	69° 43' 07",0	50° 01' 20"

## 4. MOUVEMENT HORIZONTAL ET VITESSES MOYENNES

### 4.1. Mouvement horizontal

Un certain nombre de points, levés au cours des campagnes d'été 1948 à 1953 par les Expéditions Polaires Françaises, ont été retrouvés et redéterminés au cours de la campagne d'été 1959 par le Groupe de Glaciologie Côtière de l'E.G.I.G. Ces points sont: Y, Y', (B 15), Balise 6, TN 49, TS 49, CIV 49, K 0, K1, K 2 balise, et K 3.

De plus, le point BK 1 a été observé à deux reprises à 40 jours d'intervalle.

Les déplacement de chaque point, la vitesse moyenne du mouvement ainsi que l'azimut du vecteur-vitesse seront déduits des coordonnées rectangulaires des différentes positions de chaque point.

Le déplacement des points Y, Y' et (B 15) est déterminé avec une bonne précision. En effet, ils sont rattachés directement aux points fixes A 13 et A 14 avec une précision de l'ordre du décimètre. On peut donc estimer la limite supérieure de l'erreur sur le déplacement entre 1948 et 1959 à 2 dcm.

Le point BK 1 a été levé avec la même précision que les points précédents, mais son déplacement annuel a été obtenu par extrapolation.

La Balise 6 a été implantée en 1948 et levée pour la première fois au cours de cette même campagne par cheminement, avec une précision de l'ordre de 3 mètres. Au cours de la campagne 1949, la balise a été retrouvée couchée. Elle a été réimplantée et redéterminée à partir de CIV 49, lui-même rattaché à Qapiarfît.

La précision de cette détermination est évaluée à 30 mètres environ. En effet, d'après le calcul des coordonnées, la balise n'aurait pas subi de déplacement entre 1948 et 1949. Aussi, les coordonnées de 1949 n'ont-elles pas été prises en considération. En 1959, la position de la balise a été déterminée avec une précision de l'ordre de 3 mètres. La limite supérieure de l'erreur sur le déplacement 1948-1959 sera donc 6 m. Comme nous l'avons fait remarquer, les déterminations de 1952 et 1953 concernaient la pyramide, et non la balise (Tableau 29).

Les points TN 49, TS 49 et CIV 49 ont été déterminés en 1949 et 1950 par rattachement à Qapiarfît. La précision des deux déterminations

Tableau 16. *Déplacements, vitesses et précision.*

Point	Période	Déplacement m	Nombre d'années	Erreur sur le déplacement m <sup>D</sup>	Vitesse moyenne m/an	Erreur sur la vitesse moyenne m/an	Erreur relative ‰
Y .....	1948-59	16,9	11	0,2	1,5	0,02	1
Y' .....	1948-59	16,0	0,2	0,2	1,5	0,02	1
BK 1 .....	1/7-11/8 59	2,2	0,12	0,2	18,8	1,7	9
(B 15) .....	1948-59	196,0	11	0,2	17,8	0,02	0,1
	1949-59	180,8	10	0,2	18,1	0,02	0,1
Balise 6 .....	1948-59	316,8	11	6,0	28,8	0,5	2
TN 49 .....	1949-59	563,5	10	36,0	56,3	3,6	6
	1950-59	543,8	9	36,0	60,4	4,0	7
TS 49 .....	1949-59	565,3	10	36,0	56,5	3,6	6
	1950-59	547,6	9	36,0	60,8	4,0	7
CIV-49 .....	1949-59	515,7	10	36,0	51,6	3,6	7
	1950-59	501,4	9	36,0	55,7	4,0	7
K 0 .....	1950-59	538,5	9	40,0	59,8	4,4	7
K 1 .....	1950-59	520,9	9	40,0	57,9	4,4	8
K 2 .....	1950-59	703,0	9	40,0	78,1	4,4	6
K 3 .....	1950-59	738,5	9	40,0	82,1	4,4	5

Tableau 17. *Vitesses et azimuts moyens (déplacement horizontal)*

Point	Vitesse m/an	Azimut degré	Période
Y .....	1,5	122	1948-1959
Y' .....	1,5	66	1948-1959
(B 15) .....	18,0	100	moyenne des valeurs 1948-1959 et 1949-1959
BK 1 .....	18,8	102	1/7-11/8/1959
Balise 6 .....	28,8	102	1948-1949
TN 49 .....	58,3	103	moyennes des valeurs 1949-1959 et 1950-1959
TS 49 .....	58,6	99	
Camp IV 49 .....	53,6	102	
K 0 .....	59,8	101	1950-1959
K 1 .....	57,9	97	1950-1959
K 2 balise .....	78,1	89	1950-1959
K 3 .....	82,1	76	1950-1959

est estimée à 30 m. Aussi, est-il préférable de faire intervenir les deux déterminations dans le calcul de déplacement, la précision de la détermination de 1959 étant évaluée à 6 m. La limite supérieure de l'erreur sur les déplacements 1949-59 et 1950-59 sera de 36 m.

Les points K 0, K 1, K 2 et K 3 ont été déterminés pour la première fois en 1950 avec une précision évaluée à 30 m. La précision de la

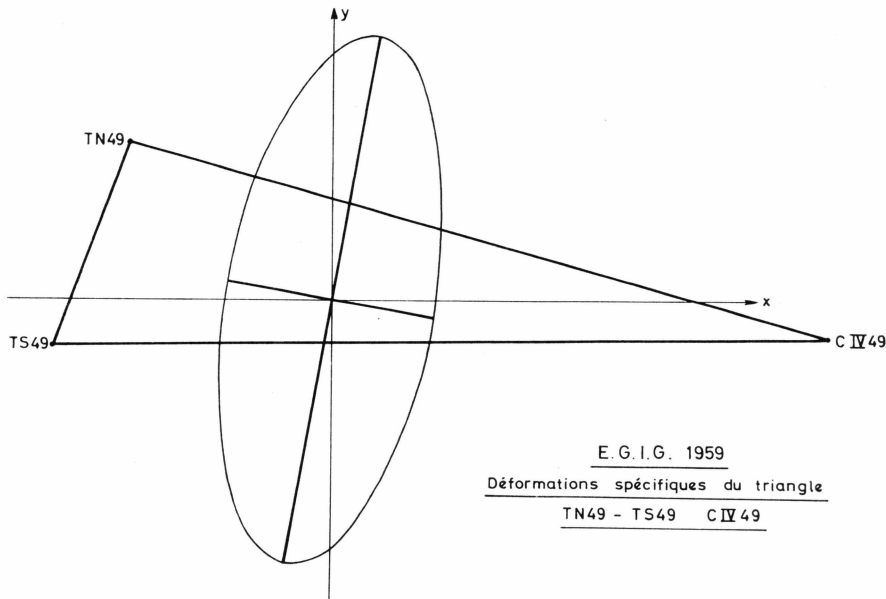


Fig. 5. Déformations spécifiques normales du triangle.  
TN 49-TS 49-CIV 49

détermination de 1959 peut être évaluée à 10 m. La limite supérieure de l'erreur sur le déplacement calculé sera donc 40 m.

La limite supérieure de l'erreur sur les vitesses moyennes annuelles, l'erreur relative et l'ensemble des résultats se trouvent dans les Tableaux 16 et 17.

Tableau 18. *Vitesse en fonction de la distance à A 14.*

$V = (17,8 \pm 1,5) \cdot 10^{-4} \cdot D + 16,1 \pm 3,5$   
V vitesse de déplacement, exprimée en mètres par an  
D distance de A 14 suivant l'axe de gisement 114 gr,  
exprimée en mètres.

Point	Distance m	Vitesse observée m/an	Vitesse calculée m/an	Ecart m/an
BK 1 .....	1070	18,8	18,0	- 0,8
(B 15) .....	1150	18,0	18,2	+ 0,2
Balise 6 .....	7940	28,8	30,3	+ 1,5
TS 49 .....	20640	58,6	52,9	- 5,7
TN 49 .....	20780	58,3	53,1	- 5,2
C IV 49 .....	24300	53,6	59,4	+ 5,8
K 0 .....	26260	59,8	62,9	+ 3,1
K 1 .....	28200	57,9	66,3	+ 8,4
K 2 balise .....	31720	78,1	72,6	- 5,5
K 3 .....	35780	82,1	79,8	- 2,3
Ecart moyen quadratique				± 5,1

Comme l'épaisseur de la glace, sur l'ensemble du profil, est mal connue et sujette à de grandes variations, nous avons calculé la corrélation entre la vitesse moyenne et la distance à A 14.

Les résultats sont donnés dans le Tableau 18 et matérialisés dans la figure 5.

4.2. Variation des distances

Nous avons établi les variations des distances conséquences de l'écoulement de la glace (Tableau 19). Les déformations spécifiques sont irrégulières (Tableau 20), irrégularité liées aux épaisseurs variables de la glace (BAUER, 1954).

Seul pour le triangle TN 49–TS 49–CIV 49, nous avons établi les déformations spécifiques normales, même si les valeurs données ne sont

Tableau 19. *Variation des distances.*

Distance	1948 m	1949 m	1950 m	1959 m
A 14 – Balise 6 . . . . .	8362,5	—	—	8053,1
Balise 6 – TS 49 . . . . .	—	12948,2	—	12705,5
TS 49 – TN 49 . . . . .	—	1013,5	1014,4	1048,4
TS 49 – Camp IV 49 . . . . .	—	3724,5	3728,2	3778,3
TN 49 – Camp IV 49 . . . . .	—	3475,0	3480,6	3523,1
Camp IV 49 – K 0 . . . . .	—	—	2168,9	2126,6
Camp IV 49 – K 1 . . . . .	—	—	3915,0	3901,5
K 0 – K 1 . . . . .	—	—	2142,2	2174,4
K 1 – K 2 . . . . .	—	—	3816,1	3629,9
K 2 – K 3 . . . . .	—	—	4230,3	4209,6
TS 49 – K 0 . . . . .	—	—	5897,1	5904,9

Tableau 20. *Déformations spécifiques.*

Distance	Déformation spécifique 10 <sup>-3</sup> . an <sup>-1</sup>
Balise 6 – TS 49 . .	– 1,9
TS 49 – TN 49 . . .	+ 3,5
TS 49 – C IV 49 . .	+ 1,4
TN 49 – C IV 49 .	+ 1,3
C IV 49 – K 0 . . . .	– 2,2
C IV 49 – K 1 . . . .	– 0,4
K 0 – K 1 . . . . .	+ 1,7
K 1 – K 2 . . . . .	– 5,6
K 2 – K 3 . . . . .	– 0,5
TS 49 – K 0 . . . . .	+ 0,2



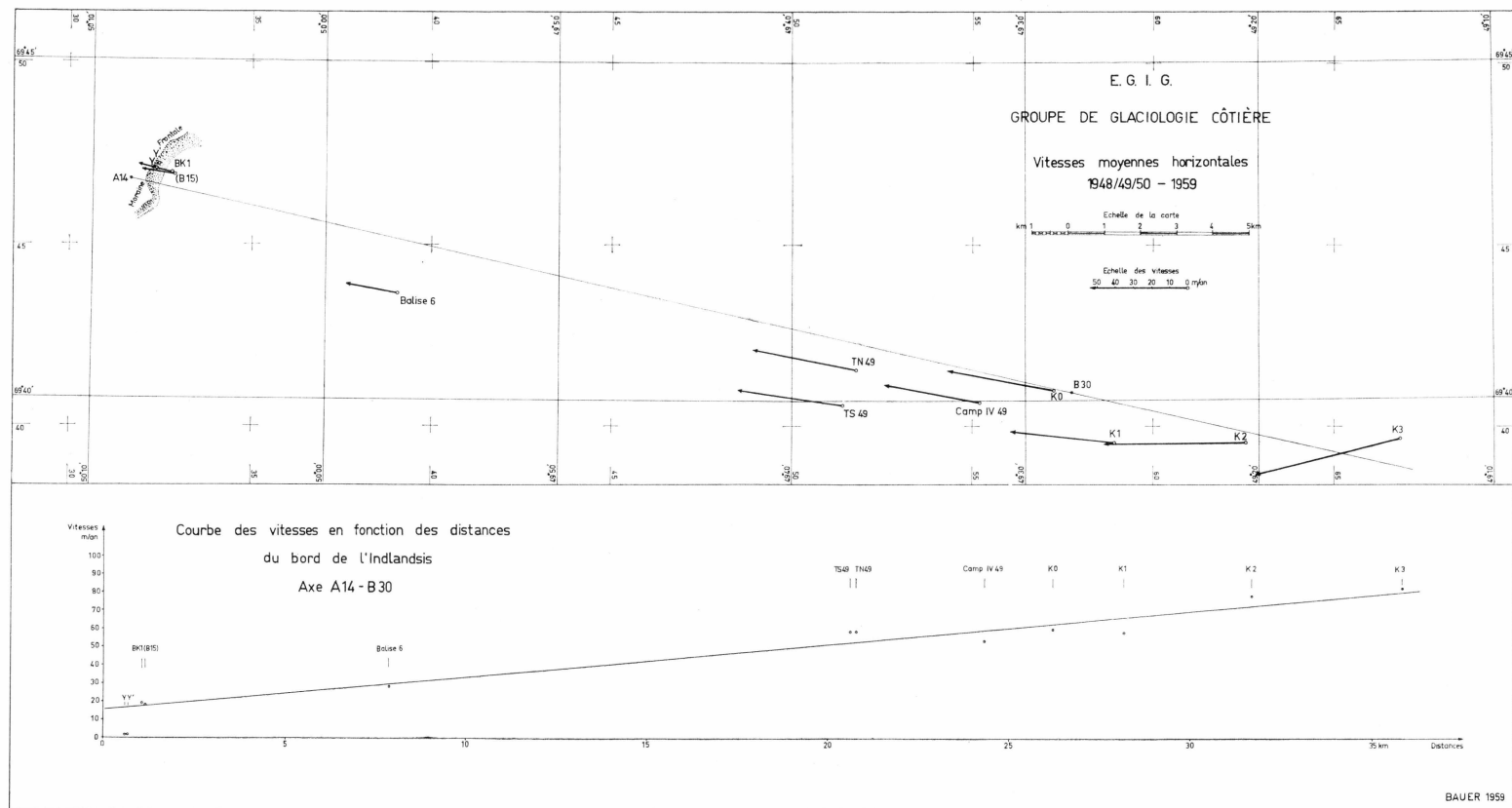


Fig. 6. Vitesses moyennes horizontales. 1948/1949/1950-1959.

pas très précises, comme nous ne disposons que de la déformation d'un triangle qui, de plus, est très étiré.

Rapportée aux axes  $ox$ ,  $oy$ , l'ellipse de déformation (figure 6) a ses axes principaux inclinés de  $10^\circ$  sur les axes de référence. Les déformations spécifiques normales sont:

$$\begin{aligned}\overset{\circ}{E}_1 &= + 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot \text{an}^{-1} \\ \overset{\circ}{E}_3 &= + 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{an}^{-1} \\ \overset{\circ}{E}_1 &= - 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot \text{an}^{-1}\end{aligned}$$

qui expliquent l'état des tensions en cette partie de la zone d'ablation.

#### 4.3. Remarques sur le mouvement de l'Indlandsis

En conclusion, le mouvement de la partie de l'Indlandsis étudiée est, dans son ensemble, régulier. Le sens de l'écoulement est, en moyenne, non lié aux détails topographiques de la surface et suit une direction uniforme (azimut  $100^\circ$ ). La comparaison entre la Figure 6 et les cartes au 1/50 000 (E.P.F., 1952, 1953) le confirme.

Quant à la grandeur de la vitesse superficielle, elle diminue presque linéairement de la ligne d'équilibre (80 m/an) au bord de l'Indlandsis (18 m/an). Le mouvement des sommets de la moraine perchée bordière ( $y$  et  $y'$ ) est un mouvement dû à des causes particulières.

Diverses remarques s'imposent. Tout d'abord, cette diminution régulière de la vitesse à partir de la ligne d'équilibre vers le bord contraste avec l'accélération des vitesses de l'écoulement d'un fleuve de glace dont le front vélant dans la mer présente la vitesse la plus forte (BAUER, 1968 a). Pour de tels glaciers, dans les derniers kilomètres de leur cours, la vitesse moyenne du front peut passer de 1000 m/an à 5000 m/an. Ces valeurs sont d'un autre ordre de grandeur que celles mesurées sur notre profil, et la variation est contraire. Il s'agit donc de deux phénomènes essentiellement différents: d'une part, les fleuves de glace accélérant leur course vers la mer et, de l'autre, l'écoulement décéléré d'une partie calme de l'Indlandsis venant mourir sur la terre. C'est pour montrer ce phénomène que déjà MERCANTON avait porté ses efforts sur l'étude de cette partie calme de l'Indlandsis (MERCANTON, 1925) comprise entre le drainage énorme du Jakobshavns Isbræ au sud, et les glaciers vélant dans de Quervains Havn et Torssukátak au nord (Eqip sermia, Kangilerngata sermia, Sermeq kujatdleq et Sermeq avangnardleq) (BAUER, 1968 a). Je pense que ces influences du nord et du sud conditionnent la forme de l'ellipse de déformation au C IV-49.

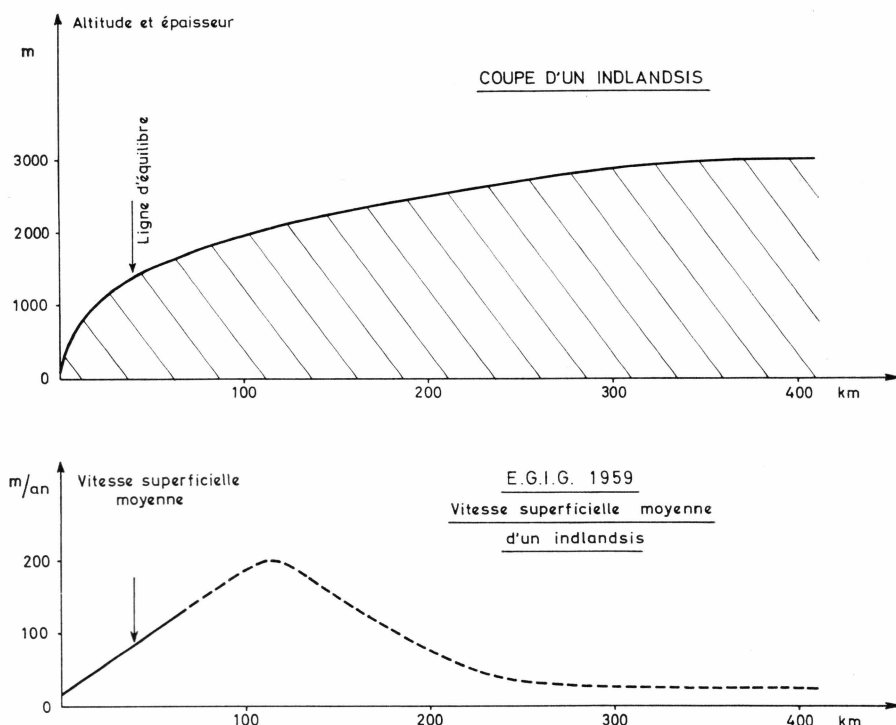


Fig. 7. Vitesse moyenne superficielle d'un indlandsis.

De plus, la décélération constante vers le bord ne donne aucune explication sur la manière dont le matériel morainique de fond est concentré en certaines veines plus chargées de débris que la glace adjacente. C'est par l'ablation et par l'écoulement que les débris morainiques apparaissent en surface au bord et forment les moraines perchées sur la glace bordière. Mais rien n'indique qu'il s'agit de « moraines de cisaillement ». Nous montrerons, dans notre étude ultérieure sur l'ablation de la zone étudiée, que cette explication phénoménologique est fausse parce que basée sur des observations erronées (BAUER, 1968 b). En effet, nos observations ont montré que le soi-disant chevauchement de couches de glace blanche et de glace chargée de débris morainiques n'est pas une conséquence du cisaillement qu'on justifiait de cette manière, mais uniquement l'effet d'une ablation différentielle. S'il y a laminage et cisaillement, cela se produit ailleurs. Au bord n'apparaissent que les conséquences et non les causes.

Il faut ajouter que, comme il y a augmentation de la vitesse du bord vers la ligne d'équilibre à l'est, la vitesse doit passer par un maximum, mais bien au-delà de cette ligne. On peut estimer que cette vitesse est

maximum là où l'accumulation est maximum, donc entre le Camp VI et Carrefour, de 50 à 90 km à l'est de K 3 (90 à 120 km de A 14).

Cette vitesse maximum doit être de l'ordre de 160 à 200 m/an. Puis la vitesse doit progressivement diminuer vers le centre. Contrairement au schéma habituellement admis, la vitesse n'est donc pas une fonction de l'épaisseur de la glace ou de la distance au bord pour l'ensemble d'un profil transversal d'un Indlandsis; elle n'est pas non plus maximum à la ligne d'équilibre. La distribution des vitesses est donc différente de celle admise généralement pour un indlandsis théorique (Figure 7). La cause principale doit être l'influence perturbatrice du drainage des fleuves de glace (BAUER, 1968 a).

Rappelons que les valeurs citées découlent de l'interprétation des couvertures aériennes des zones crevassées (BAUER, 1968 a):

Est du Kangerdlugssup sermerssua:	160 à 175 m/an
Région du Camp V	: 70 à 110 m/an
Sud-est du Camp V	: 110 à 120 m/an.

De plus, cette interprétation avait donné des vitesses de 80 m/an dans la région K 5, alors que la répétition de la triangulation a donné une vitesse moyenne de 82 m/an en K 3, à 5 km à l'ouest de K 5, donc dans la même zone. Ces mesures géodésiques confirment la possibilité de déterminer la vitesse superficielle de l'Indlandsis dans la zone d'équilibre par l'interprétation de photographies aériennes sans préparation au sol et la corrélation des intervalles entre les grandes crevasses avec la vitesse annuelle.

## 5. DÉTERMINATION DES ALTITUDES PAR NIVELLEMENT GÉODÉSIQUE

### 5.1. Réduction des observations zénithales

Les distances zénithales observées ont été réduites à la surface de la glace à la date du 11.8.1959. C'est en effet vers cette date que l'ablation s'arrête. D'autre part, c'est également vers cette date qu'ont été faits le nivellement des points situés sur l'Indlandsis en 1948 et les travaux de nivellement dans la région de Balise 6 et Camp IV 49 en 1949 et dans celle de Camp IV 49 et K 3 en 1950.

Les réductions à la surface du 11.8.1959 ont été faites à l'aide des valeurs de l'ablation aux Balises BK (BAUER, 1968 b).

La formule employée à ce calcul est:

$$z_1^2 = z_{1\text{obs}}^2 + \frac{dh_2 + a_2 - (dt_1 + a_1)}{D \sin 1''}$$

$z_1^2$  distance zénithale réduite du point 1 vers le point 2

$z_{1\text{obs}}^2$  distance zénithale observée

$dh_2$  hauteur du point visé au-dessus du sol

Tableau 21. *Exemple de réduction de distances zénithales.*

Date: 13. 7. 1959

Station: B 25

$dt = 1,54$

$a_1 = 0,70$

$dt + a_1 = 2,24$

Points visés	$z_{\text{obs}}$ gr	dh m	$a_2$ m	dh + $a_2$ m	$dh + a_2 - (dt + a_1)$ m	D m	c gr	z gr
BK 2								
balise ...	99,8228	0	0	0	- 2,24	573,3	- 0,2488	99,5740
B 26 .....	99,1258	2,01	0,70	2,71	+ 0,47	720,3	+ 0,0415	99,1673
TN 59 .....	98,9664	3,80	0,92	4,72	+ 2,48	13360,3	+ 0,0118	98,9782
TS 59 .....	98,9575	3,67	0,92	4,59	+ 2,35	14071,1	+ 0,0106	98,9681
B 24 .....	101,4347	1,93	1,04	2,97	+ 0,73	3715,2	+ 0,0125	101,4472
B 23 .....	101,3620	2,07	1,04	3,11	+ 0,87	3790,7	+ 0,0146	101,3766

$a_2$	ablation entre la date de l'observation et le 11 août 1959 au point 2
$dt_1$	hauteur des tourillons
$a_1$	ablation entre la date de l'observation et le 11 août 1959 au point 1
D	distance entre les points 1 et 2

Le tableau 21 donne un exemple de réduction

## 5.2. Distances zénithales réduites

Dans le tableau 22, la nature du point sur lequel est réduite la distance zénithale est indiqué par:

sol : quand le point est situé sur du rocher en place

surface: quand la distance zénithale est réduite à la surface de la glace à la date du 11.8.1959

sommet nème élément: Quand elle est réduite au sommet du nème élément d'une balise profondément implantée dans la glace, donc indépendante de l'ablation.

Pour les points situés entre BK 1 et les points B 23 et B 24 inclus, on a utilisé l'ablation mesurée en BK 1.

Pour les réductions des visées entre B 26, B 25 et Balise 6, c'est l'ablation mesurée en BK 2 qui a été utilisée.

L'ablation mesurée en BK 5 a servi à la réduction des distances zénithales observées dans la région du Camp IV-EGIG.

Pour les points situés à l'est de TN 59 et TS 59, on a adopté l'ablation mesurée en BK 6.

Tableau 22. *Distances zénithales réduites.*

Date	Station	Point visé		Distance zénithale réduite
1. 7. 1959 . . . . . A 13	sol	A 15	sol	94,2495
		A 14	sol	98,2502
1. 7. 1959 . . . . . A 14	sol	A 13	sol	101,7552
		A 15	sol	99,9296
		Y'	surface	97,5777
		Y	surface	97,3159
		BK 1 sommet 2e élément (B 15)	surface	97,1717
		B 21	surface	96,8782
		B 22	surface	96,3048
		B 22	surface	96,5675
		Qapiarfit	sol	99,1683

Tableau 22 (cont.)

Date	Station	Point visé	Distance zénithale réduite
1. 7. 1959 .... A 15	sol	Qapiarfît	sol 99,1325
		BK 1 sommet 2e élément	96,5210
		(B 15)	surface 96,2993
		B 21	surface 95,9372
		Y'	surface 95,8029
		Y	surface 96,1979
		B 22	surface 97,1173
		A 14	sol 100,0716
		A 13	sol 105,7449
1. 7. 1959 .... BK 1 sommet 2e élément		A 13	sol 104,1740
		A 14	sol 102,8256
		A 15	sol 103,4632
2. 7. 1959 .... (B 15)	surface	A 14	sol 103,1276
		A 15	sol 103,6940
2. 7. 1959 .... B 21	surface	B 23	surface 97,8174
		B 24	surface 97,8346
		B 22	surface 101,0112
		A 14	sol 103,6882
		A 15	sol 104,0490
2. 7. 1959 .... B 22	surface	B 21	surface 98,9580
		B 23	surface 97,7658
		B 24	surface 97,6644
		A 14	sol 103,4297
		A 15	sol 102,8728
11. 7. 1959 .... BK 1 sommet 2e élément		A 14	sol 102,8303
		A 14	sol 102,8351
		A 15	sol 103,4751
		A 15	sol 103,4761
15. 7. 1959 .... BK 1 sommet 2e élément		A 14	sol 102,8292
		A 14	sol 102,8379
		A 15	sol 103,4750
		A 15	sol 103,4863
13. 7. 1959 .... B 23	surface	B 24	surface 100,3183
13. 7. 1959 .... B 24	surface	B 23	surface 99,6750
		C III bis pyramide	surface 99,4031
		B 25	surface 98,5319
		B 26	surface 98,6001
		B 22	surface 102,3367
		B 21	surface 102,1590

Tableau 22 (cont.)

Date	Station	Point visé	Distance zénithale réduite
13. 7. 1959 . . . . B 25	surface	BK 2 balise sommet ler	
		élément	99,5740
		B 26	surface 99,1673
		TN 59	surface 98,9782
		TS 59	surface 98,9681
		B 24	surface 101,4472
		B 23	surface 101,3766
13. 7. 1959 . . . . B 26	surface	Balise 6	surface 100,0736
		TN 59	surface 98,9713
		TS 59	surface 98,9581
		B 23	surface 101,3133
		B 24	surface 101,4011
		B 25	surface 100,8242
13. 7. 1959 . . . . BK 2 balise sommet ler	élément	Balise 6	surface 99,5343
		B 25	surface 100,4065
		B 26	surface 99,1813
13. 7. 1959 . . . . BK 3 balise	surface	B 17	surface 100,1141
		C III ter pyramide	surface 99,7944
19. 7. 1959 . . . . W	surface	TN 59	surface 99,6241
		TS 59	surface 99,4195
		BK 5 sommet balise	102,2584
		TS 49	surface 102,6659
		TN 49	surface 101,1568
19. 7. 1959 . . . . TN 49	surface	Qapiarfit	sol 100,4872
		W	surface 98,8508
19. 7. 1959 . . . . TN 59	surface	W	surface 100,3767
		Qapiarfit	sol 100,5346
19. 7. 1959 . . . . TS 59	surface	Balise C sommet	balise 98,7734
		Qapiarfit	sol 100,5271
		TS 49	surface 102,4709
19. 7. 1959 . . . . TS 49	surface	Qapiarfit	sol 100,4904
		TS 59	surface 97,5296
		W	surface 97,3356
21. 7. 1959 . . . . TS 49	surface	Balise D sommet	balise 103,3531
		Abri Fanion sommet abri	97,9033
		Météo	surface 101,4577
24. 7. 1959 . . . . B 29	surface	BK 6 balise sommet ler	
		élément	99,1430
		B 28	surface 101,2408
		C IV 49 balise	surface 102,0127



Tableau 22 (cont.)

Date	Station	Point visé		Distance zénithale réduite
24. 7. 1959 . . . . C IV 49 balise	surface	Qapiarfit	sol	100,6037
25. 7. 1959 . . . . TN 59	surface	B 28	surface	98,9066
		C IV 49 balise	surface	99,0097
		Qapiarfit	sol	100,5324
30. 7. 1959 . . . . W	surface	E	surface	97,6005
30. 7. 1959 . . . . E	surface	W	surface	102,3664
4. 8. 1959 . . . . TS 59	surface	B 26	surface	101,1223
		B 25	surface	101,1270
5. 8. 1959 . . . . TS 49	surface	Qapiarfit	sol	100,5018
6. 8. 1959 . . . . TS 49	surface	Qapiarfit	sol	100,5062
7. 8. 1959 . . . . B 34	surface	BK 7 tétraèdre	surface	100,1528
		R 1	surface	101,5396
		B 32	surface	100,8139
		B 31	surface	100,7969
7. 8. 1959 . . . . B 33	surface	B 34	surface	99,1429
		R 1	surface	99,4809
		B 32	surface	99,7004
		K 2	surface	100,7594
		B 31	surface	100,6671
		K 1	surface	100,6460
		B 30	surface	100,6918
9. 8. 1959 . . . . TN 59	surface	K 0 balise	surface	98,9372
		B 30	surface	98,8889
11. 8. 1959 . . . . B 30	surface	BK 6 balise sommet 2e	élément	101,6606
		B 32	surface	99,3209
		K 0 balise	surface	101,6551
11. 8. 1959 . . . . B 32	surface	B 34	surface	99,2147
		K 3	surface	99,5229
		K 2	surface	101,0022
		K 1	surface	100,6821
		B 30	surface	100,6936
		B 33	surface	100,3288
11. 8. 1959 . . . . BK 1 sommet 2e élément		A 14	sol	102,8372
		A 15	sol	103,4893
11. 8. 1959 . . . . A 14	sol	BK 1 sommet 2e élément		97,1652
11. 8. 1959 . . . . A 15	sol	BK 1 sommet 2e élément		96,5132

### 5.3. Calcul des dénivelées.

Les dénivelées ont été calculées, dans le cas de distances zénithales réciproques, à l'aide de la formule:

$$dN = K \left( 1 + \frac{H_m}{R} \right) \operatorname{tg} \frac{z - z'}{2}$$

où  $K$  est la distance réduite à l'ellipsoïde déduite des coordonnées

$H_m$  l'altitude moyenne de la portée

$R$  le rayon terrestre

$z$  et  $z'$  les distances zénithales réciproques.

Dans le cas où la dénivelée est déterminée par visée zénithale non réciproque, elle est calculée par:

$$dN = K \left( 1 + \frac{H_m}{R} \right) \cotg z + qK^2$$

### 5.4. Calcul de $\log q$

La valeur de  $\log q$  a été calculée à l'aide des distances zénithales non réciproques observées sur Qapiarfit aux points TN 49, TS 49, TN 59 et TS 59. L'altitude des points de station a été calculée à l'aide de celle de BK 5, déterminée par le Groupe de Nivellement. L'altitude de Qapiarfit est de 819 m. Il a été ainsi trouvé pour  $\log q$  la valeur  $\bar{8},76791$  (Tableau 23).

Tableau 23. Valeur de  $\log q$ .

Date	Station	$\log q$
19. 7. 1959 . . . . .	TN 49	$\bar{8},73517$
19. 7. 1959 . . . . .	TN 59	$\bar{8},75881$
19. 7. 1959 . . . . .	TS 59	$\bar{8},76225$
19. 7. 1959 . . . . .	TS 49	$\bar{8},75758$
25. 7. 1959 . . . . .	TN 59	$\bar{8},75079$
5. 8. 1959 . . . . .	TS 49	$\bar{8},79806$
6. 8. 1959 . . . . .	TS 49	$\bar{8},81270$
Moyenne adoptée		$\bar{8},76791$

La valeur de  $q$  ainsi calculée est nettement positive. Mais on constate souvent, que, pour des distances relativement courtes, la valeur de  $q$  est négative et que le coefficient de réfraction dépasse 0,5. Ainsi, lorsque l'on introduit la valeur de  $q$  calculée, on constate dans la fermeture altimétrique de certains polygones la présence d'une erreur systématique.

Aussi, chaque fois qu'une visée a été observée réciproquement, même si elle n'a pas été faite le même jour, la dénivelée est calculée par la formule concernant les observations réciproques.

De cette façon, les fermetures s'améliorent sensiblement. En effet, entre A 14 et TS 59, la fermeture la plus forte est constatée dans le triangle A 14-B 21-B 22 (0,19 m), si l'on excepte celle du triangle B 25-TS 59-B 26.

Dans ce dernier triangle, la fermeture est exceptionnellement forte (1,42 m). Mais la distance zénithale observée en B 26 est influencée par la réfraction, par suite de la rasance de la visée. Aussi convient-il de ne pas tenir compte de la dénivelée B 26-TS 59 calculée.

5.5. Calcul des altitudes

(Tableaux 25 et 26)

Le nivellement des points a été rattaché à A 14. Pour calculer l'altitude des points du cheminement altimétrique principal, on s'est servi des visées réciproques ou, dans le cas où celles-ci n'existent pas, des portées les plus courtes.

Ainsi, le cheminement principal est constitué par les points:  
A 14-B 22-B 24-B 25-TS 59-W-TN 59-B 28-B 29-BK 6-B 30-B 32-B 34.

L'altitude des autres points a été calculée par rayonnement à partir des points du cheminement principal en utilisant les portées les plus courtes.

5.6. Contrôle des altitude et précision

Un certain nombre de points sont communs au nivellement géodésique et au nivellement géométrique du Groupe de Nivellement. La comparaison des deux résultats permet de se faire une idée de la précision du nivellement géodésique et de déceler une erreur systématique éventuelle (MÄLZER, 1964).

Il est vrai que les balises déterminées au mois de mai par le Groupe de Nivellement se sont déplacées.

La pente du terrain et la résurgence ont certainement provoqué une

Tableau 24. Comparaison entre les altitudes géodésiques et géométriques.

Point	Altitude nivellement géodésique m	Altitude nivellement géométrique m	Différence m
BK 2 sommet .....	795,6	795,5	+ 0,1
BK 5 — .....	1013,8	1013,8	0
BK 6 — .....	1118,4	1117,9	+ 0,5

variation d'altitude, mais cette variation est largement inférieure à la précision du nivellement géodésique.

La comparaison des résultats est donnée dans le tableau 24.

En conclusion, on peut estimer que les résultats ne sont pas entachées d'erreurs systématiques importantes. D'autre part, la précision des altitudes déterminées par nivellement géodésique peut être estimée à quelques décimètres.

5.7. Altitudes déterminées par nivellement géodésique

Tableau 25. *Altitude de la surface de la glace le 11. 8. 1959 (nivellement géodésique).*

Point	Altitude m	Point	Altitude m
B 21 .....	635,7	K 1 .....	1144,6
B 22 .....	627,2	K 2 .....	1176,5
B 23 .....	709,5	K 3 .....	1217,9
B 24 .....	706,9	R 1 .....	1217,4
B 25 .....	792,0	BK 2 .....	793,5
B 26 .....	801,3	BK 5 .....	1011,5
B 27 .....	857,3	BK 6 .....	1116,3
B 28 .....	1071,6	BK 7 .....	1240,2
B 29 .....	1097,3	C .....	1031,5
B 30 .....	1129,0	D .....	979,6
B 31 .....	1155,5	E .....	1030,4
B 32 .....	1194,0	W .....	1026,7
B 33 .....	1192,1	Météo .....	1004,1
B 34 .....	1243,3	C III bis pyra-	
TN 59 .....	1032,7	mide .....	719,7
TS 59 .....	1030,5	(B 15) .....	619,7
TN 49 .....	1009,7	Y .....	592,4
TS 49 .....	1011,5	Y' .....	592,8
CIV 49 balise ..	1078,6	Balise 6 .....	800,8
K 0 .....	1116,9		

Tableau 26. *Altitude des repères (nivellement géodésique).*

Repère	Altitude m
A 15 .....	561,4
BK 2 sommet ler élément .....	795,6
BK 5 sommet ler élément .....	1013,8
BK 6 sommet ler élément .....	1118,4
C sommet balise .....	1034,3
D sommet balise .....	981,1
Abri fanion, sommet .....	1014,8
Abri fanion, table pour hypsomètre	1013,5

### 5.8. Altitudes rattachées au nivellement géométrique

Pour comparer les altitudes des points déterminés en 1948-49 à celles qui ont été déterminées en 1959, on utilisera les altitudes calculées par le nivellement géodésique, car la précision est comparable (MÄLZER, 1964).

Mais, pour des comparaisons ultérieures, on a intérêt à utiliser l'altitude la plus précise. C'est pourquoi, tous les points ont été, en outre, rattachés en altitude aux points déterminés par le nivellement géométrique (Tableaux 27 et 28).

Tableau 27. *Altitudes de la surface de la glace le 11. 8. 1969 (rattachement au nivellement géométrique).*

Point	Altitude m	Point	Altitude m
B 21.....	635,7	K 1 .....	1144,1
B 22.....	627,2	K 2 .....	1176,0
B 23.....	709,5	K 3 .....	1217,4
B 24.....	706,9	R 1 .....	1216,9
B 25.....	791,9	BK 2.....	793,4
B 26.....	801,2	BK 3.....	858,7
B 27.....	857,3	BK 5.....	1011,5
B 28.....	1071,1	BK 6.....	1115,8
B 29.....	1096,8	BK 7.....	1239,7
B 30.....	1128,5	C .....	1031,5
B 31.....	1155,0	D .....	979,5
B 32.....	1193,5	E .....	1030,4
B 33.....	1191,6	W.....	1026,7
B 34.....	1242,8	Météo .....	1004,1
TN 59.....	1032,7	C III bis	
TS 59.....	1030,5	pyramide ...	719,7
TN 49.....	1009,7	(B 15) .....	619,7
TS 49.....	1011,5	Y .....	592,4
C IV 49 balise .	1078,1	Y' .....	592,8
K 0 .....	1116,4	Balise 6.....	800,7

Ce rattachement a été effectué dans les conditions suivantes:

à A 14: B 21, B 22, B 23, B 24, (B 15), Y, Y', Camp III bis;

à BK 2: B 25, B 26, Balise 6;

à BK 3: B 27;

à BK 5; TN 49, TS 49, TN 59, TS 59, E, W, C, D, Météo, Abri Fanion;

à BK 6: B 28, B 29, B 30, B 31, B 32, B 33, B 34, C IV, 49, K 0, K 1, K 2, K 3, R 1.

Tableau 28. *Altitude des repères (rattachement au nivellement géométrique).*

Repère	Altitude m
A 15 sol .....	561,4
BK 2 sommet 1er élément .....	795,5
BK 2 — .....	860,7
BK 5 — .....	1013,8
BK 6 — .....	1117,9
C sommet ballise .....	1034,3
D — .....	981,1
Abri Fanion .....	1014,8
Abri Fanion, table pour hypso- mètre.....	1013,5

Tableau 29. *Comparaison entre les altitudes de 1948 à 1959.*

Points	Altitude m					
	1948	1949	1950	1952	1953	1959
Y .....	596,9					592,4
Y' .....	597,1			595,3	595,7	592,8
(B 15) .....	641,9					619,7
BK 2 .....					793,4	793,4
Balise 6 .....	798,8					800,8
TN 49 .....		1034,7				1009,7
TS 49 .....		1037,2				1011,5
C IV 49 .....		1097,0				1078,6
K 0 — BK 6 .....			1131,5			1116,9
K 1 .....			1154,6			1144,6
K 2 .....			1193,9			1176,5
K 3 .....			1239,9			1217,9

Remarque concernant le tableau 29.

L'altitude 793,4 m de 1953 (GRISONI, 1954) n'est pas celle de la Balise 6, mais de la pyramide signal 1948–1950 proche de BK 2 déterminé en 1959. GRISONI avait d'ailleurs fait remarquer que sa «Balise 6» en 1953 se trouvait à 600 m de sa position de 1948, ce qui est impossible. La vraie Balise 6 était tombée, GRISONI ne l'a pas retrouvée en 1953, mais nous l'avons retrouvée en 1959 et nous avons reconstruit ce signal (Photo 11).

Cas particulier de BK 1

Les observations de BK 1 entre le 20 mai et le 11 août 1959 sont consignées dans les Tableaux 30 et 31.

L'exploitation de ces observations montre la résurgence de la balise, repère fixe, suivant une inclinaison matérialisée par celle des roches arrivant en surface.

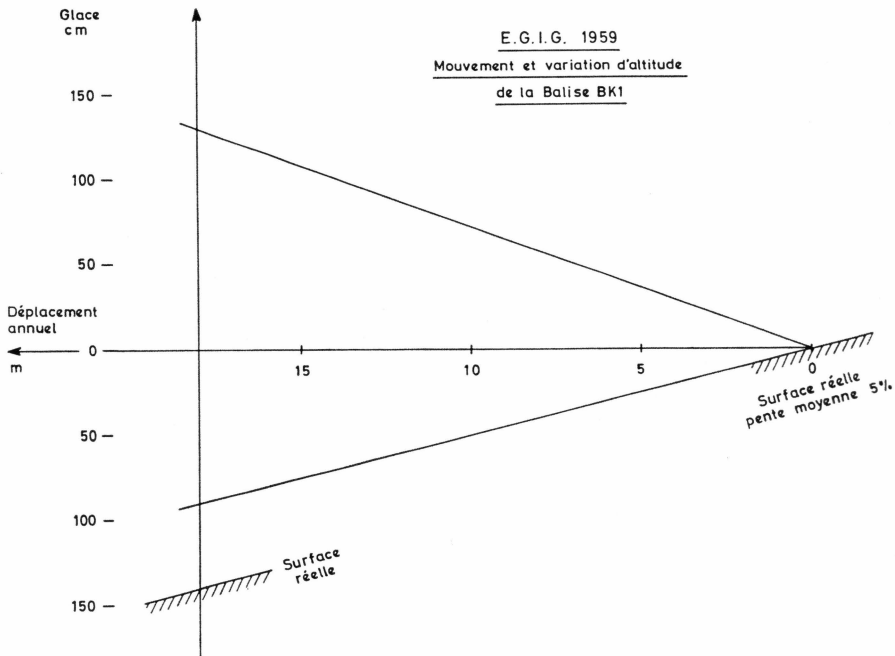


Fig. 8. Mouvement et variation d'altitude de la Balise BK 1.

Tableau 30. *Altitude de BK 1-1959. (Sommet du 2e élément de la balise d'ablation).*

Date	Détermination à partir de			Altitude-moyenne m	Nature des Observations
	A 14	A 13	A 15		
20. 5. 59 .....				611,22	niv. géométrique
1. 7. 59 .....	611,31	611,31	611,31	611,30	Zénithales réciproques
11. 7. 59 .....	611,34		611,31	611,32	Non réciproques
13. 7. 59 .....	611,27		611,30	611,36	Non réciproques
	611,43		611,46		
11. 8. 59 .....	611,38		611,43	611,40	Réciproques

Tableau 31. *Altitudes de BK 1 (surface et sommet du 1er élément de la balise d'ablation).*

Date	Altitude	
	surface m	sommet 1er élément m
20. 5. 1959 .....	612,3	613,22
1. 7. 1959 .....	611,4	613,30
11. 7. 1959 .....	611,1	613,32
13. 7. 1959 .....	611,0	613,36
11. 8. 1959 .....	610,0	613,40

Les données sont les suivantes: (fig. 8).

vitesse horizontale:	18 m/an
pente 5‰	– 0,90 m/an
résurgence	+ <b>1,30 m/an</b>
différence	– 2,20 m/an
ablation mesurée	– <b>2,70 m/an</b>
variation de la surface	– 0,50 m/an

### 5.9. Variation d'altitude de la surface de la glace de 1948 à 1959

Les altitudes de la surface de la glace pour les différents points et repères pour les années d'observation 1948, 1949, 1950, 1952, 1953, et 1959 sont données dans les tableaux 29 et 30.

Mais nous ne pouvons déduire de ces diverses altitudes les variations d'altitude. En effet, ces altitudes ne sont pas comparables, car chacun des points s'est déplacé. On ne peut comparer les altitudes qu'en une même position géographique. Il est donc nécessaire d'extrapoler en arrière dans le temps toutes les altitudes et de les ramener à celles de la position des points de la première année d'observation. Cette extrapolation est hasardeuse car, si nous connaissons relativement bien la vitesse horizontale de déplacement des points, nous connaissons avec beaucoup moins de précision le profil altimétrique de détail sur le parcours du point. Une incertitude supplémentaire provient de l'ablation qui, par suite de la position différente et de l'année, peut présenter une variation de l'ordre de 30 ‰.

Il en résulte une incertitude difficile à chiffrer de l'altitude en 1959 de la position du point la première année d'observation. Malgré ces réserves, nous avons tenté cette extrapolation et nous pensons que la variation d'altitude de la surface de la glace le long du profil étudié est exacte quant au signe et à l'ordre de grandeur.

La pente moyenne locale détaillée d'une station ou repère est tirée des cartes de reconnaissance (E. P. F., 1949, 1952, 1953) et des profils détaillés de la route suivie par le Groupe de Nivellement Géométrique (MÄLZER, 1964).



## 6. CONCLUSION

L'examen de ces documents conduit à une conclusion capitale, celle de la permanence en position des accidents de la surface, comme les crevasses, bédrières et moulins, et aussi les crêtes et vallées. Par exemple, TN 49 et TS 49, installés en 1949 au sommet d'une crête, se trouvaient en 1959 sur le versant ouest de la même crête à une distance de la crête égale à celle de leur déplacement.

Les résultats sont consignés dans le Tableau 32 (fig. 9).

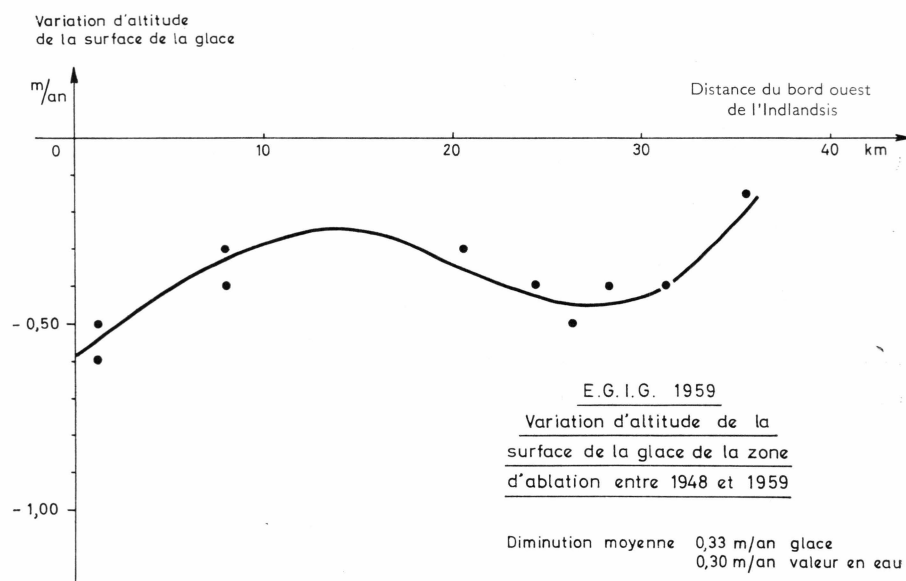


Fig. 9. Variation d'altitude de la surface de la glace de la zone d'ablation entre 1948 et 1959.

Il en résulte que, pour un profil de 40 km de long dans la direction ouest-est de la zone d'ablation, *la diminution moyenne de la surface de la glace est de 0,33 m/an ou de 0,30 m/an valeur en eau.*

Ce résultat est en accord avec l'ensemble des observations qui confirment une diminution actuelle de l'Indlandsis du Groenland (BAUER, 1966) (SHUMSKY, 1965), (WEIDICK, 1959).

A Scheideck (71° 11' N, 51° 07' W, 950 m), on a observé un abaissement de la surface de la glace bordière d'environ 6 m entre 1931 et 1961,

Tableau 32. *Variation moyenne d'altitude de la surface de la glace entre 1948 et 1959.*

Point	Variation moyenne m/an	Distance au bord ouest de de l'Indlandsis km
BK 1 .....	— 0,5	1,1
B 15 .....	— 0,6	1,2
BK 2 .....	— 0,3	7,9
Balise 6 .....	— 0,4	7,9
BK 5 .....	— 0,3	20,6
C IV — 49 .....	— 0,4	24,3
BK 6 — K 0 .....	— 0,5	26,3
K 1 .....	— 0,4	28,2
K 2 .....	— 0,4	31,7
K 3 .....	— 0,15	35,7

soit environ 0,20 m de glace par an. Compte tenu de la latitude et de l'altitude, cette valeur est la même que la nôtre (LOEWE, 1964).

Malgré les réserves exprimées, il faut constater que la courbe (fig. 9) a une allure analogue à celle de l'ablation. En dehors des fortes valeurs au bord ouest, elle présente aussi un maximum vers BK 5, zone où l'ablation est, elle aussi, maximum. Les causes qui provoquent une ablation maximum vers BK 5 provoquent aussi une diminution maximum. Ces faits sont exposés dans notre étude de l'ablation (BAUER, 1968 b). Il faut peut-être signaler que, vu la forme de l'ellipse des contraintes dans la région du maximum de diminution vers BK 5 (figure 5), il n'est pas impossible que l'influence du drainage de la glace par les fleuves de glace au nord et au sud accentue l'effet dû à l'ablation.

#### *Cas particulier de la moraine frontale de l'Indlandsis*

Le bord ouest de l'Indlandsis se termine par une moraine frontale formant crête au-dessus de la surface de l'Indlandsis (Photo 19). L'accumulation de débris morainiques diminue l'ablation, d'où la forme indiquée. De plus, la pente abrupte ouest constitue un glacier parasite formé par les fortes accumulations dues au blizzard. Ces caractéristiques sont générales.

Cette moraine a été étudiée en détail en 1912 (MERCANTON, 1925). Nous avons montré (BAUER, 1953) que le relief de cette moraine n'avait pas changé entre 1912 et 1949 et, en 1959, on retrouve les mêmes formes (Photo 20).

La particularité de cette moraine est qu'elle est posée sur la glace qui avance en raison de 1,5 m/an, valeur déterminée en 1948–1949 et en



Photo 19. Moraine frontale vue de Y' vers le nord.

1959. C'est la raison pour laquelle il nous fut impossible de retrouver en 1948 la base géodésique de MERCANTON de 1912, comme elle avait disparu sous la glace. C'était contraire à priori au recul général des glaciers et ne devenait évident qu'après la répétition en 1949 des mesures de 1948.

Aujourd'hui, en plus de *l'avance* du bord de l'Indlandsis, nous pouvons affirmer la *diminution* de son épaisseur. C'est là un exemple type d'un glacier dont le front avance (par suite des conditions particulières dues au glacier parasite qui protège la fonte de son front) et qui, pourtant, est en décrue.

Si nous admettons, ce qui est vraisemblable, que le lit rocheux sous-glaciaire près du front est horizontal, la diminution d'altitude d'un point caractéristique de la moraine correspond à une diminution d'épaisseur. Le point  $P_M$  de MERCANTON correspond à notre point Y' de 1948 à 1959.

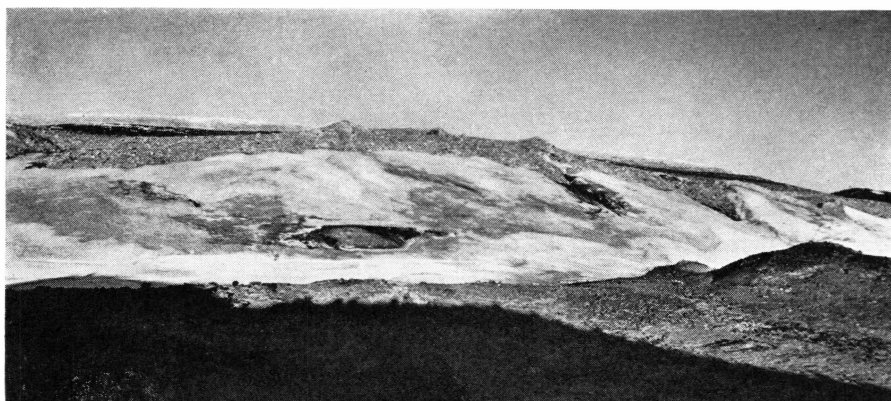


Photo 20. Moraine frontale vue de A 15 (Frysefjeld — MERCANTON 1925).

Les altitudes successives de  $P_M$  et  $Y'$ , rattachées à A 14, sont les suivantes :

1912	605,4
1948	597,1
1952	596,3
1953	595,7
1959	592,8

ce qui donne une diminution moyenne de 0,4 m/an, une peu inférieure à celle de BK 1 et B 15. Cela est naturel, car cette diminution provient d'un phénomène compliqué. En effet, l'accumulation de débris morainiques protège théoriquement contre toute ablation, comme la couche en ce point atteint une épaisseur de plus d'un mètre. Mais, par suite de la résurgence, il se forme un cône de débris qui provoque l'éboulement des roches dans la pente ouest, accéléré par le lessivage des parties fines par rapport aux grosses roches, permettant ainsi l'ablation mesurée.

Il faut ajouter que la vitesse d'avance mesurée au sommet de la moraine était de 2,4 à 2,7 m/an en 1912 (MERCANTON, 1925) contre 1,5 m/an pour la période 1948–1959. Cette diminution de vitesse doit être liée à la diminution d'épaisseur de la glace sur laquelle est perchée la moraine.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMBACH, W., 1963. Untersuchungen zum Energieumsatz in der Ablationszone des grönländischen Indlandeises. Meddelelser om Grønland, Bd. 174, Nr. 4, pp. 1–311.
- BAUER, A., 1953. Triangulation côtière de la région de l'Ege. Campagne au Groenland 1948, Expéditions Polaires Françaises. Annales de Géophysique, T.9., No. 1, pp. 1–41.
- 1954. Contribution à la connaissance de l'Indlandsis du Groenland: Synthèse glaciologique. Assemblée générale de Rome, A.I.H.S., No. 39, pp. 270–296.
- 1960. Précision des mesures d'ablation. Assemblée générale de Helsinki; A.I.H.S., No. 54, pp. 136–143.
- 1966. Le bilan de masse de l'Indlandsis du Groenland n'est pas positif. Bull. A.I.H.S. XI<sup>e</sup> Année, No. 4, pp. 8–12.
- 1968 a. Reconnaissances aériennes au Groenland 1957–1958. Observations aériennes et terrestres, exploitation des photographies aériennes et détermination des vitesses des glaciers vélant dans Disko Bugt et Umanaq Fjord. Meddelelser om Grønland. Bd. 173, Nr. 3.
- 1968 b. Grandeur et distribution de l'ablation sur le versant ouest (latitude moyenne 69° 40' N) de l'Indlandsis du Groenland entre 1958 et 1959 (En préparation).
- EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES, 1949. Carte de la montée vers l'Indlandsis (1/20 000) Institut Géographique National.
- 1952. Carte de Reconnaissance — du Camp IV au Camp V — (1/50 000) Institut Géographique National.
- 1953. Carte de Reconnaissance — du Camp III au Camp IV — (1/50 000) Institut Géographique National.
- GRISONI, M., 1954. Géodésie, Campagnes au Groenland 1952 et 1953 E.P.F., Rapport préliminaire No. 25, pp. 55–93.
- HOFMANN, W., 1964. Die Geodätische Lagemessung über das Grönländische Inlandeise der E.G.I.G. 1959. Meddelelser om Grønland, Bd. 173, Nr. 6, pp. 1–144.
- LOEWE, F., 1964. Das Grönländische Inlandeis nach neuen Feststellungen. Erdkunde, Bd. XVIII, Lfg. 3, pp. 189–202.
- MÄLZER, H., 1964. Das Nivellement über das Grönländische Inlandeis der E.G.I.G. Meddelelser om Grønland, Bd. 173, Nr. 7, pp. 1–122.
- MERCANTON, P.-L., 1925. Résultats scientifiques de l'Expédition Suisse au Groenland 1912–1913. Meddelelser om Grønland, Bd. 59, Nr. 5, pp. 55–271.
- NEVIERE, J., 1954. Nivellement géodésique sur l'indlandsis. Annales de Géophysique, Tome 10, pp. 66–88.
- SHUMSKY, P. A., 1965. Ob ismenenii massi lednikovogo pokrova v zentre Grenlandii. Dokladi Akademii NAUK S.S.S.R., T. 162, No. 2, pp. 320–322.
- TSCHAEN, L., 1959. Groenland 1948–1949–1950. Astronomie — Nivellement géodésique sur l'Indlandsis, nouveau calcul. E.P.F., No. 207.
- WEIDICK, A., 1959. Glacial variations in West Greenland in historical time. Meddelelser om Grønland, Bd. 158, Nr. 4, pp. 1–196.

## ANNEXE

### Observations azimutales

#### 01 07 59 – Station A 14

Qapiarfît .....	0,0000
A 13.....	25,3636
A 15.....	42,0380
Y' .....	77,8408
Y .....	82,6498
BK 1 .....	99,6551
(B 15) .....	103,0700
B 21.....	110,4158
B 22.....	136,9809

#### 01 07 59 – Station A 15

Qapiarfît .....	0,0000
(B 15) .....	154,9414
BK 1 .....	154,9850
B 21.....	157,5640
Y' .....	163,7798
Y .....	176,9374
B 22.....	179,3754
A 14.....	243,9608
A 13.....	382,4652

#### 01 07 59 – Station A 13

Qapiarfît .....	0,0000
(B 15) .....	161,5748
BK 1 .....	162,1017
B 21.....	162,8548
A 15.....	182,1128
A 14.....	226,9445

#### 01 07 59 – Station (B 15)

Qapiarfît .....	0,0000
B 21.....	175,4648
B 22.....	221,2606
A 14.....	307,2628
A 14.....	357,2115
A 13.....	364,1946

**01 07 59 – Station BK 1**

Qapiarfit .....	0,0000
B 21.....	168,9187
A 14.....	303,6638
A 15.....	357,0708
A 13.....	364,5308

**02 07 59 – Station B 21**

Qapiarfit .....	0,0000
B 23.....	118,8122
B 24.....	113,8885
B 22.....	235,0925
A 14.....	314,8262
A 15.....	360,0560
A 13.....	365,6918

**02 07 59 – Station B 22**

Qapiarfit .....	0,0000
B 21.....	34,1617
B 23.....	103,9193
B 24.....	117,3332
A 14.....	340,4691
A 15.....	380,9362

**13 07 59 – Station B 23**

Qapiarfit .....	0,0000
B 25.....	154,5275
B 26.....	159,8518
B 24.....	240,7608
B 22.....	311,7008
B 21.....	325,6707

**13 07 59 – Station B 24**

Qapiarfit .....	0,0000
B 23.....	39,7755
C III bis (Pyramide) .....	94,4970
B 25.....	145,0445
B 26.....	151,6965
B 22.....	324,1527
B 21.....	339,7844

**13 07 59 – Station BK 2 Pyramide**

B 25.....	0,0000
BK 2 Balise .....	18,5
Balise 6 .....	252,6220
B 26.....	301,0984

**13 07 59 – Station B 26**

Qapiarfît .....	0,0000
BK 2 Pyramide .....	54,6952
B 27 .....	111,2191
Pyramide Feuille .....	135,8704
TN 59 .....	137,7679
TS 59 .....	144,1514
Balise 6 .....	162,5314
B 24 .....	359,9486
B 23 .....	367,1210
B 25 .....	396,1093

**13 07 59 – Station B 25**

Qapiarfît .....	0,0000
B 27 .....	120,6413
TN 59 .....	140,1798
Pyramide Feuille .....	140,6724
TS 59 .....	146,4064
BK 2 balise .....	153,3350
BK 2 Pyramide .....	153,4738
B 26 .....	195,9827
B 24 .....	353,1723
B 23 .....	361,6686
C III bis Pyramide .....	374,5883

**15 07 59 – Station B 27**

TN 59 .....	0,0000
TS 59 .....	9,0670
Pyramide Feuille .....	19,2463
BK 4 Tétraèdre .....	26,4802
B 26 .....	161,8480
B 25 .....	171,3961
BK 3 Tétraèdre .....	356,3412

**15 07 59 – Station BK 3 Tétraèdre**

TN 59 .....	0,0000
TS 59 .....	9,6346
Pyramide Feuille .....	30,1054
B 27 .....	152,8006
C III ter .....	177,1054
BK 3 Balise .....	16,5

**15 07 59 – Station BK 4 Tétraèdre**

TN 59 .....	0,0000
TS 59 .....	15,2619
B 27 .....	248,6715
Pyramide Feuille .....	264,6202
BK 4 Balise .....	51,1



19 07 59 – **Station TS 59** – 19 heures

TS 59 .....	0,0000
Base E .....	3,0197
Base W .....	9,1329
TS 49 .....	22,3870
BK 4 Tétraèdre .....	70,7138
TN 49 .....	80,4688
BK 2 Pyramide .....	83,2873
Pyramide Feuille .....	83,2850
BK 3 Tétraèdre .....	96,4330

19 07 59 – **Station TS 59** – 20.30 heures

TN 59 .....	0,0000
C Balise d'ablation .....	2,1222
BK 4 Tétraèdre .....	285,9712
BK 2 Pyramide .....	291,0095
Pyramide Feuille .....	296,6655
Qapiarfît .....	323,2224
TS 49 .....	326,5733
Base E .....	391,9676

19 07 59 – **Station Base W** – 16 heures

TN 59 .....	0,0000
Base E .....	101,3930
C Balise d'ablation .....	149,7614
TS 59 .....	168,3658
BK 5 balise d'ablation ....	252,9876
TS 49 .....	253,4227
Abri Fanion .....	270,9521
Météo .....	293,1559
TN 49 .....	361,6504

19 07 59 – **Station TS 49** – 21.30 heures

TN 59 .....	0,0000
Base W .....	40,1699
Base E .....	50,0838
BK 5 balise d'ablation	
(dist. 3,00 m) .....	101,9
TS 59 .....	104,2203
Qapiarfît .....	300,7812

19 07 59 – **Station TN 49** – 18 heures

TS 59 .....	0,0000
TS 49 .....	20,1120
Qapiarfît .....	148,4647
TN 59 .....	307,6026
Base E .....	392,7663
Base W .....	397,9094

**19 07 59 – Station Base E – 17 heures**

TN 59 .....	0,0000
TS 59 .....	188,8528
TS 49 .....	269,4370
Base W .....	307,5032
TN 49 .....	362,6177

**21 07 59 – Station TS 49 – 15 heures**

Base W .....	0,0000
D Balise d'ablation .....	191,0716
Météo .....	284,9710
Abri Fanion .....	330,9140

**21 07 59 – Station Abri Fanion**

TS 59 .....	0,0000
D Balise d'ablation .....	52,0487

**24 07 59 – Station B 29**

TS 59 .....	0,0000
B 26 .....	8,5952
C IV Piquet .....	13,6725
C IV Balise .....	14,0840
TN 59 .....	22,0848
Qapiarfit .....	53,5278
BK 6 Balise d'ablation ....	188,8428
K 1 Pyramide sommet ....	225,9262

**24 07 59 – Station B 28 – 19.30 heures**

TS 59 .....	0,0000
TN 59 .....	34,0825
BK 6 Balise d'ablation ....	201,9964
C IV Balise .....	208,2896
C IV Piquet .....	208,8598
B 29 .....	212,6890

**24 07 59 – Station C IV Balise**

TN 59 .....	0,0000
Qapiarfit .....	30,4534
C IV Piquet .....	201,5
B 28 .....	380,5045

**25 07 59 – Station TS 59 – 14 heures**

TN 59 .....	0,0000
B 28 .....	59,7837
B 29 .....	63,8760
Qapiarfit .....	323,2248

**25 07 59 – Station TN 59 15 heures**

TS 59 .....	0,0000
Qapiarfit .....	120,6494
B 29.....	285,9630
C IV Balise .....	287,5708
B 28.....	293,8700

**40 08 59 – Station TS 59 – 19 heures**

(visibilité exceptionnelle)

BK 4 Tétraèdre .....	0,0000
B 26.....	1,7028
BK 2 Pyramide .....	3,7800
B 25.....	4,0815
Pyramide Feuille .....	10,6952
BK 3 Tétraèdre .....	20,0888

**04 08 59 – Station TN 59 – 20 heures**

TS 59 .....	0,0000
BK 4 Tétraèdre .....	70,6892
BK 2 Pyramide .....	83,2640
Pyramide Feuille .....	83,2662
B 25.....	83,8132
BK 3 Tétraèdre .....	96,4095

**05 08 59 – Station TS 59 – 16 heures**

BK 4 Tétraèdre .....	0,0000
B 26.....	10,5863
BK 2 Pyramide .....	12,5744
B 25.....	13,1229
B K6 Tétraèdre .....	205,1828
TS 59 .....	329,3123

**05 08 59 – Station TS 59 – 17 heures**

BK 4 Tétraèdre .....	0,0000
BK 6 Tétraèdre .....	174,8157

**05 08 59 – Station TS 49 – 14 heures**

BK 4 Tétraèdre .....	0,0000
Qapiarfit .....	40,9445
TS 59 .....	244,4290

**07 08 59 – Station B 33 (N)**

B 34.....	0,0000
K 3 (2 Balises alignées) ...	15,4794
B 32.....	133,2588
K 2 .....	182,3370
B 31.....	197,7052
K 1 .....	200,0929
B 30.....	215,8190

**08 08 59 – Station B 34 (N) – 13 heures**

BK 7 Bal. Tétra.....	0,0000
B'.....	98,6214
K 3 Balise DE QUERVAIN ..	190,4723
B 32.....	232,7097
B 31.....	236,7983

**07 08 59 – Station B' (B 34) (S)**Base: B 34–B' = 37<sup>m</sup>39

BK 7 Bal. Tétra.....	0,0000
K 3 Balise DE QUERVAIN ..	194,4990
B 34.....	300,4118

**09 08 59 – Station TS 59 – 22 heures**

BK 4 Tétraèdre.....	0,0000
TN 59 .....	114,0310
K 0 Balise .....	174,9840
B 30.....	176,1376

**09 08 59 – Station TN 59 – 23 heures**

BK 4 Tétraèdre.....	0,0000
K 0 Balise .....	205,3280
B 30.....	205,3374
C IV Balise .....	216,8675

**11 08 59 – Station B 32 – 15 heures**

B 34.....	0,0000
K 3 .....	13,3897
Balise DE QUERVAIN .....	13,4804
K 2 .....	202,4614
K 1 .....	209,6231
B 30.....	224,7902
B 33.....	338,4637
Trou (crevasses) .....	8,0

**11 08 59 – Station B 30 – 13 heures**

TN 59 .....	0,0000
K 0 Balise .....	0,1178
BK 6 Balise .....	1,2065
B 34.....	196,8381
B 33.....	202,8182
B 32.....	206,5824
B 31.....	225,4525
K 1 .....	248,7907
TS 59 .....	386,0713

**11 08 59 – Station BK 1 – 20.30 heures**

A 14.....	0,0000
A 15.....	53,5184

11 08 59 – **Station A 14** – 21 heures

A 15.....	0,0000
Y.....	40,6256
BK 1.....	57,5748
B 21.....	68,4121
B 22.....	95,0455

11 08 59 – **Station A 15** – 22 heures

A 14.....	0,0000
BK 1.....	311,9074
B 21.....	313,7649
Y.....	332,9752
B 22.....	335,5341