

MEDDELELSER OM GRØNLAND

UDGIVNE AF

KOMMISSIONEN FOR VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I GRØNLAND

Bd. 173 · Nr. 3

EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND

E. G. I. G. 1957–1960 Vol. 2 No. 1

MISSIONS AÉRIENNES
DE RECONNAISSANCE AU GROENLAND
1957–1958

OBSERVATIONS AÉRIENNES ET TERRESTRES, EXPLOITATION
DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES, DÉTERMINATION
DES VITESSES DES GLACIERS VÊLANT DANS DISKO BUGT
ET UMANAK FJORD

PAR

A. BAUER

AVEC LA COLLABORATION DE

M. BAUSSART, M. CARBONNELL, P. KASSER, P. PERROUD ET A. RENAUD

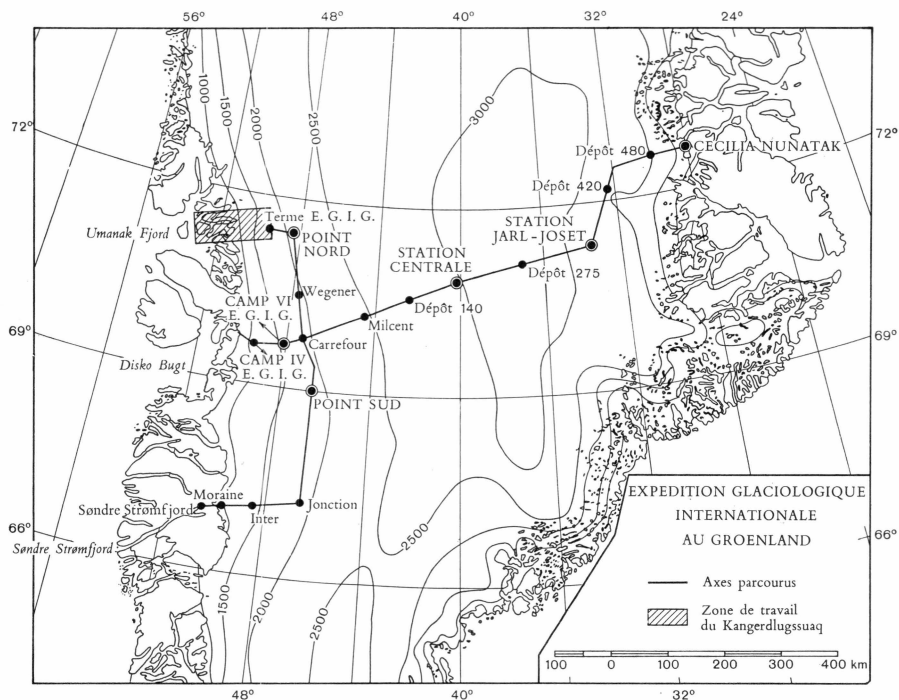
AVEC 53 FIGURES, 16 TABLEAUX DANS LE TEXTE,
20 PLANCHES ET 8 CARTES HORS-TEXTE

KØBENHAVN

C. A. REITZELS FORLAG

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S

1968



EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND 1957-1960

Réalisation technique:
EXPEDITION 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	7
RÉSUMÉ	7
Liste des figures	8
Liste des planches	9
Liste des cartes	10
 1. IDÉE GÉNÉRALE DES TRAVAUX A RÉALISER AU COURS DES RECONNAISSANCES AÉRIENNES DE 1957 ET 1958	11
1.1. Reconnaissance des zones crevassées	11
1.2. Travaux scientifiques préparatoires à EGIG 1959-60	12
1.2. 1. Délimitation des bassins de drainage des glaciers	12
1.2. 2. Extension de la zone de fonte, en particulier entre Camp III et Camp VI	12
1.2. 3. Détermination des vitesses des glaciers	12
1.2. 4. Implantation des balises d'ablation	12
 2. RECONNAISSANCE AÉRIENNE AU GROENLAND, JUILLET 1957	14
2.1. RAPPORT OPÉRATIONNEL	14
2.1. 1. Appareils	14
2.1. 2. Participants	14
2.1. 3. Chronologie des opérations	15
2.1. 4. Programme	15
2.1. 5. Réalisations	16
2.1.5.1. Reconnaissance de la route d'accès à l'Indlandsis et de la traversée de la zone marginale	16
2.1.5.2. Reconnaissance et délimitation du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua	16
2.1.5.3. Reconnaissance du profil Scheideck-Km 60 (Expédition A. WEGENER)	17
2.1.5.4. Reconnaissance du profil Camp III-Camp VI	17
2.1.5.5. Reconnaissance générale des zones crevassées de l'Ind- landsis entre 67° et 72° N	17
2.1.5.6. Détermination de la vitesse du front des glaciers qui vèlent dans Disko Bugt et Umanak Fjord	17
2.1. 6. Liste des glaciers	18
2.1. 7. Vol du 7 juillet 1957	19
2.1. 8. Vol du 11 juillet 1957	19
2.1. 9. Vol du 12 juillet 1957	20
2.1.10. Vol du 14 juillet 1957	21
2.1.11. Vol du 17 juillet 1957	22
2.1.12. Catalogue des photos verticales	22
2.1.13. Kangerdlugssûp sermerssua	23
2.1.14. Profil Camp III-Camp VI	23

2.2. OBSERVATIONS GLACIOLOGIQUES ET COMMENTAIRES	25
2.2. 1. Formes superficielles du névé.....	25
2.2. 2. Les zones à grandes crevasses.....	26
2.2. 3. Evaluation de la vitesse superficielle par l'interprétation des cou- vertures aériennes des systèmes de grandes crevasses.....	28
3. RECONNAISSANCE AÉRIENNE AU GROENLAND, JUILLET 1958.	
3.1. RAPPORT OPÉRATIONNEL.	
3.1. 1. Moyens de transport et matériel.....	33
3.1. 2. Participants.....	33
3.1. 3. Programme	33
3.1.3.1. Généralités.....	33
3.1.3.2. Programme des travaux.....	34
3.1.3.2.1. Vol de reconnaissance avec Nord 2501 pour couverture photographique.....	34
3.1.3.2.2. Implantation des balises d'ablation sur le profil Camp III-Camp VI	34
3.1.3.2.3. Carottage au Point « Jonction ».....	35
3.1.3.3. Opérations.....	36
3.1.3.4. Matériel à transporter.....	36
3.1. 4. Chronologie des opérations.....	36
3.2. RÉALISATIONS	37
3.2. 1. Détermination des altitudes de l'Indlandsis	37
3.2.1.1. Vol du 18 07 58.....	38
3.2.1.2. Vol du 19 07 58.....	39
3.2. 2. Bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua	40
3.2. 3. Profil Scheideck — Km 60.....	41
3.2. 4. Front du Jakobshavns Isbræ	41
3.2. 5. Profil Moraine Søndre Strømfjord — Point J	42
3.2.5.1. Description générale de la zone bordière.....	42
3.2.5.2. Choix de la Route 1959	45
3.2.5.3. Zone d'ablation	45
3.2.5.4. Texture rubannée de la glace	45
3.2. 6. Profil Camp III-Camp VI.....	46
3.2.6.1. Couvertures aériennes.....	46
3.2.6.2. Remarque sur la Carte 8 de la zone d'ablation Camp III- Camp VI	47
3.2. 7. Opérations hélicoptées.....	47
3.2.7.1. Généralités.....	47
3.2.7.2. Implantation des balises d'ablation	48
BK 1 (Camp III).....	49
BK 2 (Balise 6 EPF)	49
BK 3 (Camp H 2).....	50
BK 4 (Lac des Dolmens).....	50
BK 5 (Terme Sud).....	50
BK 6 (Kramoutsi).....	51
BK 7 (Garonne).....	52
Récapitulatif des balises d'ablation implantées en 1958	52
3.2.7.3. Reconnaissance en hélicoptère.....	53
Recherches des pyramides de signalisation EPF 1950 —	53
Remarques sur la balise K 3.....	53
Région du Camp V et du Camp VI	56

	Page
Lac du Kramoutsi.....	57
Le Moulin de la Seine.....	57
Le signal géodésique Kùgssuk.....	57
3.2. 8. Catalogue des photos verticales	58
3.3. SONDAGES THERMIQUES ET TRAVAUX HYDROLOGIQUES, PAR P. KASSER.	58
3.3. 1. Thermischer Eisbohrer und Ablationsgestänge.....	58
3.3.1.1. Einleitung.....	58
3.3.1.2. Der Bohrer	58
3.3.1.3. Ablationsgestänge	61
3.3.1.4. Thermische Bohrungen zum Einsetzen von Ablations- gestänge.....	61
3.3. 2. Abflussmessungen.....	67
3.3.2.1. Kùgssua.....	67
3.3.2.2. Seine.....	67
3.3.2.3. Kramoutsi.....	67
3.3.2.4. Allgemeine Bemerkungen.....	67
3.3. 3. Schwebestoffgehalt des »Watson-River«.....	68
3.3. 4. Kryokonit bei BK 3.....	68
3.4. CAROTTAGE, PAR A. RENAUD	70
3.4. 1. Généralités.....	70
3.4. 2. La sonde-carotteuse.....	70
3.4. 3. Essai dans la zone de fonte de l'Indlandsis.....	71
3.4. 4. Essai dans la zone d'accumulation.....	71
3.4. 5. Enseignements généraux et conclusions.....	73
4. DÉTERMINATION DES VITESSES DES GLACIERS PAR COUVERTURES RÉPÉTÉES DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.....	74
4.1. Introduction.....	74
4.2. Travaux réalisés.....	76
4.3. Méthode d'exploitation des photographies aériennes	78
4.3. 1. Détermination des vitesses des glaciers.....	78
4.3. 2. Détermination de l'épaisseur des glaciers	84
4.3.2.1. Bathymétrie des fjords près du front des glaciers	84
4.3.2.2. Photointerprétation des icebergs après vèlage du front des glaciers	84
4.3. 3. Détermination du débit solide des glaciers.....	85
4.4. Résultats.....	85
4.4. 1. Nordenskiöld Gletscher.....	85
4.4. 2. Sarqarliup sermia.....	86
4.4. 3. Alângordliup sermia.....	86
4.4. 4. Jakobshavns Isbrae.....	87
4.4.4.1. Description du glacier.....	87
4.4.4.2. Vitesse moyenne.....	88
4.4.4.3. Epaisseur moyenne	88
4.4.4.4. Débit	91
4.4.4.5. Bassin de drainage.....	91
4.4.4.6. Cinématique d'un glacier groenlandais idéalisé, par P. PERROUD	92
4.4.4.7. Variations du Jakobshavns Isbræ.....	97
4.4. 5. Sermeq avangnardleq	98
4.4. 6. Eqip sermia.....	98

	Page
4.4. 7. Kangilerngata sermia.....	99
4.4. 8. Sermeq kujatdleq (Torssukátak).....	100
4.4. 9. Sermeq avangnardleq (Torssukátak).....	101
4.4.10. Store Qarajaq Gletscher.....	101
4.4.11. Lille Qarajaq Gletscher.....	102
4.4.12. Sermilik Isbræ.....	103
4.4.13. Kangigdleq.....	104
4.4.14. Sigssortartoq.....	105
4.4.15. Ingnerit.....	105
4.4.16. Kangerdluarssûp sermia.....	106
4.4.17. Kangerdlugssûp sermerssua.....	106
4.4.18. Rinks Isbræ.....	107
4.4.19. Umiámáko Isbræ.....	109
4.4.20. Íngia Isbræ.....	110
4.5. Débit solide total des glaciers vélant dans Disko Bugt et Umanak Fjord	111
4.6. Conclusions.....	113
Bibliographie.....	115
Planches.....	117
Cartes.....	159

Abstract

The present report on the air reconnaissance flights in Greenland gives a detailed account of research carried out in 1957 and 1958 in preparation of the main EGIG-expedition of 1959—1960.

Due to the air reconnaissances and direct observations it has been possible to draw the crevassed areas on the west side of the Greenland ice sheet, to delimit the catchment-basin of the large glaciers between 68 and 72° N, and to determine the annual velocity of the ice sheet by photointerpretation of the intervals between large crevasses.

The operations of 1958 give an account of the work of setting up ablation stakes and tests of coring for dating by Tritium.

To measure the mean velocity at the front of the glaciers, a new technique in taking repeated aerial photographs without preparation in the field proved to be very successful. The detailed working out of these aerial photographs by Institut Géographique National is given. The velocities of the 20 glaciers between 68 and 72° N have been measured. The mean velocity at the front varies between 0,9 and 13,1 m/24 h. The solid discharge of all outflow glaciers is estimated to be 90 ± 10 % km³/year of ice. This discharge is clearly larger than previous estimations values, which strengthen the conclusion that the mass balance of the whole Greenland ice sheet is negative.

Different transverse profiles of velocity show a clear acceleration of the flow of the glaciers towards their front where it reaches its maximum.

Résumé

Le présent rapport sur les missions aériennes de reconnaissance au Groenland donne un compte rendu détaillé des travaux effectués en 1957 et en 1958 en préparation de l'expédition principale E.G.I.G. 1959—1960.

Les reconnaissances aériennes et les observations directes ont permis de tracer les zones crevassées de la partie ouest de l'Indlandsis du Groenland, de délimiter le bassin de drainage des grands glaciers entre 68 et 72° lat. N., et de déterminer la vitesse annuelle de l'indlandsis par la photointerprétation de l'intervalle entre les grandes crevasses.

Les opérations de 1958 rendent compte de l'implantation des balises d'ablation et des essais de carottage pour datage au tritium.

En ce qui concerne la détermination de la vitesse moyenne des glaciers à leur front, une nouvelle technique de prise de vues aériennes répétées sans préparation au sol s'est révélée très fructueuse. L'exploitation de ces prises de vues aériennes par l'Institut Géographique National est donnée en détail. Les vitesses des vingt glaciers entre 68 et 72° lat. N. sont déterminées. La vitesse moyenne au front varie entre 0,9 et 13,1 m/24 h. Le débit solide estimé pour l'ensemble des vingt glaciers étudiés est de 90 km³ de glace par an ± 10 %. Ce débit est nettement supérieur aux estimations antérieures ce qui renforce la conclusion que le bilan de masse de l'ensemble de l'Indlandsis du Groenland est négatif.

Différents profils transversaux de vitesses du front des glaciers étudiés montrent une nette accélération, de l'écoulement des glaciers vers leur front où le mouvement atteint son maximum.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1. Formes superficielles de l'Indlandsis $71^{\circ}30'N$, $48^{\circ}00'W$.
Fig. 2. Zone crevassée $71^{\circ}00'N$, $49^{\circ}25'W$.
Fig. 3. Zone crevassée $71^{\circ}25'N$, $49^{\circ}50'W$.
Fig. 4. Zone crevassée $71^{\circ}00'N$, $49^{\circ}25'W$.
Fig. 5. Zone crevassée $69^{\circ}42'N$, $49^{\circ}05'W$.
Fig. 6. Bande bleue dans la glace de la zone d'ablation.
Fig. 7. Bande bleue — détail.
Fig. 8. Implantation de BK 6, vue de Kramoutsi vers Qapiarfit.
Fig. 9. Signal BK 7 devant le grand Lac de la Garonne.
Fig. 10. Signal K 3 (EPF 1950) en 1958.
Fig. 11. Ofen als Traglast.
Fig. 12. Ofen in Arbeitsstellung.
Fig. 13. Ofen mit demontiertem Schutzmantel.
Fig. 14. Begin des Bohrvorganges.
Fig. 15. Einsetzen eines Ablationsgestänge — Verbindung zweier Elemente mit Gummihülle.
Fig. 16. Kryokonit — Kornverteilung.
Fig. 17. Kryokonitloch.
Fig. 18. Carottage à DYE 2.
Fig. 19. Chambre de prise de vues verticales installée à l'arrière d'un *NORD 2501*, coquille ouverte.
Fig. 20. Vue générale de l'arrière du *NORD 2501*, coquille ouverte, avec l'équipement photographique.
Fig. 21. Nordenskiöld Gletscher. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
Fig. 22. Sargardliup sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
Fig. 23. Jakobshavns Isbræ. Profil des déplacements du 15 au 19 juillet 1958.
Fig. 24. Front du Jakobshavns Isbræ: vèlage par tranche.
Fig. 25. Icebergs devant le front du Jakobshavns Isbræ, 1957.
Fig. 26. Détermination de l'épaisseur par photo-interprétation d'icebergs, produits du vèlage du front.
Fig. 27. Iceberg devant le front du Jakobshavns Isbræ, 1958.
Fig. 28. Coupe frontale du Jakobshavns Isbræ.
Fig. 29. Jakobshavns Isbræ. Bassin de drainage: vue en plan et profil radial.
Fig. 30. Jakobshavns Isbræ. Vitesse radiale moyenne et courbe espace-temps.
Fig. 31. Variation du front du Jakobshavns Isbræ et Sermeq avangnardleq.
Fig. 32. Sermeq avangnardleq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
Fig. 33. Eqip sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
Fig. 34. Eqip sermia. Coupe frontale, 1948.
Fig. 35. Kangilerngata sermia. Profil des déplacements du 7 au 17 juillet 1957.

- Fig. 36. Sermeq kujatdleq (Torssukátak). Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 37. Sermeq avangnardleq (Torssukátak). Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 38. Store Qarajaq Gletscher. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 39. Vitesse moyenne au front du Store Qarajaq Gletscher 1893, d'après DRYGALSKI, 1897.
- Fig. 40. Vitesse moyenne au front du Lille Qarajaq Gletscher 1893, d'après DRYGALSKI, 1897.
- Fig. 41. Sermilik Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 42. Kangigdleq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 43. Sigssortartoq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 44. Ingnerit. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 45. Kangerdluarssûp sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 46. Kangerdlugssûp sermerssua. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 47. Kangerdlugssûp sermerssua. Coupe frontale d'après les sondages du V.F.S. "GAUSS", 1959.
- Fig. 48. Rinks Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 49. Rinks Isbræ. Coupe frontale d'après SORGE, 1933.
- Fig. 50. Umiámáko Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 51. Umiámáko Isbræ. Coupe frontale d'après SORGE, 1933.
- Fig. 52. Íngia Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.
- Fig. 53. Diagramme vitesse – épaisseur des glaciers effluents de l'Indlandsis du Groenland.

Liste des Planches

- Planche 1. Zone bordière de l'Indlandsis à l'est de Søndre Strømfjord.
- Planche 2. Nordenskiöld's Isbræ.
- Planche 3. Sarqardliup sermia.
- Planche 4. Jakobshavns Isbræ.
- Planche 5. Sermeq avangnardleq.
- Planche 6. Eqip sermia.
- Planche 7. Kangilerngata sermia.
- Planche 8. Sermeq kujatdleq (Torssukátak).
- Planche 9. Sermeq avangnardleq (Torssukátak).
- Planche 10. Store Qarajaq Gletscher.
- Planche 11. Lille Qarajaq Gletscher.
- Planche 12. Sermilik.
- Planche 13. Kangigdleq.
- Planche 14. Sigssortartoq.
- Planche 15. Ingnerit.
- Planche 16. Kangerdluarssûp sermia.
- Planche 17. Kangerdlugssûp sermerssua.
- Planche 18. Rinks Isbræ.
- Planche 19. Umiámáko Isbræ.
- Planche 20. Íngia Isbræ.

Liste des Cartes

- Carte 1. Reconnaissance – Juillet 1957.
- Carte 2. Reconnaissance – Juillet 1957. Zones crevassées.
- Carte 3. Reconnaissance – Juillet 1958.
- Carte 4. Reconnaissance – Juillet 1958. Altitudes déterminées
au radio-altimètre.
- Carte 5. Bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua.
- Carte 6. Profil Scheideck – km 60.
- Carte 7. Profil Moraine (Søndre Strømfjord) – Point J.
- Carte 8. Carte de reconnaissance Camp III – Camp VI.

1. IDÉE GÉNÉRALE DES TRAVAUX À RÉALISER AU COURS DES RECONNAISSANCES AÉRIENNES DE 1957 ET 1958

Dès la création de l'EGIG en 1956, il s'avéra nécessaire de changer la technique d'approche de l'Indlandsis du Groenland par rapport à celle utilisée en 1948-1953. L'utilisation d'aérodrome au Groenland et d'avions de transport devait augmenter l'efficacité en prologeant de façon notable la durée d'une campagne d'été. Partant de Søndre Strømfjord Air Base, il s'agissait avant tout de trouver une voie d'accès à l'Indlandsis et un parcours possible à travers la zone d'ablation. Une première reconnaissance en avril-mai 1957 s'attaqua à ce problème.

Par la force des choses, la sécurité des transports par tracteurs le long de la route sud-nord, depuis Jonction par Carrefour et Camp VI-EGIG jusqu'au Terme EGIG dans le nord, posa un problème technique et glaciologique de reconnaissance des zones crevassées du versant ouest de l'Indlandsis dans la partie étudiée par EGIG. Réalisée en juillet 1957 et répétée en juillet 1958, cette reconnaissance fut utilisée à préparer les travaux scientifiques des campagnes principales de l'EGIG en 1959-1960. Bien des problèmes furent posés et même résolus par la suite par le contact de l'Indlandsis appréhendé dans son ensemble d'une cabine d'un *Nord 2501* et d'une *Alouette II*, contact qui compléta avec bonheur notre connaissance physique au « sol » acquise auparavant au cours des années 1948 et 1949.

1.1. Reconnaissance des zones crevassées

La reconnaissance des zones crevassées le long de l'axe sud-nord fut effectuée au cours de nombreux vols de 1957 et 1958. Fixées par une méthode empirique ou par couvertures photographiques, les zones crevassées furent reportées sur une carte d'ensemble permettant le déplacement en sécurité des convois terrestres de l'EGIG.

1.2. Travaux scientifiques préparatoires à EGIG 1959-60

1.2.1. Délimitation des bassins de drainage des glaciers effluents de l'Indlandsis

L'étude des zones crevassées permet en plus d'effectuer une tentative de délimiter les bassins de drainage des glaciers effluents de l'Indlandsis, connaissance capitale pour établir un bilan de masse. Cette délimitation s'est avérée possible pour les glaciers peu actifs, mais non pour les grands fleuves de glace.

1.2.2. Extension de la zone de fonte, en particulier entre le Camp III et la Camp VI

La connaissance de la ligne ou zone d'équilibre est, elle aussi, fondamentale pour l'établissement du bilan de masse. Les données empiriques de 1957 furent complétées par une couverture photographique d'une large zone étudiée par le Groupe de Glaciologie Côtière en 1959.

1.2.3. Détermination des vitesses superficielles des glaciers à leur front

Dès juillet 1957, nous avons employé, pour la première fois, des couvertures photographiques répétées pour la détermination des vitesses superficielles des glaciers à leur front, et cela sans préparation au sol. Ces essais se révélèrent très fructueux et essentiels pour l'établissement du bilan de masse de la zone d'étude de l'EGIG, zone particulièrement choisie pour l'activité des glaciers.

1.2.4. Implantation des balises d'ablation en 1958

L'étude de l'ablation, autre donnée fondamentale pour le calcul du bilan de masse, demandait l'implantation des balises d'ablation en 1958, l'été précédant la campagne principale de 1959. Vu l'expérience acquise au cours de la reconnaissance de juillet 1957, une opération séparée avec soutien d'une *Alouette II* permit de réaliser ce programme.

En conclusion, les reconnaissances aériennes de juillet 1957 et juillet 1958 jetterent les bases aux recherches EGIG des campagnes principales, en particulier quant à la zone d'ablation.

Le rapport qui suit se divise naturellement en deux parties bien distinctes.

La première partie rend compte des opérations et travaux effectués au cours des reconnaissances aériennes de 1957 et de 1958.

La deuxième partie est exclusivement consacrée à l'exploitation des couvertures photographiques répétées pour la détermination des vitesses des glaciers à leur front.

2. RECONNAISSANCE AÉRIENNE AU GROENLAND, JUILLET 1957

2.1. Rapport opérationnel

2.1.1. Appareils

1 Avion *Nord 2501*

1 hélicoptère *Alouette II*

1 Appareil à prise de vues verticales K 22 No. 58365 avec
cône F 305 No. 10235 et objectif EM 5483 (12 pouces)

2 Appareils « altiphote ».

Malgré notre demande formelle, il fut impossible d'obtenir
une chambre métrique.

2.1.2. Participants

Chef de mission: P.-E. VICTOR

Observateur danois: B. FRISTRUP

Personnel de l'E.G.I.G. R. FINSTERWALDER
W. HOFMANN
A. BAUER
R. GUILLARD

Chef de bord: Cne DELABRUYERE

Chef pilote hélicoptère : Lt CESSOU

Equipages :

Nord 2501

Lt. FRESNOY	pilote
Sgt. BLANC	navigateur
Sgt. LATAPIE	navigateur
Sgt. PERRET	radio
Sgt. IBANES	mécanicien
Sgt.ch. DUTUR	mécanicien
Sgt.ch. ARNAUD	photographe

Alouette II

Sgt.ch. MARSAN	pilote
Sgt. BAISSON	mécanicien
Sgt. GALLIER	radio

2.1.3. Chronologie des opérations

- 2 et 3 juillet: Voyage aller: Paris-Prestwick-Keflavik-Søndre Strømfjord.
- 3 au 18 juillet: Vols journaliers de l'hélicoptère = Reconnaissance et topographie des routes d'accès à l'Indlandsis.
- a) de Søndre Strømfjord à la moraine de départ
- b) de la moraine à travers la zone marginale.
- 6 juillet: vol de reconnaissance avec couverture photographique est de Søndre Strømfjord.
- 7 juillet: Photographie du front des glaciers 1 à 8. Couverture photographique du profil Camp III-Camp VI des Expéditions Polaires Françaises. Retour par le bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ.
- 11 juillet: Reconnaissance du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua, le deuxième vol avec couverture photographique. Couverture photographique du profil Scheideck — Km 60 de l'Expédition WEGENER.
- 12 juillet: Photographie du front des glaciers 1 à 20.
- 14 juillet: Reconnaissance générale des zones crevassees de l'Indlandsis entre 67° et 72° N.
- 17 juillet: Photographie du front des glaciers 1 à 20. Reconnaissance du front du Jakobshavns Isbræ.
- 19 et 20 juillet: Voyage retour: Søndre Strømfjord-Keflavik-Prestwick-Paris.

Nombre d'heures de vol: *Nord 2501*: 30 h *Alouette II*: 80 h.

2.1.4. Programme

Reconnaissance de la route d'accès de l'Indlandsis et de la traversée de la zone marginale (suite de la reconnaissance effectuée en avril-mai 1957, avant la fonte).

Reconnaissance et délimitation du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua.

Reconnaissance des profils Camp III-Camp VI (E.P.F.) et Scheideck — Km 60 (WEGENER).

Reconnaissance et délimitation des zones de névé à grandes crevasses entre 68° et 72° N.

Détermination de la vitesse du front de tous les glaciers qui se jettent dans Disko Bugt et Umanak Fjord.

2.1.5. Réalisations

2.1.5.1. Reconnaissance de la route d'accès à l'Indlandsis et de la traversée de la zone marginale

La reconnaissance préliminaire, effectuée en avril-mai 1957 par P.-E. VICTOR, Lt CESSOU, B. FRISTRUP et A. ROCH, a révélé que l'accès à l'Indlandsis au départ de Søndre Strømfjord et la traversée de la zone marginale à la fin de l'hiver, c'est-à-dire avant le commencement de la fonte, étaient possibles.

Il s'agissait, en juillet, de reconnaître cette route d'accès en détail. Cela fut fait par P.-E. VICTOR, R. GUILLARD, avec l'*Alouette* pilotée par le Lt CESSOU. Cette route a été survolée, parcourue à pied, photographiée, et une carte en a été dressée. Il en a été de même de la zone marginale de l'Indlandsis. Une carte des obstacles a été dressée.

De plus, le 6 juillet 1957, un vol photographique à vues verticales a été effectué, recouvrement 60 %, à 2600 m d'altitude avec un parcours sur l'Indlandsis de 120 km à l'est de Søndre Strømfjord. Aucune zone de grandes crevasses n'a été rencontrée.

Cette zone a été survolée deux fois lors du vol du 14 juillet, à l'aller et au retour. Le Nord volant coquille fermée, un croquis détaillé de la zone d'ablation a pu être dressé. (Carte 2). Conclusion : sur le trajet envisagé sur l'Indlandsis, aucune zone à grandes crevasses n'a été observée. Le point J (Jonction) doit être placé à 150 km environ à l'est du bord de l'Indlandsis.

2.1.5.2. Reconnaissance et délimitation du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua

Un premier vol ABCA (Carte 1) permet de se faire une idée d'ensemble du bassin de drainage de ce glacier. Un système de grandes crevasses de névé fut aperçu plus au sud vers 49°30' W. Le deuxième vol ADEA avec couverture de photographies aériennes sur AD permet de délimiter le bassin de drainage bien net sur l'Indlandsis. Ses dimensions sont d'environ 30 × 40 km. Il est limité au nord par la prolongation de la presqu'île d'Akuliaruseq qui le sépare du bassin de drainage du Rinks Isbræ et, au sud, par la langue peu active limitée par une longue moraine demi-circulaire aboutissant au Sorte Nunatak (Carte 5).

2.1.5.3. Reconnaissance du profil Scheideck — km 60

(Expedition A. WEGENER)

Le parcours Scheideck — km 60 de l'Expédition WEGENER fut couvert par photos aériennes sur une distance d'environ 60 km. Ce profil paraît relativement peu crevassé.

2.1.5.4. Reconnaissance du profil Camp III — Camp VI (E.P.F.)

Ce parcours des Expéditions Polaires Françaises fut couvert par photos aériennes sur une distance d'environ 100 km.

Vers le Camp VI, la route suivie tourne au sud, puis à l'ouest, pour reconnaître le bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ. Ce bassin, nettement marqué sur l'Indlandsis par une importante dépression à surface chaotique, s'étend encore plus à l'est de la route suivie. Deux courants de glace principaux du NE forment le glacier proprement dit.

2.1.5.5. Reconnaissance générale des zones crevassées de l'Indlandsis entre 67° et 72° N

La Carte 1 montre la route suivie. Le *Nord 2501* volait coquille fermée. A l'arrière, à gauche et à droite, deux observateurs (W. HOFMANN et A. BAUER) notaient les accidents superficiels et l'heure de passage. Une carte de ces accidents put être dressée. Crevasses, lacs et bédrières sont représentés schématiquement (Carte 2).

L'avion volait à une altitude telle que sa distance au sol était inférieure à 750 m, portée maximum de son radar d'altitude. Il a ainsi été possible de déterminer l'altitude du sol en 14 points. Il est à remarquer que ces altitudes sont différentes de celles données en ces mêmes points par les cartes U.S.A.F. au 1/1.000.000^e et 1/250.000^e. Ces cartes sont très inexactes: les cartes 57 et 85 montrent à leur assemblage de grossières erreurs (p. ex. la courbe de niveau 4000 pieds se raccorde à celle de 3000); la dépression de l'immense bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ n'est pas visible sur la carte par la forme des courbes de niveau. Il est donc impossible de comparer nos altitudes avec celles des cartes américaines.

Entre 67° et 69°30' N, le vol suivait pratiquement la route du groupe de sondages sismiques des Expéditions Polaires Françaises de 1951 et les altitudes sont les mêmes.

2.1.5.6. Détermination de la vitesse du front des glaciers qui vèlent dans Disko Bugt et Umanak Fjord

Les vitesses du front des glaciers semblent être comprises entre un et vingt mètres en 24 heures. Les fronts de 20 glaciers ont été couverts

par photographies aériennes à un intervalle de plusieurs jours (7,12 et 17 juillet 1957). On espérait ainsi obtenir des couples stéréoscopiques pouvant être exploités pour la détermination des vitesses. La chambre de 305 mm (12 pouces de distance focale) était placée sur un châssis dépassant l'arrière de l'avion, coquille enlevée. Pour obtenir une échelle convenable, les vols ont été effectués à 5000 m. Le recouvrement était de 90 %.

La difficulté majeure consistait à suivre deux fois de suite à plusieurs jours d'intervalle la même route, le *Nord 2501* n'étant pourvu d'aucun instrument spécial de visée. Nous avons procédé de la manière suivante: les vols étaient préparés sur mosaïques. Il était presque toujours possible de trouver sur l'alignement du front d'un glacier des repères naturels (lac, moraine, etc. . . .). Pendant le vol, l'observateur indiquait au pilote cette direction. C'était alors l'affaire du pilote de se mettre en position et de maintenir cette direction pendant la prise des vues photographiques. Il appréciait à l'oeil, en collant sa tête contre le hublot, le défilé du front du glacier à sa gauche et maintenait la direction au pilotage automatique. Cette manière de procéder n'était d'ailleurs pas simple pour des glaciers comme Jakobshavns Isbræ où le front n'est pas rectiligne mais concave sur une distance de 8 km, mais elle a donné des résultats très satisfaisants.

2.1.6. Liste des glaciers (Carte 1)

n°	Glaciers	Front du glacier	
		Lat. N	Long. W
1	Nordenskiöld Gletscher	68° 20'	51° 10'
2	Sarqardliup sermia	68° 54'	50° 20'
3	Alángordliup sermia	68° 57'	50° 14'
4	Jakobshavns Isbræ	69° 11'	50° 05'
5	Sermeq avangnardleq	69° 20'	50° 20'
6	Eqip sermia	69° 47'	50° 15'
7	Kangilerngata sermia	69° 54'	50° 25'
8	Sermeq kujatdleq (Torssukátak)	70° 00'	50° 15'
9	Sermeq avangnardleq (Torssukátak)	70° 03'	50° 20'
10	Store Qarajaq Gletscher	70° 23'	50° 35'
11	Lille Qarajaq Gletscher	70° 32'	50° 30'
12	Sermilik Isbræ	70° 38'	50° 38'
13	Kangigdleq	70° 43'	50° 40'
14	Sigssortartog	70° 48'	50° 48'
15	Ingnerit	71° 00'	50° 55'
16	Kangerdluarssûp sermia	71° 15'	51° 05'
17	Kangerdlugssûp sermerssua	71° 27'	51° 20'
18	Rinks Isbræ	71° 43'	51° 40'
19	Umiámáko Isbræ	71° 42'	52° 35'
20	Íngia Isbræ	72° 00'	52° 45'

2.1.7. Vol du 7 Juillet 1957

Tableau 1.

Heure TU	Route	Plan de vol	Hau- teur m	t° C	Vi- tesse Sol km/h	Dist. parc. km	Temps parc. (mn)	Heure arrivée TU
19 26	354	Base MC Glacier 1.....	5000	-16	240	150	36	20 02
20 03	026	gl. 1 MC gl. 2.....	5000	-16	270	72	16	20 19
20 19	075	gl. 2 MC gl. 2.....	5000	-16				
20 21	001	gl. 3 MC gl. 4.....	5000	-16	280	30	6	20 27
20 28	326	gl. 4 MC gl. 5.....	5000	-16	290	18	4	20 32
20 32	005	gl. 5 MC gl. 6.....	5000	-17	290	48	11	20 43
20 45	347	gl. 6 MC gl. 7.....	5000	-17	280	15	3	20 48
20 48	009	gl. 7 MC gl. 8.....	5000	-17	280	18	4	20 52
20 52		gl. 8 nuages.....						
20 55			5000	-17	280	170	37	21 32
20 55	180	MC Camp I.....	5000	-17	280	74	17	21 46
21 29	093	Camp I MC Camp VI....	5000	-17	260			
21 33		demi-tour.....	5000	-17	260	74	17	21 52
21 35	093	Camp I MC Camp VI....	5000	-17	260	65	21	22 16
21 40	093	Descente à 2700.....	2700	- 3	260			
21 55	180	Camp VI MC 180.....	2700	- 3	260	74	19	22 35
22 16	270	MC Jakobshavn.....	2700	- 3	240	28	7	22 35
22 28	300	MC Jakobshavn.....						
22 36		Jakobshavn.....						
22 34		MC Base.....			280	148	29	23 53

2.1.8. Vol de 11 Juillet 1957

Tableau 2.

Heure TU	Route	Plan de vol	Alti- tude m	t° C	Vi- tesse Sol km/h	Dist. parc. km	Temps parc. (mn)	Heure arrivée
19 55	120	AV 71°29' N, 51°10' W MC B	3000	-5	290	96	20	20 15
20 15	359	B MC C.....	3000	-5	250	30	7	20 22
20 22	264	Retour au Point A.....	3000	-5	285			
21 05	129	A MC D.....	3000	-5	295	96	19	21 24
21 24	000	D MC E.....	3000	-5	246	20	5	21 29
21 29	299	Retour à Scheideck.....	3000	-5	266	83	19	21 48
21 58	090	Scheideck MC Km 60....	3000	-5	280	42	9	22 07
22 07		Retour Base.....						

2.1.9. Vol du 12 Juillet 1957

Tableau 3.

Heure TU	Route	Plan de vol	Alti- tude m	t °C	Vi- tesse sol km/h	Dist. parc. km	Temps parc. (mn)	Heure arrivée TU
17 22		Glacier No. 1	5000	-17	240	65	17	17 39
17 44	026	Fin Gl. No. 1 MC No. 2	5000	-17	240	72	18	18 02
18 06	075	Fin Gl. No. 2 MC No. 3	5000	-17	280	13	4	18 10
18 14	001	Fin Gl. Nv. 3 MC No. 4	5000	-17	205	30	9	18 23
18 25	326	Fin Gl. No. 4 MC No. 5	5000	-18	240	18	5	18 30
18 32	005	Fin Gl. No. 5 MC No. 6	5000	-18	240	37	10	18 42
18 45	347	Fin Gl. No. 6 MC No. 7	5000	-18	240	15	4	18 49
18 50	009	Fin Gl. No. 7 MC No. 8	5000	-18	240	18	5	18 55
18 56	009	Fin Gl. No. 8 MC No. 9	5000	-18	240	7	2	18 58
		Changement de magasin						
19 00	347	Fin Gl. No. 9 MC No. 10	5000	-18	240	37	10	19 10
19 12	003	Fin Gl. No. 10 MC No. 11	5000	-18	240	17	5	19 17
19 18	003	Fin Gl. No. 11 MC No. 12	5000	-18	205	15	5	19 23
19 24	332	Fin Gl. No. 12 MC No. 13	5000	-18	240	11	3	19 27
19 27	332	Fin Gl. No. 13 MC No. 14	5000	-18	240	9	2	19 29
19 31	346	Fin Gl. No. 14 MC No. 15	5000	-18	240	22	6	19 37
19 38	346	Fin Gl. No. 15 MC No. 16	5000	-19	240	7	2	19 40
19 41	326	Fin Gl. No. 16 MC No. 17	5000	-18	240	33	8	19 50
19 50	015	Fin Gl. No. 17 MC No. 18	5000	-19	240	24	6	19 56
19 59	341	Fin Gl. No. 18 MC No. 19	5000	-19	240	32	7	20 06
20 05		Retour au 18						
20 16	259	Fin Gl. No. 18 MC No. 19	5000	-19	280	30	7	20 23
20 25	347	Fin Gl. No. 19 MC No. 20	5000	-19	280	35	8	20 33
20 40		Fin Gl. No. 20	5000	-20				

2.1.10. Vol du 14 Juillet 1957

Tableau 4.

Heure TU	Route	Plan de vol	Alt. m	Sonde m	Alt. sol m	t° C	Vit. sol km/h	Dist. parc. km	T.	T. Arr.
16 17	060	Base MC Point Départ					270	31	7	16 24
16 25	080	Point Départ								
		MC 67°16' N, 48°05' W	2200			-16	304	85	17	16 42
16 44	356	MC 68°20' N, 48°22' W	2200			-16	296	120	24	17 08
16 45			2200	730	1540	-16				
17 00			2200	720	1550	-16				
17 16	356		2200	760	1510	-16				
17 23			2200	750	1520	-16				
17 26		Au travers de Jakobshavn	2200			-16				
17 39		Camp I-Camp VI	2200			-16				
17 50	356		2200	720	1550	-16				
18 03		Au travers de l'Ingnerit	2200	500	1170	-16				
18 18	270	Vers le Rink Nunataq	2200	350	1920	-16	340	88	15	18 33
18 32	000	MC 72°00' N	2200			-16	335	37	6	18 39
18 39	090	MC 72°00' N, 43°05' W	2200	750	1520	-17	287	122	27	19 06
18 55			2200	350	1920	-17				
19 06	176	Vers le Sud	2750	500	2250	-17	287	125	24	19 30
19 30		Au travers de l'Ingnerit	2650	600	2050	-17				
19 42			2450	500	1950	-16				
19 55		Camp I-Camp VI	2450			-16				
20 09		Au travers de Jakobshavn	2450	700	1750	-15				
20 25			2050	300	1750	-13				
20 27		Au travers de Norden- skiöld								
20 50							330	140	25	21 18
20 53	260	Vers le Point Départ								
21 18		Point Départ								

2.1.11. Vol du 17 Juillet 1957

Tableau 5.

Heure TU	Route	Plan de vol			Alti- tude	t°C	Vit. sol km/h	Dist. parc. km	Temps parc. (mn)	Heure arrivée TU
16 47	354	Base MC Glacier	No.	1	5000	−17	280	150	32	17 19
17 26	026	Gl. No. 1 MC	Gl. No.	2	5000	−17	280	72	16	
17 43	075	Gl. No. 2 MC	Gl. No.	3	5000	−17	280	7	2	
	001	Gl. Nd. 3 MC	Gl. No.	4	5000	−17	280	30	6	
17 54	326	Gl. No. 4 MC	Gl. No.	5	5000	−17	280	18	4	
18 03	005	Gl. No. 5 MC	Gl. No.	6	5000	−17	280	48	10	
18 17	347	Gl. No. 6 MC	Gl. No.	7	5000	−18	280	14	3	
18 25	009	Gl. No. 7 MC	Gl. No.	8–9	5000	−18	280	18	4	
18 35	347	Gl. No. 9 MC	Gl. No.	10	5000	−18	280	36	8	
18 43	003	Gl. No. 10 MC	Gl. No.	11	5000	−18	280	17	3	
18 53	003	Gl. No. 11 MC	Gl. No.	12	5000	−18	280	15	3	
19 02	332	Gl. No. 12 MC	Gl. No.	13–14	5000	−18	280	11	2	
19 06	346	Gl. No. 14 MC	Gl. No.	15	5000	−18	280	22	4	
19 15	326	Gl. No. 15 MC	Gl. No.	16	5000	−18	280	33	7	
19 25	015	Gl. No. 16 MC	Gl. No.	17	5000	−18	280	24	5	
19 31	341	Gl. No. 17 MC	Gl. No.	18	5000	−18	280	31	7	
19 45	259	Gl. No. 18 MC	Gl. No.	19	5000	−18	280	30	6	
20 00	347	Gl. No. 19 MC	Gl. No.	20	5000	−18	280	35	7	
20 06	172	Gl. No. 20 MC	Base.....		5000	−18	240	560	139	22 55
20 06	163	Gl. No. 20 MC	Jakobshavn.		5000		250	344	81	21 27
20 46	090	Jakobshavns	Isfjord.....				270	154	34	21 20
21 50		MC	Base							

2.1.12. Catalogue des photos verticales

Tableau 6.

Désignation	Numéro des photos	Altitude de vol (m)	Date	Remarque
Profil Camp III–Camp IV	17 à 85 (MV 2)	5000	7.7.57	Les photos portent la date erronée 11.7.57 Les photos portent l'inscription erronée Alt. 5000 m
A–D Kangerdlugssuaq	86 à 171 (MV 2)	3000	11.7.57	
Front des Glaciers 1 à 8	1 à 202 (MV 1)	5000	7.7.57	
Front des Glaciers 1 à 20	1 à 189 (MV 3) 1 à 170 (MV 4)	5000	12.7.57	
Front des Glaciers 1 à 20	1 à 188 (MV 5) 1 à 127 (MV 6)	5000	17.7.57	

2.1.13. Kangerdlugssûp sermerssua

Vol du 11 juillet 1957 – Couverture photographique de A à D

Durée du vol: 21h 05 à 21h 24 TU
 Route: 129°
 Altitude: 3000 m (les photos portent l'inscription erronée Alt. 5000 m)
 Distance focale: 305 mm
 Vitesse sol: 295 km/h
 Distance: 96 km
 Photos: 86 à 171 (MV 2)

Résultat: Longueur du bassin de drainage proprement dit: 40 km.

Tableau 7.

No.	Altitude sol (m)	Distance (km)	Observations
86	350	0	Point initial : Moraine rive droite de l'affluent nord du Kangerdlugssûp sermerssua (71°29' N, 51°10' W) Dans le sens du vol, on rencontre successivement : Moraine rive droite de l'affluent nord Nunataq face sud Courant de glace principal, séracs Crevasses Bédières et lacs.
120	1450	31	Dernier lac correspondant environ à la ligne d'équilibre. Zone de névé avec des crevasses à peine ouvertes ou cachées.
127	1550	40	Limite du bassin de drainage proprement dit. Zone de névé sans accidents visibles.
158	1650	78	Système de grandes crevasses de névé. Ouverture maximum : 36 m.
162		85	Zone de névé sans accidents visibles.
165		88	Deux crevasses cachées. Zone de névé sans accidents visibles.
171	1750	96	Point final : 71°02' N, 48°53' W. Aucun accident superficiel visible au-delà vers le sud-est.

2.1.14. Profil Camp III – Camp VI

Vol du 7 Juillet 1957 – Couverture photographique Camp III–Camp VI

Durée du vol: 21h 35 à 21h 55 TU

Route: 093°

Altitude: 5000 m

Distance focale: 305 mm

Vitesse sol: 260 km/h

Distance: 75 km

Photos: 17 à 85 (MV 2).

Resultat: La ligne de vol Camp III–Camp VI passe au nord de la route suivie par les E.P.F. entre ces deux points. La région de K 7 (E.P.F., cartes de reconnaissance au 1/50.000), avec ses grandes crevasses, est identifiable sur la photo No. 59.

Tableau 8.

No.	Altitude sol (m)	Distance (km)	Observations
17	630	0	Point initial : Camp III (69°43' N, 50°08' W) zone d'ablation
41	1100	25,0	Nord de la vallée du Kramoutsi zone d'ablation
50		34,5	Lac zone d'ablation
54		38,7	Lac zone d'ablation
59	1340	43,5	Lac région de K 7 zone des grandes crevasses
62	1350	47,4	Lac sismique zone de névé sans accidents visibles
67	1400	52,8	Lac région du Camp V position de la ligne d'équilibre zone de névé sans accidents visibles
70		55,8	zone de névé avec crevasses partiellement ouvertes ou cachées
73	1600	60,0	région du Camp VI zone de névé sans accidents visibles
85	1630	75,0	Point A 3 (69°42' N, 48°10' W)

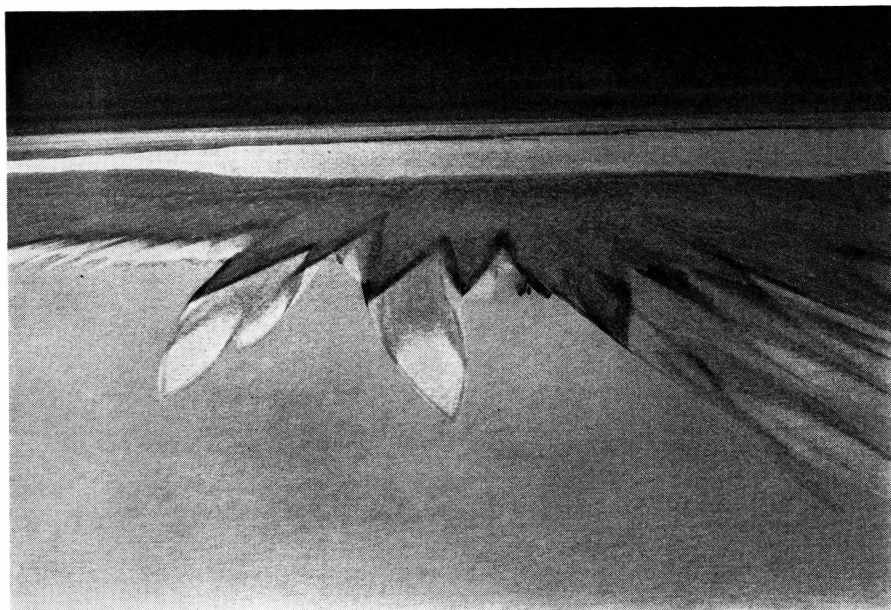


Fig. 1. Formes superficielles de l'Indlandsis 71°30' N, 48°00' W.

2.2. Observations glaciologiques et commentaires

2.2.1. Formes superficielles du névé

La photo de la Figure 1 a été prise d'avion le 14 juillet 1957 à 19h 15 (TU) environ vers 71°30' N, 48°00' W, en direction W, donc à contrejour par soleil rasant. L'altitude du névé de l'Indlandsis est de l'ordre de 2200 m, donc bien au-dessus de la ligne d'équilibre (environ 1300 m) de cette zone.

Les formations blanches ou grises de la surface du névé, en forme de dents de scie, semblent provenir d'un pouvoir réfléchissant différent suivant les zones. Il s'agit incontestablement de formes éoliennes. Il y a plusieurs systèmes superposés.

Vu les dimensions, il ne peut s'agir de simples sastruggis, mais plutôt de dunes de névé, quoique les dénivelées doivent être extrêmement faibles. Il semble que ce soit un grain différent du névé, résultat d'une consolidation éolienne, qui donne cette impression de dunes.

Pour les mesures d'accumulation, il semble important d'essayer de voir si ces phénomènes sont liés au transport éolien du névé, quoiqu'il doive être très difficile de reconnaître de telles formes une fois l'observateur au sol.

2.2.2. Les zones à grandes crevasses (Carte 2)

Si les reconnaissances des zones à grandes crevasses sont importantes pour assurer la sécurité des convois de l'E.G.I.G. sur l'Indlandsis, elles posent aussi un problème scientifique.

Les grandes crevasses sont des crevasse du névé, dans la zone d'accumulation de l'Indlandsis bien au-dessus de la ligne d'équilibre (crevasses de tension).

Elles sont connues depuis longtemps. Elles ont été signalées:

- à 80 km à l'est du Sermilik et à 1700 m d'altitude, en 1909 (A. DE QUERVAIN et P.-L. MERCANTON, 1925).
- à 160 km à l'est du Jakobshavns Isbræ et à 1750 m d'altitude, en 1912 (A. DE QUERVAIN et P.-L. MERCANTON, 1925).
- à 60 km à l'est de Scheideck tout au long d'un profil N-S à une altitude de 1800 m à 1900 m, en 1930/31 (K. WEGENER, 1933).
- à 160 km à l'est du Jakobshavns Isbræ sur un long profil de sondages séismiques N-S à une altitude de 1700 à 1800 m, en 1951 (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954).

Sur le versant ouest de l'Indlandsis, elles se trouvent sur une ligne allant de 67°30' N, 47°00' W (altitude 1800 m) à 72°00' N, 49°30' W (altitude 2000 m). Ces crevasses sont rassemblées par systèmes de plusieurs dizaines de kilomètres de long.

Celles le plus à l'est sont de simples fentes qui s'agrandissent par une tension différentielle pendant leur progression vers l'ouest. Par ces mouvements différentiels, les ponts de neige s'enfoncent en-dessous de la surface du névé. Les crevasses les plus à l'ouest (les plus larges dépassent 70 m d'ouverture) entrent dans une zone de compression et ne continuent donc plus à s'ouvrir. Elles finissent par disparaître sous l'accumulation. Elles sont liées aux fleuves de glace qui drainent les glaces de l'Indlandsis.

Les grands glaciers émissaires de l'Indlandsis du Groenland ont leur maximum de vitesse près du front (BAUER, 1955) et non à la ligne de névé comme les glaciers tempérés. En l'absence de mesures précises, on peut simplement affirmer que les crevasses de névé, qui sont des crevasses de tension, ne peuvent avoir leur origine dans le seul mouvement propre de l'Indlandsis. Au mouvement propre s'ajoute le mouvement dû au drainage d'une partie de l'Indlandsis par les glaciers émissaires. C'est pourquoi les grandes crevasses se trouvent toujours à l'est des grands glaciers aboutissant à Disko Bugt et Umanak Fjord. Ces grands glaciers sont conditionnés par des vallées sous-glaciaires (HOLTZSCHERER et BAUER, 1954). *Les zones à grandes crevasses peuvent donc être considérées comme des rimayes, zones où la composante horizontale de la*

vitesse superficielle l'emporte sur la composante verticale. La faible plasticité du névé, due aux basses températures (-15 à -20°C), empêche les crevasses de se refermer rapidement et l'accumulation est insuffisante pour les boucher complètement.

Comme les vallées sous-glaciaires s'étendent au-delà des zones crevassées (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954), mais comme l'accumulation vers l'intérieur nivelle la surface, on peut se demander s'il existe d'autres crevasses cachées à l'est de ces zones, c'est-à-dire si les bassins de drainage des grands fleuves de glace sont encore plus étendus qu'on ne le pense. Il faut répondre affirmativement à cette question (BAUER, 1954).

Prenons comme exemple le plus grand des glaciers, Jakobshavns Isbræ. Les crevasses rencontrées le plus à l'est ne limitent pas son bassin de drainage.

En supposant que le bassin de drainage a la forme d'un quart de cercle, ce qui est vraisemblable, un calcul simple montre que l'influence du bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ se fait sentir jusqu'à une distance de l'ordre de 300 km du bord de l'Indlandsis (BAUER, 1960). Ce fait a déjà été signalé (BAUER, 1954). De plus, des vallées sous-glaciaires existent sous l'Indlandsis jusqu'à ces distances (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954). Des crevasses peuvent donc exister jusque dans ces régions. D'autres glaciologues sont aussi de cet avis (SHUMSKY, 1957).

Il faut ajouter que des crevasses ont été rencontrées sur l'Indlandsis du Groenland bien plus à l'intérieur que celles du Jakobshavns Isbræ et à une altitude bien supérieure, mais sur le versant est où l'accumulation est plus faible que sur le versant ouest (0,10 à 0,20 m). Signalons d'abord la zone crevassée où nos amis A. JOSET et J. JARL trouvèrent la mort en 1951, à 100 km environ du bord de l'Indlandsis (à l'ouest du Mont Forel, $67^{\circ}00' \text{N}$, $39^{\circ}00' \text{W}$), à une altitude de 1980 m et une épaisseur de glace de 1720 m (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954).

De plus, R. GUILLARD, chef des transports des Expéditions Polaires Françaises, m'a signalé (communication personnelle) qu'il a rencontré une grande crevasse à la Station sismique M 440 (M 895), à 80 km à l'ouest du Cecilia Nunatak et à une altitude de 2800 m (par $72^{\circ}36' \text{N}$, $30^{\circ}41' \text{W}$) avec une épaisseur de glace de 1120 m passant à l'est à 1800 m et à l'ouest à 2400 m, (HOLTZSCHERER et BAUER, 1954 ; JOSET et HOLTZSCHERER, 1954). Une autre zone crevassée se trouve en P 481, au nord du lieu de l'accident de JOSET et JARL, à l'altitude 2300 m, avec une épaisseur de glace de 1870 m (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954).

En ce qui concerne le Jakobshavns Isbræ, une dernière remarque est à faire.

Si nous regardons les systèmes des zones crevassées, nous pouvons les séparer en six parties : Jakobshavn, Torssukátak, Store Qarajaq,



Fig. 2. Zone crevassée $71^{\circ}00' \text{ N}$, $49^{\circ}25' \text{ W}$.

Ingnerit, Kangerdlugssuaq et Rink, en ne citant que les glaciers principaux. Mais le Jakobshavns Isbræ draine-t-il vraiment les glaces jusqu'à $67^{\circ}30' \text{ N}$?

Je pense que nous pouvons dire que le Nordenskiöld Gletscher n'est pas très actif et qu'il ne doit pas donner naissance à de grandes crevasses entre $67^{\circ}30'$ et $68^{\circ}30' \text{ N}$. Son front est inactif, en contact avec une moraine frontale, mais son débit se fait par un ensemble de langues latérales Nord et Sud vëlant dans les lacs bordiers.

La carte détaillée du socle sous-glaciaire (HOLTZSCHERER et BAUER, 1954) donne l'explication de l'étendue du bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ. L'axe du bassin a une direction SE-NW et sa limite Sud est la cote sous-glaciaire + 250 m qui coïncide vers $67^{\circ}30' \text{ N}$ avec les dernières grandes crevasses observées.

2.2.3. Evaluation de la vitesse superficielle par l'interprétation des couvertures aériennes des systèmes de grandes crevasses

Les grandes crevasses, qui existent dans le névé à des altitudes bien supérieures à celles de la ligne d'équilibre et donc en zone d'accumulation, ont été pour la première fois décrites par A. E. NORDENSKIÖLD au Spitzberg. Les systèmes de grandes crevasses présentent, dans le sens de l'écoulement, la succession suivante (Fig. 2):



Fig. 3. Zone crevassée 71°25' N, 49°50' W.

- fissures fines
- crevasses bouchées par un pont de neige nettement en contrebas de la surface
- crevasses à ouverture maximum disparaissant progressivement sous l'accumulation sans se refermer, comblées par la neige ou l'eau de fonte regelée.

La caractéristique principale semble être, à priori, la régularité des écarts entre les crevasses. Ces crevasses se forment dans une zone où la rupture est conditionnée à la fois par l'écoulement au-dessus d'un obstacle sous-glaciaire et la forte pente superficielle. Comme les ogives des glaciers alpins, on est tenté de relier les ruptures — et donc les écarts entre les crevasses — à un phénomène périodique annuel lié à la variation de température.



Fig. 4. Zone crevassée 71°00' N, 49°25' W.

Ces systèmes de grandes crevasses sont tous différents de ceux des zones bordières où les directions de rupture par tension ou par cisaillement se superposent à la résurgence par ablation des bandes de glace anciennes ou fossiles.

Déterminons quelques uns des intervalles moyens entre les crevasses de tels systèmes pour différentes zones de l'Indlandsis:

MEV 107 No. 3 — 19 07 58–33 (Fig. 3).

Est du Kangerdlugssua: 71°25' N, 49°50' W, Ouverture maximum: 70 m, Intervalle moyen: 175 m.

MV 2 — 11 07 57–160 (Fig. 4).

Est de Ingnerit: 71°00' N, 49°25' W, Ouverture maximum: 30 m, Intervalle moyen: 110 m.

Ce système de crevasses se trouve à la même longitude, un peu au sud de celui observé au km 62 par l'Expédition A. WEGENER.



Fig. 5. Zone crevassée 69°42' N, 49°05' W.

MV 2 — 11 07 57-123.

SE du Kangerdlugssûp sermerssua: 71°15' N, 50°15' W, Intervalle moyen: 75 m.

MEV — 107 No. 3 — 19 07 58-30.

Est du Kangerdlugssûp sermerssua: 71°25' N, 50°10' W, Intervalle moyen: 160 m.

MV 2 — 11 07 57-59 (Fig. 5).

Zone crevassée dans la zone d'ablation à l'est d'un lac de fonte vers 69°42' N, 49°05' W, près de K 5.

L'écoulement général est est-ouest. Les crevasses, très irrégulières parce que formées dans la glace surimposée, s'ouvrent à droite, cheminent vers la gauche en gardant leur ouverture maximum; elles sont peu à peu bouchées par le névé et l'eau de fonte regelée. Elles restent visibles dans les eaux du lac sous forme de bandes bleues.

L'ouverture moyenne est de 12 m. L'intervalle moyen est de 80 m.

MGV — 107 — 1 — 12 07 58-62.

Zone crevassée au SE de K 5; 69°40' N, 49°05' W), Intervalle moyen: 70 m.

MGV 107 — 1 — 12 07 58–40.

Région de K 5 — $69^{\circ}40' N$, $49^{\circ}05' W$, Intervalle moyen: 50 m.

MGV 107 — 1 — 12 07 58–17.

Région de K 7 — $69^{\circ}44' N$, $49^{\circ}01' W$, Intervalle moyen: 70 m.

MGV 107 — 1 — 12 07 58 — 69.

Région $69^{\circ}38' N$, $49^{\circ}00' W$, Intervalle moyen: 70 m.

MV 2 — 11 07 57 — 71.

Région du Camp V — $69^{\circ}40' N$, $48^{\circ}40' W$, Intervalle moyen 110 m.

MEV 107 — 1 — 12 07 58 — 66.

Nord du Camp V — $69^{\circ}41' N$, $48^{\circ}38' W$, Intervalle moyen 100 m.

MEV 107 — 1 — 12 07 58 — 88.

Sud du Camp V — $69^{\circ}40' N$, $48^{\circ}37' W$, Intervalle moyen: 70 m.

MEV 107 — 2 — 15 07 58 — 48.

10 km SE du Camp V, Intervalle moyen: 120 m.

MEV 107 — 2 — 15 07 58 — 24.

12 km SE du Camp V, Intervalle moyen: 110 m.

Des systèmes de crevasses de névé analogues, dans l'Antarctique, ont été interprétés pour la détermination de la vitesse annuelle (DOLGOUCHINE, 1958). Avec la même hypothèse de travail, en considérant l'intervalle moyen comme un déplacement annuel, nous obtenons les vitesses suivantes:

Est de Kangerdlugssûp sermersua: 160 à 175 m/an.

Est de Ingnerit: 110 m/an.

Sud-Est de Kangerdlugssuaq: 75 m/an.

Zone d'ablation de la région K 5–K 7: 50 à 80 m/an.

Région du Camp V: 70 à 110 m/an.

Sud-Est du Camp V: 110 à 120 m/an.

Rappelons que ces valeurs, cohérentes par zone, ont été obtenues avec des couvertures photographiques différentes par l'année de prise des vues, la focale de la chambre et l'altitude de vol.

Il faut noter que notre hypothèse de travail a été vérifiée par des mesures au sol à BK 7, donc dans la région de K 5. La répétition en 1959 des triangulations de 1948 — 1949 — 1950 a permis de déterminer la vitesse superficielle moyenne de K 3, à 5 km à l'ouest de K 5, pour la période 1949–1959. Cette vitesse est de 82 m/an, donc du même ordre de grandeur que celle obtenue par photointerprétation des couvertures aériennes.

Il est donc possible d'obtenir des valeurs de la vitesse superficielle de l'Indlandsis dans la zone d'équilibre par photointerprétation de couvertures aériennes sans préparation au sol.

3. RECONNAISSANCE AÉRIENNE AU GROENLAND, JUILLET 1958

3.1. Rapport opérationnel

3.1.1. Moyens de transport et matériel

- 1 *Nord 2501* No. 69 à trappe centrale
- 1 Hélicoptère *Alouette II*
- 1 Chambre photographique K 17 No. 54352, format 23 × 23 cm, cône No. 42235, objectif de 154 mm No. MC 54.

3.1.2. Participants

Chef de mission: P.-E. VICTOR

Personnel de l'E.G.I.G. A. BAUER

A. RENAUD

P. KASSER

Nord 2501:

Cdt	P. MULLER
Lt	F. CALDERON
Sgt	GIRARDIN
Sgt	SIMONET
Sgt	FOURNIER
Sgt	THOVEX
Adj.ch.	GOURDY, photographe

Alouette II:

Lt	LIEGE
Lt	CESSOU
Sgt ch.	BAISSON
Sgt	CAMBUS

3.1.3. Programme

3.1.3.1. Généralités

- Dates prévues: Départ de Paris: 8 Juillet;
Retour à Paris: 26 Juillet.
- Matériel prévu: Un *Nord 2501*,
Un hélicoptère *Alouette*.

- Personnel prévu:
 - Chef de Mission: P.-E. VICTOR
 - Equipage avion: 6 hommes,
 - Equipage hélicoptère: 4 hommes,
 - Un photographe,
 - Participants: A. RENAUD
A. BAUER
P. KASSER

3.1.3.2. Programme des travaux

Les travaux consistent en :

- vols de reconnaissance avec l'avion *Nord 2501* pour couvertures photographiques;
- implantation de balises d'ablation sur le profil Camp III–Camp VI (Ces travaux sont à effectuer par hélicoptère).
- prises de carottes de névé au point dénommé « Jonction », (environ 200 km à l'est de Søndre Strømfjord Air Base).

3.1.3.2.1. Vols de reconnaissance avec *Nord 2501* pour couverture photographique.

- Matériel : *Nord 2501*, chambre K 17 avec cônes de 6 et 12 pouces (réchauffeurs électriques).

Altitude de prise de vues: 3000 à 7000 m.

Viseur de bombardement, deux appareils Altiphote.

Comme en 1957, il fut impossible d'obtenir une chambre métrique; la chambre était installée à l'intérieur du *Nord 2501* muni d'une trappe centrale.

- Missions:

- profil Camp III–Camp VI:
 - largeur de la bande à couvrir: 20 km
 - longueur de la bande à couvrir: 100 km
- bassin de drainage du Kûgssua (de Quervains Havn) vol de reconnaissance et couverture photographique de 3×100 km
- bassin de drainage de Kangerdlugssûp sermerssua: une bande de 3×50 km ouest-est, une bande 3×50 km SW–NE.

3.1.3.2.2. Implantation des balises d'ablation sur le profil Camp III–Camp VI.

- Personnel: P. KASSER, A. BAUER.
- Matériel scientifique:
 - sonde thermique et accessoires
 - essence A

- antigel
- 50 balises (éléments de deux mètres)
- 20 tétraèdres de 3 m de côté
- fluorescéine
- Programme
 - Vols de reconnaissance en hélicoptère sur le profil Camp III-Camp VI:
 - Un vol de reconnaissance d'orientation Camp VI-Camp III-Camp VI.
 - Un vol pour choix des emplacements avec marquage des stations avec des tétraèdres (posés non fixés):
Camp VI — Camp V — K 7 — K 3 — Camp IV — Lac des Dolmens — Balise 6 — Camp III et retour
 - Un vol de reconnaissance pour délimiter un bassin hydrologique (éventuellement « La Seine » avec pose libre des tétraèdres) et, de plus, pour reconnaître le Kûgssua
 - Un vol d'implantation des balises Camp V — K 7 — K 3 — Camp IV et fixation des tétraèdres
 - Un vol d'implantation des balises Lac des Dolmens — Balise 6 — Camp III et fixation des tétraèdres
 - Un vol pour fixer les tétraèdres délimitant le bassin hydrologique et coloration par fluorescéine.

3.1.3.2.3. Carottage au point « Jonction ».

- Personnel: A. RENAUD et un aide
- Opérations:
creuser un puits de départ de deux fois deux mètres de surface et de trois mètres de profondeur;
prélever: 5 kg à 1 m
7 kg à 5 m
13 kg à 10 m
22 kg à 15 m
38 kg à 20 m

Ces quantités seront prélevées aux profondeurs indiquées sur les carottes de 4 trous de forage.

- Matériel:
 - 1 carotteur S.I.P.R.E. et tiges
 - petit matériel
 - 30 flacons de polyéthylène de 5 l.

3.1.3.3. Opérations

L'ordre d'urgence des travaux à effectuer est le suivant:

- couverture photographique Camp III–Camp VI;
- carottage « Jonction » et travaux sur le profil Camp III–Camp VI;
- couverture photographique du Kangerdlugssûp sermerssua
- éventuellement, couverture photographique de la région du Cecilia Nunatak.

La chronologie des opérations est donc prévue de la façon suivante:

Un vol aller-retour en hélicoptère de Søndre Strømfjord à « Jonction » pour déposer le personnel (2 hommes) et le matériel scientifique.

Parallèlement, un vol aller-retour du Nord 2501 pour dropage de kérozène pour la constitution d'un dépôt, de la nourriture pour les hommes et de l'emballage pour le retour des échantillons du névé.

Constitution d'un dépôt au Camp VI:

trajet en hélicoptère Søndre Strømfjord — « Jonction » — Camp VI pour la constitution du dépôt de base au Camp VI pour les travaux de glaciologie à effectuer sur le parcours Camp III–Camp VI.

Réception au sol du matériel largué par l'avion Nord 2501.

Mise en place du personnel et du matériel scientifique.

Participants: A. BAUER, P. KASSER, plus, éventuellement, 1 radio pour assurer la sécurité du groupe.

3.1.3.4. Matériel à transporter

- 10 bambous
- 20 tétraèdres tubes alu
- tissu signalisation
- 2 pelles
- 50 litres essence A.
- 50 litres éthylglycol
- Fluorescéine
- 50 balises d'ablation
- 1 sonde thermique
- 1 carotteur SIPRE
- 30 flacons polyéthylène
- petit matériel glaciologique

3.1.4. Chronologie des opérations (Carte 3)

8–10 Juillet 1958: Paris–Søndre Strømfjord

Le départ avait été retardé par la disparition d'une caisse contenant la pièce maîtresse de la sonde thermique. Cette caisse a été perdue entre

les E.P.F. et l'aérodrome du Bourget et n'a jamais été retrouvée. P. KASSER alerta immédiatement l'institut à Zurich où ses assistants se déclarèrent prêts à fabriquer la pièce perdue. Cette pièce se trouva à Søndre Strømfjord le 11 Juillet.

- 12 Juillet 1958: vol de reconnaissance avec couverture de photographies verticales 1-2-3-4- de la Région de Quervain's Havn, interrompu par le mauvais temps.
- 15 Juillet 1958: photographies verticales 5-6-7 de la même région. Front du Jakobshavns Isbræ.
- 18 Juillet 1958: vol de reconnaissance sur l'Indlandsis à basse altitude, interrompu par le mauvais temps (méridien 49° W).
- 19 Juillet 1958: vol de reconnaissance à basse altitude sur l'Indlandsis — méridien 48°30' W
 - 2 couvertures photographiques du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermersua
 - Couverture photographique Scheideck — km60
 - Front du Jakobshavns Isbræ
 - Essai du carotteur S.I.P.R.E. par A. RENAUD
- 21-26 Juillet 1958: opération hélicoptée H 1 et H 2
- 24-27 Juillet 1958: opération Indlandsis de A. RENAUD
- 29-30 Juillet 1958: Søndre Strømfjord — Paris.

3.2. Réalisations

3.2.1. Détermination des altitudes de l'Indlandsis

Nous avons utilisé, dans la mesure du possible, les vols au-dessus de l'Indlandsis pour des déterminations d'altitude en utilisant le radio-altimètre.

Pour nous rendre dans le nord à partir de Søndre Strømfjord, nous survolions toujours l'Indlandsis à une hauteur inférieure à 750 m. La route étant bien fixée, le radio-altimètre était lu à intervalle fixe (3 mn ou 1 mn). Connaissant l'altitude horizontale de l'avion, nous pouvions ainsi déterminer les altitudes d'un certain nombre de points au « sol ».

Cette méthode avait pour but d'obtenir autant de points cotés que possible dans la région bordière de l'Indlandsis où la carte aéronautique mondiale au 1/1.000.000^e ne donne pas le détail du bassin de drainage des grands glaciers aboutissant dans Disko Bugt et Umanak Fjord.

Cette méthode est à recommander pour 1959. Tous les vols au-dessus de l'Indlandsis serviraient ainsi à mieux connaître la topographie superficielle de l'Indlandsis du Groenland.

Les résultats sont consignés sur la Carte 4.

Les courbes de niveau sont données en pieds, pour que la comparaison avec la carte aéronautique mondiale au 1/1.000.000^e soit plus aisée. Nous avons utilisé, pour le tracé des courbes de niveau, outre nos déterminations, celles qui avaient été faites au sol sur les différents profils par l'expédition suisse A. DE QUERVAIN 1912-1913, les Expéditions Polaires Françaises et l'E.G.I.G. juillet 1957.

Il faut remarquer que le profil de l'expédition A. WEGENER de 1929, partant de Quervains Havn en direction du NE, n'a pu être utilisé. Il semble que la route suivie par cette expédition n'ait pas été NE, mais ENE, ce qui semble beaucoup plus conforme aux zones crevassées infranchissables de l'Eqip sermia, glacier que cette expédition n'aurait jamais pu traverser.

La carte 4 donne la configuration de la dépression que constitue le bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ.

3.2.1.1. Vol du 18 07 1958

Point de départ: 67°00' N, 48°00' W

Point d'arrivée: 70°42' N, 49°48' W

Tableau 9.

<i>Heure TU</i>	<i>Altitude de l'avion</i>	<i>Sonde</i>	<i>Altitude « sol »</i>
16h42	1550 m	425 m	1125 m
16 45	1500	325	1175
16 48	1500	325	1175
16 51	1500	325	1175
16 54	1500	350	1150
16 57	1500	345	1155
17 00	1500	360	1140
17 03	1500	370	1130
17 06	1500	355	1145
17 09	1500	380	1120
17 12	1500	470	1030
17 15	1500	480	1020
17 18	1500	500	1000
17 21	1500	650	850
17 24	1200	660	540
17 25	1200	670	530
17 25 au travers du Jakobshavns Isbræ			
17 26	1200	600	600

Tableau 9 (cont.)

Heure TU	Altitude de l'avion	Sonde	Altitude « sol »
17 27	1200 m	550 m	650 m
17 28	1200	500	700
17 29	1300	470	830
17 30	1300	370	930
17 33	1400	350	1050
17 36	1400	400	1000
17 39	1400	550	850
17 42	1400	700	700
17 45	1500	600	900
17 48	1500	550	950
17 51	1550	550	1000
17 54	1600	500	1100

Vitesse: de 370 à 350 km/h
(voir Carte 4).

3.2.1.2. Vol du 19 07 1958

Point de départ: 67°00' N, 48°30' W

Point d'arrivée: 71°40' N, 49°10' W

Tableau 10.

Heure TU	Altitude de l'avion	Sonde	Altitude « sol »
17h04	1500 m	125 m	1375 m
17 07	1500	90	1410
17 10	1500	110	1390
17 13	1500	100	1400
17 16	1500	110	1390
17 19	1500	110	1390
17 22	1500	125	1375
17 25	1500	110	1390
17 28	1500	170	1330
17 31	1500	200	1300
17 34	1500	222	1275
17 37	1500	250	1250
17 40	1500	300	1200
17 43	1500	380	1120
17 45 au travers du Jakobshavns Isbræ			
17 46	1500	480	1020
17 49	1500	400	1100
17 52	1500	275	1225
17 55	1500	175	1325
17 58	1500	150	1350
18 01	1500	150	1350

Tableau 10 (cont.)

<i>Heure TU</i>	<i>Altitude de l'avion</i>	<i>Sonde</i>	<i>Altitude « sol »</i>
18 04	1500 m	120	1380 m
18 07	1500	60	1440
18 10	1700	275	1425
18 13	1700	190	1510
18 16	1700	150	1550
18 19	1700	70	1630
18 22	1900	270	1630
18 25	1900	170	1730
18 28	1900	150	1750
18 31	1900	80	1820

Vitesse : 334 km/h
(voir Carte 4).

3.2.2. Bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua (Carte 5)

Pour déterminer l'extension du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua, nous avons utilisé les couvertures photographiques suivantes:

Vol. No. 3

chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.
Date: 19 Juillet 1958.
Altitude de vol: 4500 m.
Point de départ: bord sud du nunatak 71°28' N, 51°05' W.
Cap: 090.
Désignation des photos: MV 107 No. 3 — 1 à 16.

Vol No. 2.

Chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.
Date: 19 Juillet 1958.
Altitude de vol: 4500 m.
Point de départ: bord sud du nunatak 71°26' N, 51°05' W.
Cap: 110.
Désignation des photos: MV 107 No. 3 — 19 à 36.

Vol No. 3 (cf 2.1.12).

Chambre K 22, objectif 305 mm (12 pouces), format 23×23 cm.
Date: 11 Juillet 1957.
Altitude de vol: 3000 m.
Point de départ: 71°29' N, 51°10' W.
Cap: 129.
Désignation des photos: MV 2 — 86 à 171.

La dépression matérialisant le bassin de drainage est caractérisée par des zones crevassées. Ces zones crevassées ont été reportées sur la Carte 5.

Le bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermersua est bien délimité dans son ensemble. Il a une surface d'environ 200 km². Il faut remarquer que le glacier reçoit deux affluents peu importants venant du nord, l'un de l'Indlandsis et l'autre d'une petite calotte. L'apport en masse est peu important mais non négligeable.

Aucune crevasse n'était visible à l'est du bassin de drainage, de sorte qu'il semble possible d'approcher le camp du Point Nord de l'E.G.I.G., assez près du bassin de drainage pour favoriser les opérations géodésiques préparatoires aux levés photogrammétriques.

3.2.3. Profil Scheideck-km 60

(Expédition A. WEGENER 1930-31) (Carte 6).

Vol du 19 Juillet 1958.

Chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.

Altitude de vol: 4500 m.

Point de départ: Scheideck 71°12' N, 51°08' W.

Cap: 090.

Désignation des photos: MV 107 No. 3 — 37 à 52.

La Carte 6, établie d'après ces photos, montre nettement le « Nunataq Scheideck », ainsi que l'emplacement de la West Station de l'expédition A. WEGENER 1930-31. Cette station s'est déplacée vers le NW et elle est entrée dans la zone crevassée du Kangerdluarssûp sermia.

La zone de fonte est très réduite au voisinage de Scheideck, mais ce serait une faute de prétendre que la ligne de névé se trouve dans cette région à une altitude d'environ 1000 m. Il s'agit de conditions locales, dues au fait qu'un léger dôme glacé venant du SW influence l'accumulation dans la région bordière. Plus vers l'intérieur, la zone de fonte est très nettement développée et la ligne d'équilibre semble se trouver à une altitude de 1400 m, ce qui est normal. L'écoulement superficiel se fait vers le NW dans le bassin de drainage du Kangerdluarssûp sermia.

Aucune crevasse n'était visible sur le profil couvert par photos verticales, ni plus à l'est, contrairement aux observations de l'expédition A. WEGENER. L'accumulation doit donc être supérieure ou la fonte n'était pas encore avancée.

3.2.4. Front du Jakobshavns Isbræ

Deux couvertures du front du Jakobshavns Isbræ ont été exécutées en vue de la détermination de la vitesse superficielle. Il s'agissait avant tout de voir les conditions d'exploitation de photographies prises avec un grand angulaire.

Vol du 15 Juillet 1958.

Chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.

Altitude de vol: 4500 m.

Cap: 180.

Désignation des photos: MV 107 No. 2 — 84 à 120.

Vol du 19 Juillet 1958.

Chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.

Altitude de vol: 4500 m.

Cap: 178.

Désignation des photos: MV 107 No. 3 — 53 à 89.

3.2.5, Profil moraine (Søndre Strømfjord)-Point J (Carte 7)

Vol du 22 Juillet 1958.

Chambre K 17, objectif 154 mm, format 23×23 cm.

Point de départ: moraine $67^{\circ}08' N$, $50^{\circ}05' W$.

Cap: 082.

Désignation des photos: MV 107 No. 4 — 0001 à 0048.

La Carte 7 a été établie sur la base de cette couverture. La route du groupe de transport de l'EGIG passera dans cette zone en mars 1959. Le détail de la zone bordière est donné par la mosaïque (Planche I).

3.2.5.1. Description générale de la zone bordière (Planche I)

A la latitude $67^{\circ}10' N$, l'Indlandsis s'écoule vers l'ouest suivant deux glaciers séparés par une avancée de terre où se trouve la moraine de départ. Les deux glaciers sont de simples effluents de l'Indlandsis et non des fleuves de glace. Ils n'ont pas de bassin de drainage et ne sont crevassés que sur les derniers km de leur cours.

Leur vitesse doit être faible, de l'ordre de 100 m/an, alors que la glace en contact de la moraine doit avoir une vitesse de l'ordre de 30 m/an. Les glaciers sont typiques pour cette région du Groenland. Comme le Nordenskiöld Gletscher, ils déchargent autant d'icebergs par leur front que par les deux rives de leur langue. C'est ainsi que le glacier sud peut bloquer le lac dont le niveau peut monter de 20 m avant qu'un nouveau chenal de drainage sous-glaciaire se soit formé.

La partie de l'Indlandsis près de la moraine est relativement calme. Quant à la moraine centrale (2, Planche I), c'est une moraine séparant les deux glaciers, donc une moraine provenant d'un accident sous-glaciaire se trouvant à environ 5 km plus à l'est. C'est contre cet accident sous-glaciaire que vient buter la glace avant de se diviser en deux langues glaciaires. Ce mouvement de butée contre cet obstacle donne naissance à des plans de cisaillement en forme d'arcs circulaires ouverts vers l'ouest et se prolongeant, au nord et au sud, vers l'ouest dans le sens général



Fig. 6. Bande bleue dans la glace de la zone d'ablation.

de l'écoulement de la glace. Ces plans de cisaillement sont caractérisés par des décrochements superficiels séparés par des bandes bleues (Fig. 6). Ces bandes bleues ont une texture fine (Fig. 7). Ces décrochements sont amplifiés par l'ablation à mesure de leur approche de la moraine et le relief est accentué par les bédrières.

Là sont les origines de la surface chaotique de cette zone, surtout au nord de la ligne 2-3. Les crevasses légères sont perpendiculaires aux

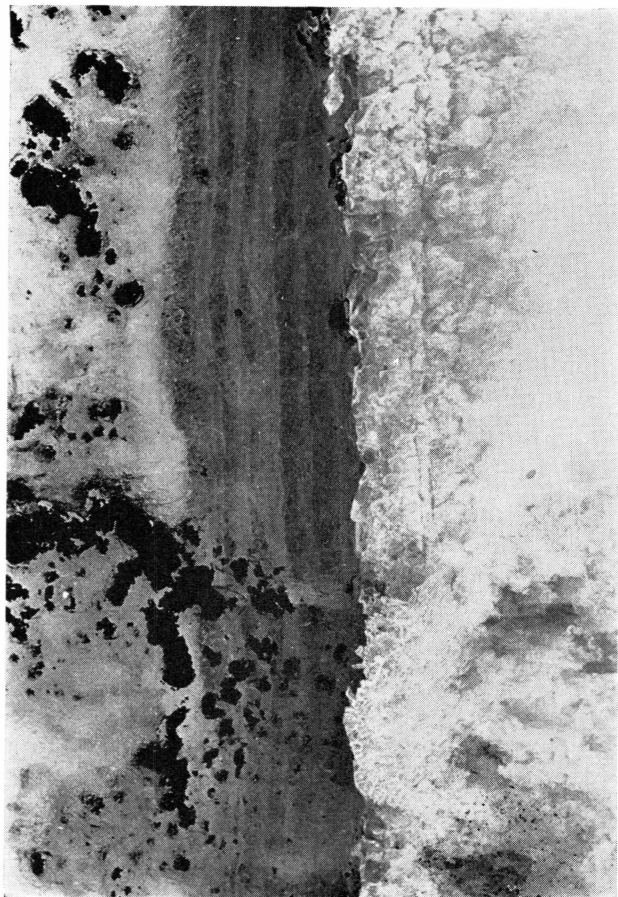


Fig. 7. Bande bleue — détail.

ondulations de cette surface chaotique, ce qui est normal pour des crevasses de tension.

La moraine elle-même, dirigée W-E (2 à 3, Planche I) sur une longueur de 2 km, est un faible amas de débris amenés à la surface par ablation. Cette ligne représente une route naturelle qui aboutit à la moraine proprement dite en forme de delta près de la roche. Elle y forme une colline importante de glace, recouverte par une couche de débris morainiques de 50 cm d'épaisseur qui en empêche la fonte. Cette moraine, formée par une moraine intra-glaciaire apparaissant par suite de l'ablation, est toute différente de la moraine située à l'extrémité N de la roche, à 1,5 km au nord de 2, et qui est un esker.

La surface chaotiques s'étend de 2 à 5, Planche I, sur une distance de 11 km à l'est du point de départ 2.

3.2.5.2. Choix de la route 1959 (Planche I)

La meilleure route part de 2 et suit la moraine pendant 2,3 km jusqu'à 3. Elle passe ensuite à 150 m au sud et continue à l'est pendant 1,1 km jusqu'à 4 pour éviter la chute crevasée au NE de 3. De 4, elle prend la direction NE pendant 400 m pour rejoindre une légère dépression relativement calme. Au bout de 2,5 km, la route s'infléchit vers le NE pour éviter marais et grosses bédrières au nord de la route et rejoindre 5 situé à 11 km de 2. A partir de ce point, la surface est plate et ne doit pas offrir d'obstacles à la progression avant la fonte printanière.

Les crevasses situées plus à l'est et marquées sur la Carte 7 n'offrent pas de difficultés. Il pourrait en être autrement des grandes bédrières et moulins qui doivent être franchis en 6 et 7. Plus à l'est, aucun obstacle ne doit être sérieux avant la fonte, en suivant le cap 080 jusqu'au point J.

3.2.5.3. Zone d'ablation

La zone d'ablation s'étend jusqu'en 67°16' N, 47°40' W à une altitude de 1700 m environ. Elle est caractérisée par d'énormes lacs, bédrières et moulins. Aucune crevasse n'a été vue plus à l'est, en 1958 comme en 1957.

La ligne d'équilibre doit se trouver à une altitude de 1700 m.

3.2.5.4. Texture rubannée de la glace (Planche I)

Sur une distance de 30 km, entre les méridiens 49°50' W et 49°10' W, respectivement à une altitude de 700 m et de 1000 m, la surface de la glace présente une texture rubannée ressemblant à une planche en bois.

Cette texture ne provient ni de bords de fonte (l'ablation est trop forte) ni de débris superficiels dus à des failles de cisaillement, comme on les rencontre sur les langues glaciaires.

Il semble difficile d'attribuer cette texture aux couches sédimentaires réapparaissant dans cette zone d'ablation, comme l'accumulation est très faible (0,50 m d'eau par an en zone d'accumulation). La texture est intraglacière. Les bandes sombres et claires ne sont pas superficielles: on peut les suivre sur les parois des bédrières. Elles sont soumises à une ablation superficielle qui peut provoquer une légère microtopographie: certaines lentilles forment creux ou bosses. La texture ne suit pas la topographie superficielle de la glace.

Les bandes semblent devenir visibles par suite d'un grain différent de la glace, différence renforcée par l'éclairage rasant au moment de la prise de vues. Remarquons que ces bandes ne sont pratiquement pas visibles au moment du survol et qu'elles ne sont pas visibles au « sol »

Quelle que soit leur origine, ces bandes témoignent de mouvements différentiels dans la glace. Elles devront être étudiées.

3.2.6. Profil Camp III – Camp VI (Carte 8)

La zone du profil Camp III — Camp VI des Expéditions Polaires Françaises (1948–1953) sera le champ d'études du Groupe de Glaciologie Côtière de l'E.G.I.G. en 1959. Il était utile de disposer d'une carte détaillée plus précise que la carte de reconnaissance des E.P.F. au 1/50.000^e (E.P.F., 1953). De plus, les Groupes de Nivellement et de Géodésie de l'E.G.I.G. passeront dans cette zone pour rattacher la triangulation aux points fixes côtiers: la sécurité de déplacement de ces groupes exigeait une reconnaissance précise des zones crevassées de cette région de l'Indlandsis.

La Carte 8 a été dressée d'après les couvertures aériennes couvrant une surface de 25 km de large et de 80 km de long. Il s'agit de 7 passages numérotés 1 à 7 du nord au sud (Carte 3).

3.2.6.1. Couvertures aériennes (Camp III – Camp VI)

Pas- sage	Point de départ	Altitude	Date	Cap	Dénomination des photos	
1	69° 46' N 50° 10' W	4500 m	12 07 58	095	MV 107 No. 1	1 à 23
2	69° 44' N 50° 10' W	4500 m	12 07 58	095	MV 107 No. 1	24 à 44
3	69° 42' N 50° 10' W	4500 m	12 07 58	095	MV 107 No. 1	45 à 66
4	69° 40' N 50° 10' W	4500 m	12 07 58	100	MV 107 No. 1	67 à 95 95 bis + 96 + 97 + 98 +
5	69° 39' N 50° 10' W	4500 m	15 07 58	100	MV 107 No. 2	53 79
6	69° 37' N 50° 10' W	4500 m	15 07 58	100	MV 107 No. 2	26 à 52
7	69° 36' N 50° 10' W	4500 m	15 07 58	100	MV 107 No. 2	1 à 25

Remarque: Le cap du passage est marqué 095, alors qu'en réalité il fut de 100. Les photos 80, 81, 82 et 83 du passage 5 sont des photos obliques prises au moment où l'avion a viré au sud. Ces photos montrent un système de crevasses qui est indéniablement celui figurant sur la photo 95 du passage 4. C'est pourquoi, la date étant indifférente, nous avons changé la notation:

80 passage 5 devient: 95 bis passage 4
 81 passage 5 devient 96 + passage 4
 82 passage 5 devient: 97 + passage 4
 83 passage 5 devient: 98 + passage 4

Les passages 4 et 5 étant espacés de 3 jours et ayant des parties communes, des observations intéressantes concernant la progression de la fonte pendant ces 3 jours peuvent être faites. Des lacs se sont vidés, des zones de névé ont fait place à la glace vive, etc.

3.2.6.2. Remarques sur la Carte 8 de la zone d'ablation

Camp III – Camp VI

Le calque, établi d'après les photos des 7 passages, a été réduit par tranches pour tenir compte de l'échelle variable due à l'altitude variable du « sol ». Le quadrillage a pu être mis en place grâce à l'identification (facile) du Camp III (photo 26, passage 2), et de la roulotte du terme sud (photo 53, passage 3). Cette dernière identification a été difficile, mais sûre, malgré les dimensions de la roulotte (retournée). L'identification du Camp IV–Kramoutsi et Camp V est plus incertaine. Celle de la « Seine », du Lac des Dolmens, a été aisée.

L'impression générale est que bien des choses ont changé depuis 1949. Le Lac des Dolmens n'existe pratiquement plus et de même son émissaire le Colorado. Le système des bédrières a complètement changé dans cette région, probablement par suite du mouvement de l'Indlandsis (40 m/an).

Plus vers l'intérieur, les grandes crevasses à l'est de la Garonne et vers K 7 étaient à peine visibles. Aucune bédrière n'était visible entre les grandes crevasses et le Camp V.

Toutes les dénominations se rapportent aux deux cartes de reconnaissance des E.P.F. (Camp III–Camp IV, Camp IV–Camp VI, 1952–1953).

3.2.7. Opérations hélicoptées

21–26 Juillet 1958 — Cartes 3 et 8.

3.2.7.1. Généralités

Il s'agissait de transporter A. BAUER et P. KASSER, leur matériel scientifique et technique, dans la zone d'ablation vers le Camp IV, à 350 km au nord de BW 8, pour qu'ils puissent implanter les balises d'ablation d'après le programme prévu.

En principe, ce déplacement par hélicoptère devait se faire en deux temps: de Søndre Strømfjord vers le Point J, à 200 km à l'est sur l'Indlandsis, puis de là vers le nord. Par suite du mauvais temps, mais aussi par suite du manque de repères sur l'Indlandsis et de l'impossibilité pour l'hélicoptère de naviguer, il fut décidé de constituer le point intermédiaire sur terre, en H 1, au sud du Nordenskiöld Gletscher et à mi-chemin entre Søndre Strømfjord et H 2, choisi au voisinage de l'ancien Camp III ter.

Il fallait d'abord constituer un dépôt de kérozène en H 1. Un essai de dropage à partir du *Nord*, dans la région de Christianshåb le 12 Juillet, montra que les fûts n'étaient pas assez résistants et éclataient au sol. La constitution du dépôt de kérozène a donc dû être faite par l'hélicoptère lui-même. Ce transport peu rentable fut terminé le 20 Juillet. Le dépôt H 1 se trouve à 500 m au sud de la langue du Nordenskiöld Gletscher, sur un piton au nord d'un lac, par $68^{\circ}15' N$, $50^{\circ}56' W$ et à 530 m d'altitude, signalisé par un fût rouge.

Le 21 Juillet, en deux vols, l'hélicoptère, par l'intermédiaire de H 1, amenait en H 2 matériel scientifique et technique, MM. CESSOU, LIEGE, BAISSON, BAUER et KASSER. Deux cents litres de kérozène seulement étaient disponibles pour l'implantation des balises d'ablation.

Le 22 Juillet, le *Nord* vint droper 400 kg de vivres en H 2. Le Commandant MULLER découvrit un névé à 3 km à l'ouest de H 2, dans une dépression de l'Indlandsis. Les 23, 24 et 25 Juillet, 8200 kg de kérozène y furent dropés sans grande perte et amenés par hélicoptère en H 2.

Le travail accompli, le retour s'effectua en 2 vols par H 1 jusqu'à BW 8 le 26 Juillet 1958.

3.2.7.2. Implantation des balises d'ablation

Pour l'étude de l'ablation en 1959, il était nécessaire d'implanter les balises d'ablation en 1958 et de les signaler, afin de les retrouver en mai 1959 avant la fonte printanière.

Partant de H 2 en hélicoptère, 7 balises furent plantées (BK 1 à BK 7). Les trous ont été forés dans la glace avec la sonde thermique de P. KASSER. La vitesse de creusement fut de 18 m à l'heure dans cette glace qui est à une température de l'ordre de $-10^{\circ} C$. Les balises d'ablation, placées dans ces trous, consistaient en perches de bois de 2 m assemblées par des chaînettes et munies de lames de ressort les empêchant de remonter dans l'eau de fonte. Il est à noter que l'eau de fonte dans les trous gelait en 24 heures à partir du fond jusqu'à 60 cm de la surface.

Les balises ne dépassaient que de quelques centimètres la surface de la glace au moment de l'implantation. Elles étaient signalées par des tétraèdres en tubes d'aluminium, d'un montage rapide et facile, d'une hauteur d'environ 2 m. Ces tétraèdres furent fixés dans la glace par un câble en acier attaché à l'un des sommets au sol et portant un piton placé dans un trou de 1 mètre de profondeur. L'eau de fonte, en gelant, fixait piton, câble et, ainsi, le tétraèdre.

Sous le tétraèdre était placée une toile soit rouge, soit bleue, triangulaire ou hexagonale, de la dimension simple ou double du triangle de base du tétraèdre. Ces panneaux devaient être photographiés à haute altitude par le *Nord 2501* pour voir quel était le meilleur système de signalisation des points repères pour la photogrammétrie. Il est à remarquer que ces toiles se fixent naturellement sur la glace vive par suite de

la fonte superficielle. Elles se mouillent, collent à la glace et, la nuit, y gèlent. Donc, entre le Camp III et Kramoutsy, il n'a pas été nécessaire de fixer les toiles. Le vent ne les a pas enlevées pendant notre séjour. Par contre, à BK 7 et plus à l'est, dans le névé formé par la glace surimposée comme dans le névé lui-même, les toiles n'ont pu être fixées et le moindre vent les déplaçait et les roulait en tas.

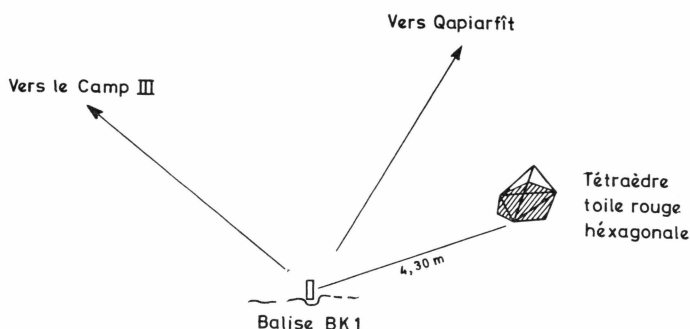
Balise BK 1 (Camp III).

Situation générale: à 200 à l'est du Camp III (moraine).

Altitude: 630 m.

Longueur de la balise: 8 m (4 éléments de 2 m).

Donnée (24.07.1958 à 14 h): dépasse de 0,05 m.



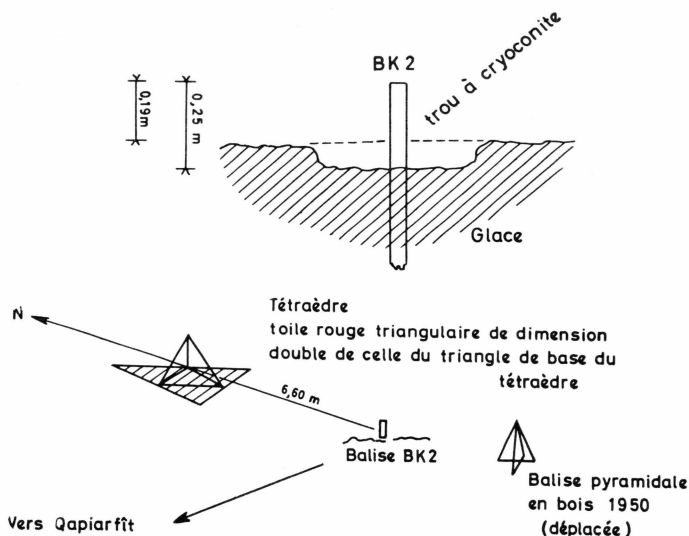
Balise BK 2 (Balise 6)

Situation générale: à la place de l'ancienne balise pyramidale en bois près de la Balise 6, 1950. (Il reste à éclaircir si cette pyramide se trouve exactement à l'emplacement de la Balise 6 de 1948-49).

Altitude: 800 m.

Longueur de la balise: 8 m (4 éléments de 2 m).

Donnée (24.07.1958 à 11 h): dépasse de 0,19 m.



Balise BK 3 (Camp H 2)

Situation générale: 600 m au SE du Camp III ter.

Altitude: 830 m.

Longueur de la balise: 6 m (3 éléments de 2 m).

Données: 22.07.1958 à 18 h dépasse de 0,10 m

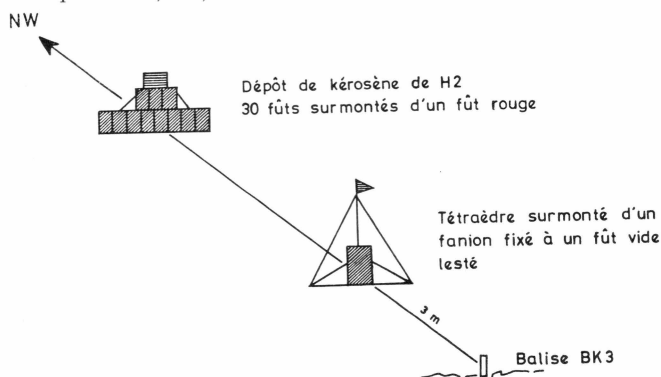
25.07.1958 à 10 h dépasse de 0,20 m

25.07.1958 à 23 h dépasse de 0,24 m

Remarque: Le 25.07.1958 à 23 h, cette balise dépassait la surface de la glace de 0,24 m. L'ouverture du trou de forage, agrandie par rayonnement, était de 0,10 m et la balise était prise dans le trou par le gel à une profondeur de 0,55 m.

Emplacement: A 3 m du tétraèdre.

Points vus: Camp III ter, TS, BK 4.



Balise BK 4 (Lac des Dolmens)

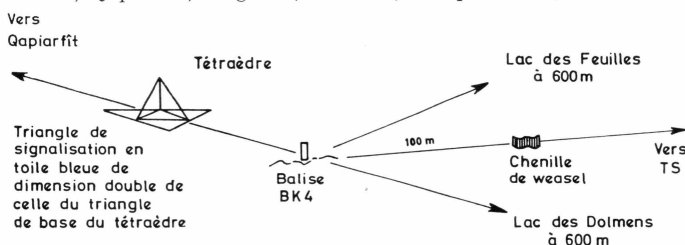
Situation générale: à l'ouest et à mi-distance entre le Lac des Dolmens et le Lac des Feuilles, au sommet d'une colline.

Altitude: 800 m.

Longueur de la balise: 6 m (3 éléments de 2 m).

Donnée: 23.07.1958 à 14 h 35; dépasse de 0,21 m.

Points vus: TS, Qapiarfit, Kûgssuk, Balise 6, Camp III ter, H 2.



Balise BK 5 (Terme Sud — TS)

Situation générale: 50 m au sud de la roulotte renversée de TS, à l'emplacement même de l'ancienne pyramide en bois TS portant l'élément de la balise TS.

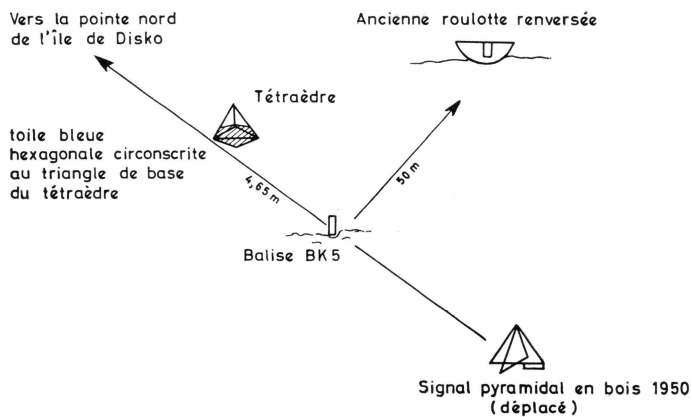
Altitude: 1036 m.

Longueur de la balise: 6 m (3 éléments de 2 m).

Donnée (23.07.1958 à 19 h): dépasse de 0,17 m.



Fig. 8. Implantation de BK 6, vue de Kramoutsi vers Qapiarfît.



Balise BK 6 (Kramoutsi) (Fig. 8)

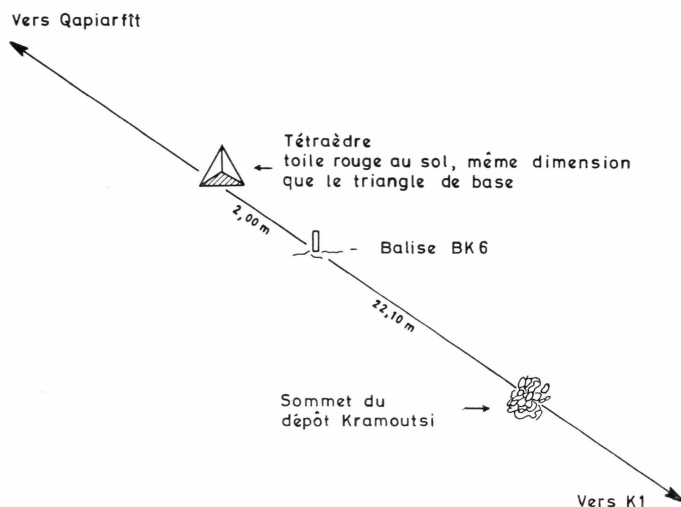
Situation générale: Près de la balise et dépôt Kramoutsi.

Altitude: 1130 m.

Longueur de la balise: 6 m (3 éléments de 2 m).

Donnée (25.07.1958 à 11 h): dépasse de 0,16 m.

Points vus: Qapiarfît, Kûgssuk, K 1.



Balise BK 7 (Garonne) (Fig. 9)

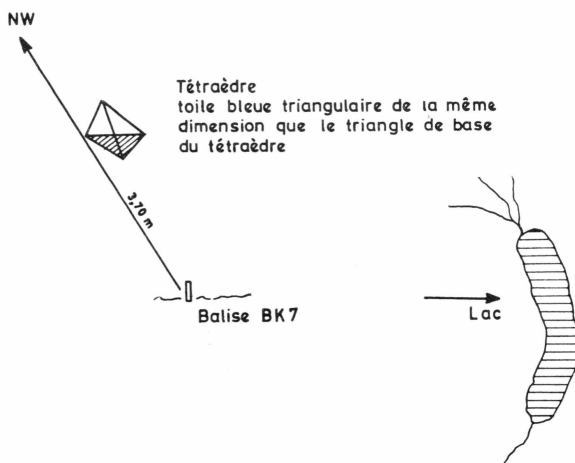
Situation générale: Entre K 3 et la Garonne, à 500 m à l'ouest de celle-ci (Garonne-Lac).

Altitude: 1240 m.

Longueur de la balise: 6 m (3 éléments de 2 m).

Donnée (23.07.1959 à 20 h): dépasse de 0,20 m la surface de glace surimposée.

Remarque: BK 7 ne se trouve pas au même emplacement que K 3 parce que K 3 n'a été découvert que le 25.07.1958.



Récapitulatif des balises d'ablation implantées en 1958

Dénomination	Date	Heure locale	Longueur	
			au-dessus (de la surface de la glace)	en-dessous
BK 1	24 07 58	14 00	0,05 m	7,95
BK 2	24 07 58	11 00	0,19	7,81
BK 3	25 07 58	23 00	0,24	5,76
BK 4	23 07 58	14 35	0,21	5,79
BK 5	23 07 58	19 00	0,17	5,83
BK 6	25 07 58	11 00	0,16	5,84
BK 7	23 07 58	20 00	0,20	5,80



Fig. 9. Signal BK 7 devant le grand Lac de la Garonne.

	Nombre d'éléments de 2 m	Longueur totale
BK 1	4	8 m
BK 2	4	8
BK 3	3	6
BK 4	3	6
BK 5	3	6
BK 6	3	6
BK 7	3	6

3.2.7.3. Reconnaissance en hélicoptère

Recherche des pyramides de signalisation EPF 1950

Remarque sur la balise pyramidale K 3 (Fig. 10)

Pratiquement, tous les signaux pyramidaux en bois placés sur la route Camp III-Camp V (cf. cartes de reconnaissance au 1/50.000, EPF

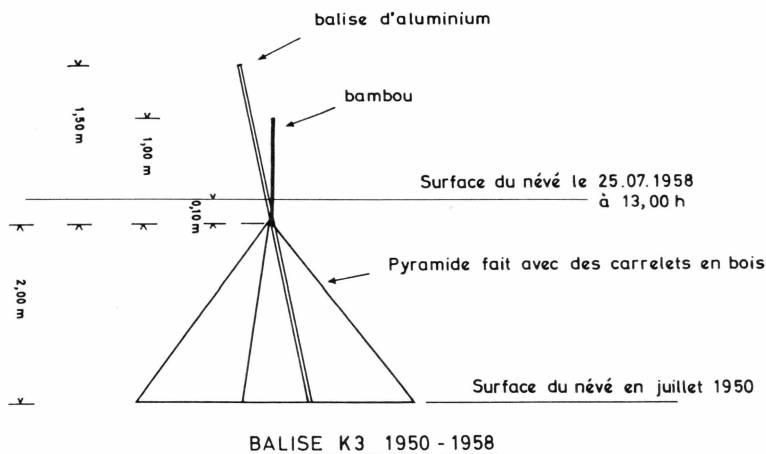


Fig. 10. Signal K 3 (EPF 1950) en 1958.

1953) ont été retrouvés soit debout, soit tombés jusqu'au signal K 3. Au-delà, vers l'est, aucun signal n'a été retrouvé.

Au-delà du Kramoutsi, la technique était la suivante: on suivait le cap mesuré sur la carte pendant le temps correspondant à la distance prise sur la carte. Si le signal cherché n'était pas vu, on se posait et on faisait un tour d'horizon.

Si le signal K 2 se trouvait debout sur la glace, ce qui était normal, puisque nous sommes en zone d'ablation, une surprise nous attendait à K 3, dernier signal de 1950 retrouvé. Seul dépassait du névé un bout de bambou et le haut d'un tube de balise d'aluminium. Grande fut notre surprise, en creusant un peu, de constater sans ambiguïté, à 10 cm en-dessous de la surface de névé, le sommet de la pyramide en bois EPF 1950 K 3 (un bout de carrelet visible à gauche du bambou sur la Fig. 10).



Une telle pyramide placée sur la glace, en zone d'ablation, marque chaque année le niveau atteint par la glace. Par contre, en zone d'accumulation, une telle balise ou pyramide doit disparaître à la longue.

Rappelons les données.

En 1950, K 2 se trouvait à une altitude de 1194 m et K 3 à 1240 m. Toutes ces deux pyramides se trouvaient en zone d'ablation, puisque la ligne d'équilibre semblait passer du nord au sud à une altitude de 1400 m, à l'est des grandes crevasses et aux environs du Camp V.

En 1958, la ligne d'équilibre passe entre K 2 et K 3, soit à une altitude d'environ 1220 m.

Il faut ajouter quelques commentaires.

La pyramide K 3 est en train de disparaître dans la glace surimposée. Celle-ci est constituée par le névé d'hiver plein d'eau de fonte, le tout regélant en masse en automne et formant ainsi la couche d'accumulation. En creusant le névé plein d'eau, nous avons trouvé une strate de glace à 0,50 m de la surface, ce qui correspond à peu près à l'accumulation annuelle dans cette région.

En 1950, K 3 se trouvait sur la glace vive comme toutes les autres balises plus à l'ouest. En 1958, elle est noyée sous 2,10 m de glace surimposée. Cette accumulation ne peut provenir d'une année, comme la valeur en eau de l'accumulation annuelle ne doit pas dépasser 0,60 m par an. La disparition de K 3 est donc due à un phénomène de longue durée et non à des conditions climatiques exceptionnelles.

Cet enfouissement ne peut non plus être dû à des conditions topographiques locales, comme K 3 se trouve au sommet d'une colline et non dans un creux où aurait pu se former un lac de fonte.

Il est un fait que ce déplacement de la ligne d'équilibre ressort de la comparaison de toute cette région entre son état en 1949, dernière année où je l'ai personnellement parcourue à pied, et celui de 1958 fixé sur photos à l'aide des couvertures aériennes de cette année, sans oublier celle de 1957. D'une manière très générale, les grandes crevasses au sud de K 7 semblent peu reconnaissables par suite d'une forte accumulation et les bédrières, à l'est de ces grandes crevasses, sont invisibles, contrairement à ce qui a été vu en 1949 et en 1950.

L'unique objection sérieuse peut venir du fait que nos observations de K 3 et les couvertures aériennes n'ont été faites que fin juillet 1958, alors que la fonte continue jusque vers le 15 août, commencement de l'hiver. Ces quinze jours à trois semaines de fonte supplémentaires, même s'ils peuvent déplacer la ligne d'équilibre vers l'est, ne pourront jamais fondre les 2,10 m de névé de K 3.

Il faut d'ailleurs reconnaître qu'entre 1948 et 1951, les E.P.F. n'ont pas exécuté des mesures précises d'ablation et d'accumulation, de sorte que nous pouvons difficilement affirmer que la ligne d'équilibre passait exactement au Camp V en 1950. Mais nous sommes sûrs que cette ligne passait au moins à l'est des grandes crevasses de K 7 et que toutes les pyramides furent placées en zone d'ablation, K 7 incluse.

Quoique l'ablation ne soit pas terminée en juillet et que nous ignorons le niveau final à l'étiage, nous constatons en première approximation que 210 cm de glace surimposée se sont accumulés en K 3 entre 1950 et 1958, ce qui donne une *accumulation moyenne annuelle* de 26 cm de glace (20 cm valeur en eau). Cette valeur ne représente qu'une faible partie des précipitations annuelles.

Pour conclure, il nous faut dire que, pour les travaux envisagés en 1959 dans la région d'équilibre, la découverte de l'enfouissement de K 3 oblige les glaciologues de l'E.G.I.G. à concentrer leurs recherches dans la région de K 3 et non de K 7 comme il avait été initialement prévu. Le problème de la glace surimposée sera capital et doit être étudié en priorité. Pour cela, il est absolument indispensable que les glaciologues soient à K 3 avant le début de la fonte, c'est-à-dire avant le 15 mai 1959.

Région du Camp V et du Camp VI

Le 25 Juillet, nous avons effectué un vol de reconnaissance vers les Camps V et VI. Aucun de ces Camps ne fut trouvé. Il faut reconnaître que, à l'est de K 7, pratiquement la surface de l'Indlandsis est sans accident et il est impossible de se repérer. Rapidement, même en volant en ligne droite et en notant cap et temps de vol, on ne sait plus où l'on se trouve. Au retour, malgré la vue lointaine des montagnes côtières,

il n'était pas rare de se trouver dérouté à plus de 20 km de la route escomptée.

Pour reconnaître l'état de la surface, nous nous sommes posés avec précaution à 300 m à l'est du lac 69°40' N, 48°50' W (Carte 8) où nous étions sûrs qu'il n'y avait pas de crevasses. P. KASSER s'est enfoncé de 80 cm dans le névé en sortant de l'hélicoptère et son piolet, après la traversée d'une couche de glace à cette profondeur, n'a pas rencontré de résistance. Nous étions donc en zone d'accumulation et il est heureux que les patins sans filet de l'hélicoptère ne se soient pas enfoncés plus.

Les crevasses à l'ouest de ce point étaient visibles, mais pas très nettement. Il nous a donc été impossible de nous poser dans les zones crevassées et reconnaître un passage pour le Groupe de Nivellement. Nous avons jugé l'opération trop risquée.

Lac du Kramoutsi (69°40' N, 49°30' W)

Ce lac semblait présenter un bassin de drainage bien défini et convenir aux études glaciologiques en 1959. Nous nous sommes posés près de l'émissaire NW qui est une bédrière de 4 m de large. Un pont pourrait être construit avec les balises restant à Kramoutsi et servir à la pose des moulinets. Le débit fut estimé à 2 m³/s ce qui, pour un bassin de drainage estimé à 4 km², donne une ablation journalière de 5 cm par jour.

Le Moulin de la Seine (69°41' N, 49°56' W)

Nous avons effectué un essai de coloration avec de la fluorescéine. Il s'agissait de savoir si l'écoulement d'une grosse bédrière, en l'occurrence la Seine, était laminaire ou turbulent. Suivant le cas, le bichromate à utiliser pour la méthode de jaugeage chimique est à doubler. Il s'est avéré que le courant était laminaire et que la fluorescéine ne se mélangeait à l'eau de fonte qu'après un long parcours.

La largeur de la Seine près du Moulin fut estimée à 4 m et le débit à 12 m³/s.

Le signal géodésique danois Kûgssuk (69°41' N, 51°08' W)

Le Kûgssuk est le sommet de Arveprinsens Ejland, au SW d'Atâ. Pendant les campagnes des Expéditions Polaires Françaises, l'identification de ce point géodésique s'est toujours révélée difficile (distance du TS: 110 km). Comme le rattachement de la triangulation doit se faire, entre autre, à ce point, il était nécessaire de l'identifier. Le vol du 25 Juillet a clarifié la situation. Ce cairn est visible de toutes les stations à l'ouest de Kramoutsi. Il s'est trouvé à 6 km au sud du point souvent visé par erreur.

3.2.8. Catalogue des photos verticales

Tableau 11.

Dénomination	Désignation	No.	Altitude	Cap	Date
Kangerdlugssuaq.....	MV 107 No. 3	1-16	4500 m	090	19 07 58
	MV 107 No. 3	19-36	4500	110	19 07 58
Scheideck	MV 107 No. 3	37-52	4500	090	19 07 58
Jakobshavn	MV 107 No. 2	84-120	4500	180	15 07 58
	MV 107 No. 3	53-89	4500	178	19 07 58
B W 8-J	MV 107 No. 4	1-48	4500	082	22 07 58
de Quervains Havn...	MV 107 No. 1	1-23	4500	095	12 07 58
	MV 107 No. 1	24-44	4500	095	12 07 58
	MV 107 No. 1	45-66	4500	095	12 07 58
	MV 107 No. 1	67-95	4500	100	12 07 57
		95bis-98	4500	100	12 07 58
	MV 107 No. 2	53-79	4500	100	15 07 58
	MV 107 No. 2	26-52	4500	100	15 07 58
	MV 107 No. 2	1-25	4500	100	15 07 58

3.3. Sondages thermiques et travaux hydrologiques

par P. KASSER

3.3.1. Thermischer Bohrer und Ablationsgestänge

(Modelle Abteilung für Hydrologie/VAWE-ETH — Zürich)

3.3.1.1. Einleitung

Zur Messung der oberflächlichen Abschmelzung (Ablation) des Inlandeises dienen Holzgestänge, die in Bohrlöcher eingesetzt werden. Die Ausaperung der Holzstangen gibt das Mass für die Ablation. Schon anlässlich der Erkundung im Juli 1958 wurden 7 Löcher mit dem nachstehend beschriebenen Gerät, das auch im Expeditionssommer 1959 der EGIG verwendet werden soll, gebohrt. Die Beschreibung soll dem Leser die Möglichkeit geben, den in zehn Jahren durch die Abteilung für Hydrologie der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der Eidg. Technischen Hochschule (VAWE-ETH) in Zürich entwickelten Bohrer selbst zu bauen.

3.3.1.2. Der Bohrer

Das Arbeitsprinzip wurde bereits vor Jahren durch Calgiati für Tiefbohrungen angewendet. Nun hat aber das Bedürfnis, mit geringen Kosten Ablationsgestänge bis zu 30 m Tiefe zu installieren, zum Bau eines leichten tragbaren Gerätes geführt, das aus den drei Hauptteilen Ofen, Bohrgestänge und Heizspitze besteht. Das im Ofen bis auf 90° C aufgeheizte Wasser wird in geschlossenem Kreislauf durch das isoliert, aus Schlauch (20 m und 10 m Stück) und Führungsrohr (1,5 m) bestehende Bohrgestänge in die Eisbohrerspitze (Heizspitze) und zurück in den

Ofen geführt. Das Wasser wird durch ein mit Reinbenzin betriebenes Vulkangebläse im Drucktopf erhitzt und mittels einer in dieser eingebauten Handpumpe in Umlauf gesetzt. Zusätzlich zu den Photographien dürften folgende ergänzende Angabe interessieren: Entscheidend für die Vortriebsgeschwindigkeit ist, neben der Wassertemperatur vorn in der Heizspitze und der Zirkulationswassermenge, die zweckmässige Form der Heizspitze, die von der Spitze bis zur Wurzel 380 mm misst. Die Leitkurve gehorcht im Bereich 20×380 der Formel:

$$\frac{d}{2} = 18 - 10^{-4} (380 - x)^2$$

worin d den Aussendurchmesser und x die Distanz vom Spitzenende rückwärts bedeuten und alle Masse in mm gemessen wird. Massgebend für die Vortriebsgeschwindigkeit sind die Verhältnisse in den vordersten Zentimetern der Spitze. Die anschliessende Leitkurve muss der Bedingung genügen dass, von der Spitze weg gerechnet, jedes folgende Teilstück diejenige Schmelzleistung liefern kann die zusätzlich notwendig ist, damit das betreffende Teilstück mit der Geschwindigkeit der Spitze Schritt halten kann. Für den einzig wichtigen Fall des Dauerbetriebes lässt sich das Problem rechnerisch mit stationären Wärmeströmungen erfassen. Vorteilhaft ist der Umstand, dass der Wärmeübergang von Metall auf Eis ungefähr dreimal intensiver ist als von Metall auf Wasser. Dies ist von besonderer Bedeutung im vordersten Stück der Spitze, das sich leider aus konstruktiven Gründen nicht ideal schlank bauen lässt, dafür aber im Gegensatz zu den hinteren Teilen in sehr kurzen Zeitabständen immer wieder durch den Schmelzwasserfilm auf das Eis durchstösst.

Im Betrieb ist der Bohrer gründlich ausprobiert. Vor dem Einsatz in Groenland wurden mehrere tausend Meter an Alpenglatschern gebohrt. Im Juli 1958 wurden bei den sieben Bohrlöchern von je 6-8 m Vortriebsgeschwindigkeiten von 12 bis 18 m/Stunde erzielt. Die Leistung hing wesentlich vom Zirkulationsdruck an der Pumpe ab.

Die untere Grenze wurde mit 3 Atü, die obere Grenze mit $4\frac{1}{2}$ Atü, am Manometer gemessen, erreicht. Der Verbrauch an Reinbenzin betrug ca. 0.9-1.3 lt pro Stunde. Der untere Heizwert des Reinbenzins beträgt 10.000 kcal/kg. Ungefähr die Hälfte dieser Wärme dient zur Erwärmung des Wassers im Topf, die andere Hälfte geht verloren. Der Inhalt des Benzintanks beträgt 3.0 lt. Als Zirkulationsflüssigkeit wurde ein Gemisch von 50 Volumprozent Wasser und 50 Volumenprozent Aethylen-Glykol verwendet, eine Lösung, die bis -35°C flüssig bleibt. Für eine Füllung sind 5.6 lt (wovon 4.2 lt Topfinhalt und ca. 1.4 lt in Druckausgleichsgefäss, Leitungen und Spitze) erforderlich. Im Juli 1958 wurden alle 7 Löcher mit nur einer Füllung gebohrt. Die Wärmeverluste längs des Gestänges (Bohrschlauches) verhindern beim Bohren im kalten Eis das Einfrieren des Gerätes im Loch. Damit wird ein Problem, das bei elektro

thermischen Verfahren gewisse Schwierigkeiten bietet, auf einfache Art gelöst. Wichtig ist aber, dass im Falle eines Betriebsunterbruches der Bohrer *sofort* aus dem Bohrloch herausgezogen wird, weil unter diesen Umständen die Gefahr des Einfrierens besteht. Während des Bohrens ist die ständige Kontrolle von Vorlauf- und Rücklauftemperatur, Druck am Manometer und Vortriebsgeschwindigkeit zu empfehlen, damit eventuelle Störungen rechtzeitig erkannt, richtig gedeutet und behoben werden können.

Größenordnungsmässig mag für die hier beschriebene Bohrausrüstung das nachstehende Beispiel ein Bild über den Wärmeumsatz und die Zirkulationsverhältnisse des Wassers, res. des Wasser-Aethylen-glycolgemisches geben:

Bohrerdurchmesser	= 36 mm
Bohrlochdurchmesser an der Wurzel der Heizspitze	= 40 mm
Vortriebsgeschwindigkeit	= 15 m/Std.
Beim Vortrieb geschmolzenes Eis	= 18.8 dm ³ /Std. 17.0 kg/Std.
Betriebsdruck der Pumpe	= 3 ¹ / ₂ Atü
Zirkulationsmenge im Kreislauf	= 1.6 dm ³ /min. = 96 dm ³ /Std.
Vorlauftemperatur	= 80.0° C
Rücklauftemperatur	= 43.5° C
Temperaturabfall im Kreislauf	= 36.5° C
Brennstoffverbrauch	= 1 dm ³ Reinbenzin/Std. 7000 kcal/Std.
Wirkungsgrad zum Aufheizen des Wassers im Topf	= 48.5 %
Wärmemenge, die zwischen Benzinvergaser und der im Topf aufgeheizten Zirkulationswassermenge verloren geht	= 3600 kcal/Std.
Wärmemenge, die im Kreislauf abgegeben wird	= 3400 kcal/Std.
Für den Vortrieb notwendige Wärmemenge	= 1360 kcal/Std.
Wärmeverluste im Kreislauf, die teils zwischen Pumpe und Bohrloch verloren gehen, teils aus dem Bohrschlauch austreten und das im Bohrloch aufsteigende »Aushubwasser« erwärmen, das Einfrieren des Bohrschlauchs verhindern und eine Vergrösserung des Ueberprofils bewirken	= 2040 kcal/Std.

Der Transport der Ausrüstung bis zum Basislager geschieht mit Vorteil in robusten Transportkisten. Für den Feldtransport wird alles Material auf Tragräfen montiert.

Die nachstehenden Gewichtsangaben erlauben, für verschiedene Kombinationen, Traglasten zusammenzustellen.

Ofenlast (Tragräf, Ofen incl. Anschlüsse, excl. Brennstoff und Wasser-Glykolgemisch)	kg	21.3
Einzelnes Tragräf	kg	4.0
Heizspitze	kg	1.2
Führungsrohr 1.5 m (mit Blei aufgelastet)	kg	2.65
Bohrschlauch	kg/m	1.0
Werkzeugkiste (aus Anticorodal, enthaltend Werkzeuge, diverse Bestandteile und Ersatzteile)	kg	10.8
6 lt Leichtmetallkanne, leer	kg	0.55
Reinbenzin	kg/lt	0.7
Aethylen-Glykol	kg/lt	1.12
Wasser	kg/lt	1.0

3.3.1.3. Ablationsgestänge

In Ergänzung geben wir folgende Erläuterung: die Länge der einzelnen Stäbe ist auf 2 m begrenzt, weil längere Stangen von nur 34 mm Durchmesser infolge von Sturm und Schneedruck zu leicht brechen. Dank der gelenkartigen Kettenverbindungen bleibt das Gestänge beieinander, auch wenn die ausgeaperten Stücke umfallen. Die Blattfedern dienen als Widerhaken und verhindern das Aufsteigen des Gestänges im wassergefüllten Bohrloch. Dies ist notwendig, da einem Auftrieb von 0.9 kg/m ein Gewicht von nur 0.4-0.5 kg/m (gut luftgetrocknetes Holz) entgegenwirkt. Beim Bohren der Bohrlöcher entsteht immer ein gewisses Überprofil.

Mit dem Bohrer von 36 mm entstehen Löcher von ca. 40-50 mm, überdies können Hohlräume angeschnitten werden. Damit besteht bei der Montage die Möglichkeit, dass in Ausnahmefälle die benachbarten Enden zweier Stangen aneinander vorbeigleiten. Deshalb werden die Enden aufeinander zentriert, indem man sie durch ein 15 cm langes Stück eines Fahrradschlauches verbindet.

Als Sicherung gegen Verwechslungen muss jede einzelne Stange gezeichnet werden, sei es durch Brennstempel oder durch gestanzte Messingplättchen, die mit den gleichen Schrauben wie die Blattfedern gehalten werden.

3.3.1.4. Thermische Bohrungen zum Einsetzen von Ablationsgestängen

Folgende Ablationsstangen wurden in der Zeit vom 23.-25. Juli 1958 installiert.

Tableau 12.

Standort	Pegel Bezeichnung	Totale Pegellänge in m	Datum und Zeit der Ablesung			Abstich v. der Eisoberfläche	Angaben über den Bohrvorgang	
			Tag	Monat	Stunde		Mittlere Vortriebsgeschwindigkeit m/Stunde	Pumpendruck at/m
C III	B K 1	8	24.	07.	13 15	0.05	16	4
Balise 6 (1948).	B K 2	8	24.	07.	11 00	0.19 - 0.25	16	4
C IIIter.	B K 3	6	22.	07.	18 00	0.10	12	3
H 2			25.	07.	10 00	0.20		
			25.	07.	23 00	0.24		
			26.	07.	08 00	0.22		
Lac des Dolmens	B K 4	6	23.	07.	14 35	0.21	14	3½
Terme Süd	B K 5	6	23.	07.	19 00	0.17	14	3½
Kramoutsi	B K 6	6	25.	07.	11 00	0.16	18	4½
Garonne (Nähe von K 3)	B K 7	6	23.	07.	20 00	0.20	16	4

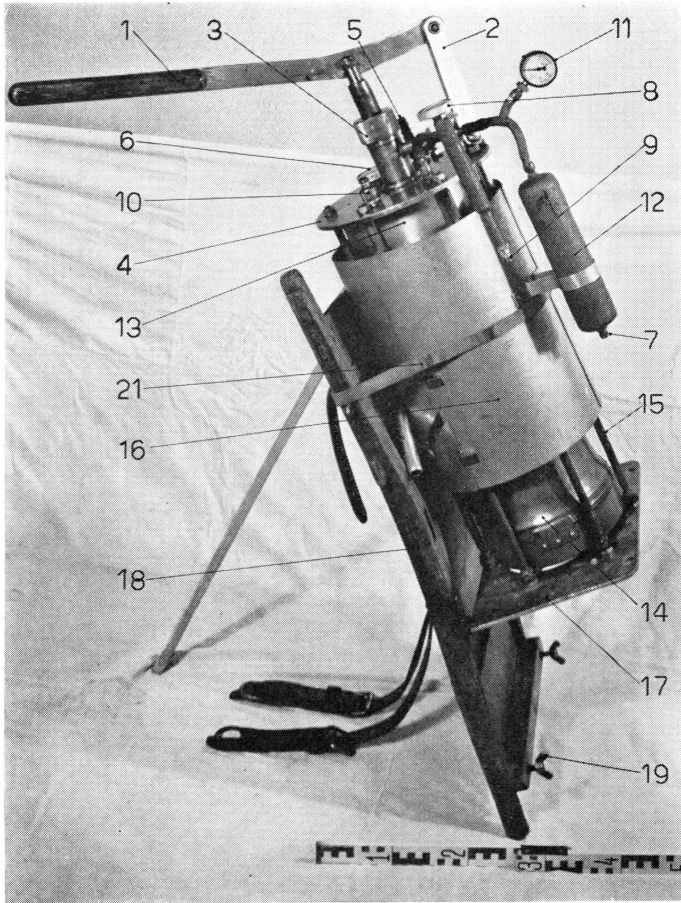


Fig. 11. Ofen als Traglast.

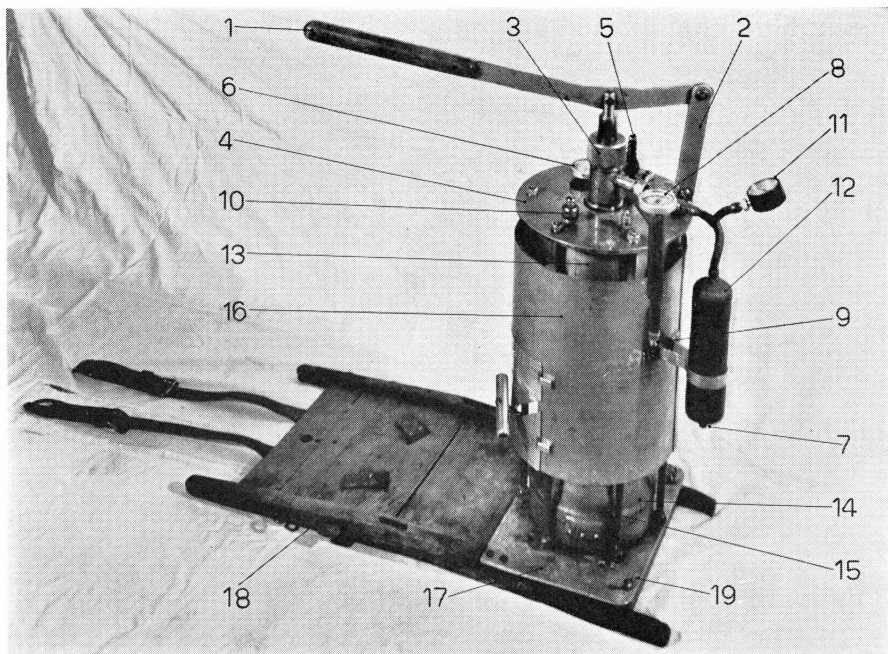


Fig. 12. Ofen in Arbeitsstellung.

Tableau 13. Stückliste zu Fig. 11-12-13

Stück	Gegenstand	Pos.	Material
1	Pumphebel mit Stahllager	1	Hebel aus Ac B m. Holzgriffen
1	Verbindungssteg	2	Ac B
1	Doppelwirkende Kolbenpumpe	3	
1	Deckel	4	Ac B
1	Einfüllstutzen	5	Me $\frac{1}{2}$ " G
1	Thermometer (Vorlauf)	6	
1	Anschluss Vorlauf	7	Überwurfmutter $\frac{1}{4}$ " G mit Fiberpackung
1	Thermometer (Rücklauf)	8	
1	Anschluss Rücklauf	9	Überwurfmutter $\frac{1}{4}$ " G mit Fiberpackung
1	Sicherheitsventil	10	
1	Manometer	11	
1	Druckausgleichgefäß	12	Me mit Isolation
1	Topf	13	Ac Ø 200, Höhe 135
1	Benzinbrenner komplett (3 lt Reservoir)	14	
1	Ofengestell	15	Eisenkonstruktion
1	Schutzmantel	16	Ac A 1.5 mm mit Asbest ausgekleidet
1	Grundplatte zum Ofen	17	Ac 6 mm
1	Tragräb, gleichzeitig Bodenplatte	18	Holz
2	Flügelmuttern	19	Me M 8
1	Steckschlüssel zum Benzinbrenner	20	Fe Mit Kunststoffgriff
1	Halteriemen	21	Leder, 1 m lang

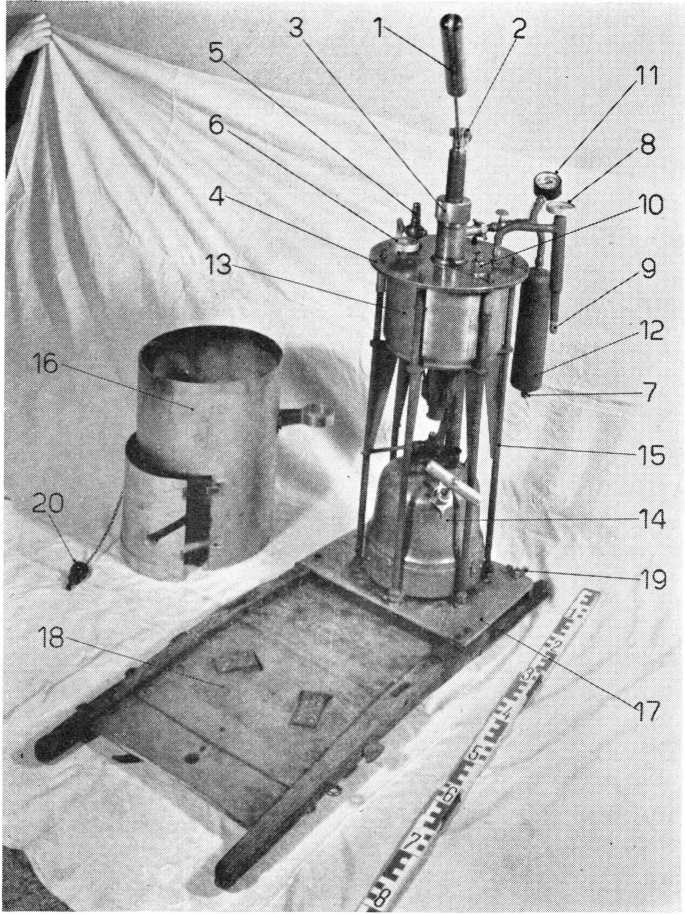


Fig. 13. Ofen mit demontiertem Schutzmantel.



Fig. 14. Begin des Bohrvorganges.



Fig. 15. Einsetzen eines Ablationsgestänge — Verbindung zweier Elemente mit Gummihülle.

3.3.2. Abflussmessungen

3.3.2.1. Kûgssua (24.-25. Juli 1958)

Die Schwimmermessungen am 25.07.58, 20 Uhr, ergaben an 2 Messstellen ca. 4 m/sec (100 m in 27'', resp. 26''); Profilbreite an beiden Stellen ca. 40 m. Die Turbulenz ist für Schwimmermessungen zu gross. Tiefenlotung vom Helikopter aus waren wegen zu starker Strömung nicht durchführbar. Wassermenge dürfte ca. 250 m³/sec betragen haben.

Salzverdünnungsverfahren würden auch bei Anwendung von Natriumbichromat einen unverhältnismässig grossen Aufwand erfordern.

In Anbetracht der Unsicherheit in der Bestimmung des Einzugsgebietes ist auch das wissenschaftliche Interesse an einer Einzelmessung gering. Weil eine genügende Anzahl von Messungen zur Bestimmung der Ganglinie der Abflussmenge über einige Tage aufwandmässig nicht realisierbar ist, muss dieser Programmpunkt fallen gelassen werden.

3.3.2.2. Seine, in der Nähe des Strudelloches

Die Schätzung am 25.07.58, 18 Uhr, ergab eine Schwimmergeschwindigkeit von ca. 2 m/sec (100 m in 64 sec). Profil ca. 4 m breit und 1,5 m tief, entsprechend einer Wassermenge von ca. 12 m³/sec.

Turbulenz gering. Für die Anwendung der Chromatmethode müsste die Turbulenz künstlich erhöht werden.

3.3.2.3. Kramoutsi, Seeabfluss

Die Schätzung am 25.07.58, 14 Uhr, ergab eine Schwimmergeschwindigkeit von 1 m/sec; Breite 4 m, Tiefe 0,5 m, entsprechend einer Wassermenge von ca. 2 m³/sec. Diese Abflussmenge als Tagesmittel würde bei einem Einzugsgebiet von 4 km² einer Tagesablation von 4,3 cm Wasser, resp. 4,8 cm Eis entsprechend.

3.3.2.4. Allgemeine Bemerkungen

Wir können nicht damit rechnen, dass es möglich ist, auf dem Inlandeis irgend ein Einzugsgebiet, ob klein oder gross, zuverlässig abzugrenzen. Die Abflussmessungen können deshalb nur Relativwerte ergeben. Die Beobachtung von Abflussganglinien kleiner Oberflächenbäche wird aber erlauben, die nur über den Zeitraum von mehreren Tagen an Stangen genau genug messbare Ablation zeitlich auf die gesamte Messdauer zu verteilen. Da damit zu rechnen ist, dass sich das Einzugsgebiet unseres Testbaches mit der Zeit, unter Umständen sogar plötzlich wesentlich verändert, sollten mindesten drei benachbarte kleinere Bäche gleichzeitig gemessen werden, damit solche Störungen in der Auswertung berücksichtigt werden können.

Als Messmethoden für die Abflussmessungen sind einzelne Bestimmungen mit dem Salzverdünnungsverfahren (mit Natriumbichromat und colorimetrischer Auswertung) und laufende Kontrollen mit Messflügel vorzusehen. Hierfür müssen auch die Profiländerungen des Baches (Erosion und Gletscherbewegung) verfolgt werden.

3.3.3. Schwebstoffgehalt des "Watson-River"

(Søndre Strømfjord)

Am 28. Juli 1958 um 22 Uhr wurden in BW 8 ca. 100 m oberhalb der Brücke rechtsufrig des »Watson-River« zwei Wasserproben à je 1 lt entnommen.

Die Prüfung im Erdbaulaboratorium der VAW/ETH ergab einen Trockenrückstand (Schwebstoffgehalt) von 1,47 resp. 1,51 gr/dm³.

3.3.4. Kryokonit bei BK 3

Am 28. Juli 1958 wurde um 11 h, kurz vor dem Rückflug, der Kryokonitstaub aus einem Loch von ca. elliptischer Form (20 × 23 cm) und 31 cm Tiefe ausgeräumt. Es dürfte nicht mehr als max. ca. 5 % Staub zurückgeblieben sein (Fig. 17).

Die Prüfung im Erdbaulaboratorium der VAW/ETH ergab folgende Daten: (Fig. 16)

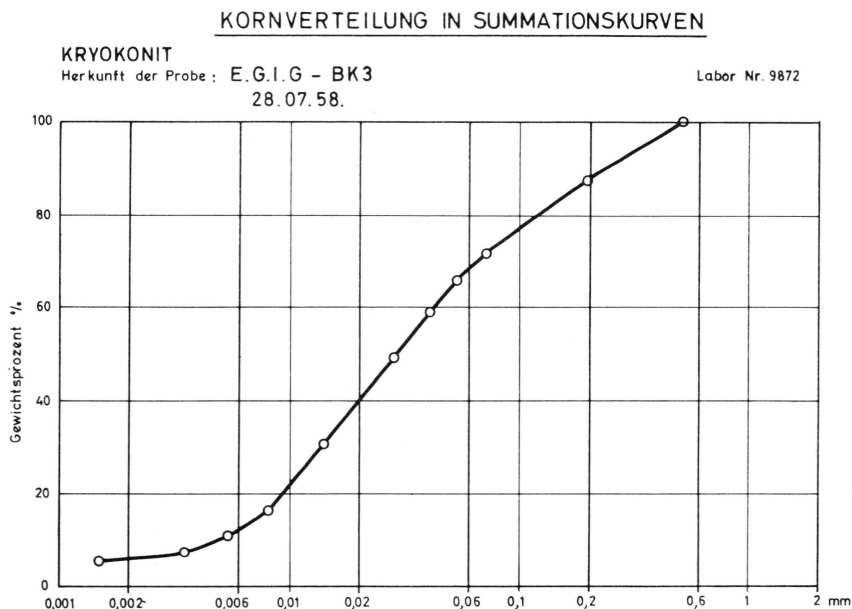


Fig. 16. Kryokonit — Kornverteilung.



Fig. 17. Kryokonitloch.

Feuchtraumgewicht.....	1.58 kg/dm ³
Spezifisches Gewicht	2.63 »
Trockenraumgewicht.....	0.90 »
Gewicht nach Austrocknen bei 110° C	45.05 gr

Kornverteilung	0.002 mm	6.0 ‰
	0.02 mm	40.0 ‰
	0.2 mm	87.6 ‰
	0.5 mm	100.0 ‰

Mittlere spezifische Bedeckung pro cm² Krykonitlochboden:

$$\frac{45 \text{ gr}}{3.6 \text{ dm}^2} = 12.5 \text{ gr/dm}^2$$



Fig. 18. Carottage à DYE 2.

3.4. Carottage

Par A. RENAUD

3.4.1. Généralités (Fig. 18)

Personnel: Prof. RENAUD, Sgt COMBUS

Profondeur atteinte: 18,4 m

Echantillons rapportés: 24 échantillons à 2 kg, soit 48 kg

Durée du séjour sur l'Indlandsis: 24 au 28 juillet 1958.

3.4.2. La sonde-carotteuse

La sonde utilisée a été construite en Suisse par la Maison Buser à Zürich, sous la direction du Dr. M. DE QUERVAIN. Elle est du même type

que la sonde américaine utilisée par le Snow Ice and Permafrost Research Establishment (SIPRE) avec quelques modifications de détail suggérées par M. DE QUERVAIN, A. ROCH et A. RENAUD.

Il importe de signaler à toutes fins utiles que *les tubes-rallonges de la sonde américaine et de la sonde suisse ne sont pas interchangeables.*

3.4.3. Essai dans la zone de fonte de l'Indlandsis

Cet essai a été effectué à 40 km à l'intérieur de l'Indlandsis à l'est de Søndre Strømfjord, soit à la latitude de 67°N et à l'altitude de 1060 m environ (« Glacier de Russel »).

Le forage a commencé dans la glace fondante sur une épaisseur qui n'a pas pu être mesurée exactement, mais qui est inférieure à 1 m. Audessous, la glace était très probablement gelée (nous n'avons pas fait de mesures de températures; mais l'eau de fonte superficielle ne trouvait aucun écoulement vers le bas et la présence de « Stengeleis » attestait la formation récente de glace surimposée. A 150 cm de profondeur, le forage a été brusquement rendu impossible et la sonde, probablement prise par le regel dans la couche de glace froide sous-jacente, n'a pu être retirée qu'au prix des plus grandes difficultés. Il a fallu, en effet, 3 h d'effort pour y parvenir à l'aide d'outils de fortune. Un essai de traction verticale à l'aide de l'hélicoptère *Alouette II*, d'une force de 600 kg, s'est révélé totalement inopérant.

Cet essai illustre sans autres commentaires les difficultés d'emploi de cette sonde dans ce type de glace ainsi que le risque énorme de la perdre au cours d'une telle opération.

3.4.4. Essai dans la zone d'accumulation

Cet essai a eu lieu dans les parages du point « J » du plan opérationnel de l'E.G.I.G., soit à l'est de Søndre Strømfjord, à 160 km à l'intérieur de l'Indlandsis et à l'altitude de 2100 m.

Nous n'avons pas rencontré là de difficulté majeure, il n'en reste pas moins que l'opération n'a pas été aussi facile que nous l'espérions. Cela tient à deux facteurs:

- la nature du névé rencontré, assez hétérogène au voisinage de la surface, névé de région relativement « chaude » ;
- le poids croissant de la sonde et des tubes avec l'avancement en profondeur.

Dans le temps dont nous disposions, au lieu d'effectuer 3 forages à 20 m, nous avons dû nous contenter d'un seul et il a fallu y consacrer 18 h dont 9 h à 2 hommes et 9 h à 3 hommes. De plus, nous ne serions

pas parvenus à la profondeur atteinte de 18,4 m sans l'aide matérielle (palan, etc) du groupe USA stationné dans ces parages.

En raison de la température relativement élevée de l'air (qui a atteint $+22^{\circ}$) et de l'échauffement de la sonde à l'extérieur du forage par l'effet du rayonnement, nous avons opéré durant les heures les plus froides. L'introduction de la sonde « chaude » dans le trou froid entraîne les plus grands dangers de regel, surtout si le tube-carottier n'est pas parfaitement sec. Il s'est révélé nécessaire de sécher les parties métalliques avec des chiffons. Il faudrait en outre avoir un « écouvillon » pour sécher l'intérieur du tube carottier. La meilleure précaution qui se soit révélée utile dans ces conditions de température critique a été de laisser la sonde se refroidir complètement avant de poursuivre le forage lors d'un changement de tube en la laissant suspendue un peu au-dessus du fond à l'aide du palan.

Il s'est aussi révélé essentiel de ne pas forer plus de 40 cm (max 45 cm) avant de remonter le tube. Sinon, les coupures de névé, après avoir rempli le tube, restent sur les côtés et risquent de bloquer la sonde lors de la remontée.

A cet effet, nous avons suivi le conseil du Dr. BADER, de compter les tours de manivelle. Mais, ce critère n'est pas suffisant, car l'avancement n'est pas simplement fonction de ce facteur, mais encore de la dureté de la couche perforée. Il est donc plus sûr de mesurer cet avancement sur les tubes-rallonges. Des traits gravés tous les décimètres sur les tubes faciliteraient le travail.

A partir de 10 m, le poids des tubes-rallonges exige un palan pour remonter la sonde. Au-delà de 15 m, la torsion des tubes devient gênante et la rotation ne se fait plus sans à coups. Le palan n'est pas seulement indispensable pour remonter la sonde, mais il est aussi nécessaire pour la soutenir durant le forage. En effet, la pression croissante des tubes sur les couteaux du tube-carottier gêne leur action. Le palan doit donc être muni d'un crochet tournant dit « émérillon ».

Une difficulté non négligeable et qui entraîne des pertes de temps considérables réside dans l'action du froid sur la manipulation des raccords de tubes et des clavettes (pinules), fait déjà signalé par C. LORIUS dans l'Antarctique. Il est vain de vouloir réaliser la séparation de ces éléments par des efforts mécaniques qui détériorent le matériel. Les chaînettes cassées en 1958 n'avaient aucun défaut de construction. Elles ont été abimées par des coups, chocs, etc., donnés cependant avec des outils en bois. Finalement, nous avons pris le parti de réchauffer ces pièces à la main nue... Il serait facile d'utiliser une lampe à souder à flamme modérée.

Enfin, pour saisir les tubes avec le palan, il faudrait avoir une « griffe » de serrage *ad hoc*.

3.4.5. Enseignements généraux et conclusions

Le personnel nécessaire à la manoeuvre de la sonde dans le névé froid peut être fixé ainsi:

- 1 homme jusqu'à 5 m
- 2 hommes de 5 à 10 m (sans palan)
- 3 hommes au-delà de 10 m avec un palan.

Il est possible que la zone centrale du Groenland offre de meilleures conditions opératoires. Mais les difficultés de sondage dépendent d'abord de la nature du matériel que la consistance du névé. Aussi ne faut-il pas nourrir un optimisme exagéré quant au nombre des forages qui pourront être réalisés en 1959, ni, surtout, quant aux profondeurs qui pourront être atteintes. Je rappelle ici que, pour le datage du névé par la méthode du Tritium, il avait été prévu des forages à 30 m. Il est actuellement impossible d'affirmer que nous pourrions y parvenir avec cette sonde.

Dans la zone bordière, il sera probablement préférable de renoncer à cette sonde et d'utiliser pour les prélèvements des scies à glace.

Le risque de perdre une sonde dans un forage ne peut pas être écarté et je ne vois aucun moyen de récupérer une sonde qui serait prise à une grande profondeur, à moins d'y consacrer beaucoup de temps. Il est donc préférable et moins onéreux de se munir de matériel de réserve, afin que le résultat de la campagne ne soit pas compromis par un tel accident.

4. DÉTERMINATION DES VITESSES DES GLACIERS PAR COUVERTURES RÉPÉTÉES DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

4.1. Introduction

L'un des objectifs des recherches glaciologiques de l'E.G.I.G. était l'établissement du bilan de masse de la partie centrale de l'Indlandsis du Groenland. Les études antérieures (BAUER, 1954) ont établi la part importante du bilan de masse constituée par la perte de masse sous forme d'icebergs des glaciers émissaires de l'Indlandsis. En particulier, les vingt glaciers vëlant dans Disko Bugt et Umanak Fjord sont parmi les plus actifs du globe; leur écoulement conditionne l'équilibre et la dynamique de l'ensemble de l'Indlandsis. Il est donc nécessaire de déterminer, avec la précision requise, le débit solide de ces vingt glaciers.

Pour calculer le débit solide de chaque glacier, il faut connaître à son front l'épaisseur moyenne et la vitesse moyenne. Comme ces valeurs sont variables dans le temps, il suffit d'en déterminer un ordre de grandeur avec une précision de l'ordre de 10 %.

Rappelons que le bilan de masse pour l'ensemble du Groenland était estimé (BAUER, 1954) à — 84 km³ par an, valeur en eau, bilan nettement négatif. Les composantes de ce bilan étaient les suivantes :

accumulation . .	+ 446 km ³ /an	valeur en eau
ablation	— 315	—
débit solide . . .	— 215	—
bilan	— 84	—

Dans le débit solide des glaciers émissaires de l'Indlandsis, estimé à 240 km³ de glace (215 km³, valeur en eau), la décharge des glaciers de la côte ouest du Groenland y entrainait pour 90 km³ de glace. Cette glace provient en grande partie des vingt glaciers étudiés par E.G.I.G.

Cette étude constituait donc une partie fondamentale des travaux de l'E.G.I.G. Tout d'abord, il fallait déterminer *la vitesse des glaciers à leur front*.

La mensuration de l'Eqip sermia (BAUER, 1955) nous avait donné d'excellents résultats. Il était, par contre, impossible de songer à effectuer

des mesures géodésiques pour déterminer la vitesse des vingt glaciers de Disko Bugt et d'Umanak Fjord (Carte 1), tant du point de vue logistique qu'opérationnel. Aussi, dès 1956, avons-nous songé à effectuer ces mesures à l'aide de couvertures photogrammétriques aériennes répétées sans préparation au sol, seule méthode valable dans des régions comme le Groenland ou l'Antarctique.

Ce projet a été réalisé au cours de la reconnaissance aérienne de 1957 et la méthode confirmée au cours de celle de 1958. Malgré nos efforts, nous ne pûmes obtenir une chambre métrique pour la prise de vues. Nous avons dû nous contenter de chambres américaines disponibles à l'Armée de l'Air. C'était toujours mieux que rien et, de plus, même si la précision des documents était critiquable pour des photogrammètres, cela ne nous semblait pas déterminant, car il s'agissait avant tout d'apporter la preuve de la valeur de notre méthode par des essais. Ces essais devaient servir de base aux travaux à entreprendre au cours de l'expédition proprement dite de l'E.G.I.G. en 1959-60. C'est dans cette optique qu'il faut considérer ces travaux, les premiers en date, pour déterminer la vitesse des glaciers par couvertures répétées de photographies aériennes sans préparation au sol.

Les essais se sont révélés fructueux et valables, la grande vitesse des glaciers du Groenland facilitant l'application de notre méthode. Comme les photographies, excellentes par ailleurs, n'étaient pas exemptes de critiques par suite de l'utilisation de chambres non métriques, il fut décidé comme prévu que des couvertures aériennes répétées du front des vingt glaciers fussent exécutées, avec des chambres métriques naturellement, au cours de l'expédition principale de 1959 dans le cadre des travaux de l'Institut de Géodésie du Danemark comme contribution du Danemark à l'E.G.I.G.

Malheureusement, par suite de conditions atmosphériques très défavorables, le programme ne put être réalisé dans son ensemble et, en particulier, il ne put être réalisé qu'une seule couverture aérienne du front des glaciers, rendant ainsi impossible la détermination des vitesses des vingt glaciers.

Vu cette situation et malgré la qualité des couvertures aériennes de 1957 et 1958, le Comité de Direction de l'E.G.I.G. décida d'exploiter à fond ces photographies. Les vitesses ainsi obtenues serviraient à la détermination du bilan de masse et à la préparation des futurs travaux de l'E.G.I.G.

Nous tenons à remercier tout particulièrement les EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES qui nous ont permis de réaliser les couvertures aériennes de 1957 et 1958. La qualité de la prise de vues, ainsi que la navigation difficile réalisée dans des conditions précaires pour suivre deux fois même route, sont dues avant tout au personnel hors de pair,

officiers et équipages, des *Nord 2501* de l'Armée de l'Air Française, en particulier au Capitaine DELABRUYÈRE pour les couvertures de 1957 et au Commandant MULLER pour celles de 1958. Il nous faut citer à nouveau les EXPÉDITIONS POLAIRES FRANÇAISES qui ont pris à leur charge le financement de l'exploitation des photographies aériennes et la publication du présent ouvrage.

L'exploitation proprement dite a été effectuée à l'INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL et nous tenons à remercier pour leur concours et la compréhension de nos problèmes les Directeurs successifs : MM. RUMEAUX et LACLAVÈRE, M. JANICOT Directeur-adjoint, ainsi que les Ingénieurs-Géographes MM. BAUSSART, BONNEVAL et CARBONNELL. Mon collègue, M. TSCHAEN, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, n'a cessé de m'aider dans la réalisation du présent rapport et je le remercie tout particulièrement pour son précieux concours.

4.2. Travaux réalisés

Pour les couvertures réalisées au cours de la reconnaissance aérienne de 1957, je me permets de renvoyer à 2.1. pour le rapport opérationnel, à 2.1.6. jusqu'à 2.1.11. pour le détail des vols, et à 2.1.12. pour le catalogue des photographies.

La chambre était installée à l'arrière du *Nord 2501*, non pressurisé, coquille ouverte (Fig. 19). La protection de l'opérateur était assurée par des cordes (Fig. 20). Il ne faut pas oublier que la prise de vues était effectuée à 5000 m d'altitude et que la température était de -20°C . Il fallait contrôler le fonctionnement de la chambre à l'arrière et courir fréquemment au poste de pilotage pour aider le chef de bord à fixer la route à suivre.

Comme les dimensions du front du Jakobshavns Isbræ rendaient une double couverture de la même bande difficile, deux couvertures successives furent effectuées en 1958 avec une chambre ayant une focale plus petite (3.2.4.). Le rapport général est donné par 3.1. et le catalogue des photographies en 3.2.8. du présent ouvrage.

En 1958, le *Nord 2501* volait coquille fermée, car il était muni d'une trappe centrale dans la carlingue au-dessus de laquelle était montée la chambre de prise de vues. Le travail était donc relativement confortable, le photographe était en même temps le navigateur assis entre les deux pilotes à l'avant et commandant le déclenchement et l'arrêt des prises de vues à l'interphone. J'ai pu ainsi réaliser toutes les prises de vues sans aucun incident.

Comme la durée des reconnaissances étaient courtes et le travail pendant les missions très fatigant, le développement de tous les films n'était effectué qu'au retour des missions en France.



Fig. 19. Chambre de prise de vues verticales installée à l'arrière d'un *Nord 2501*, coquille ouverte.

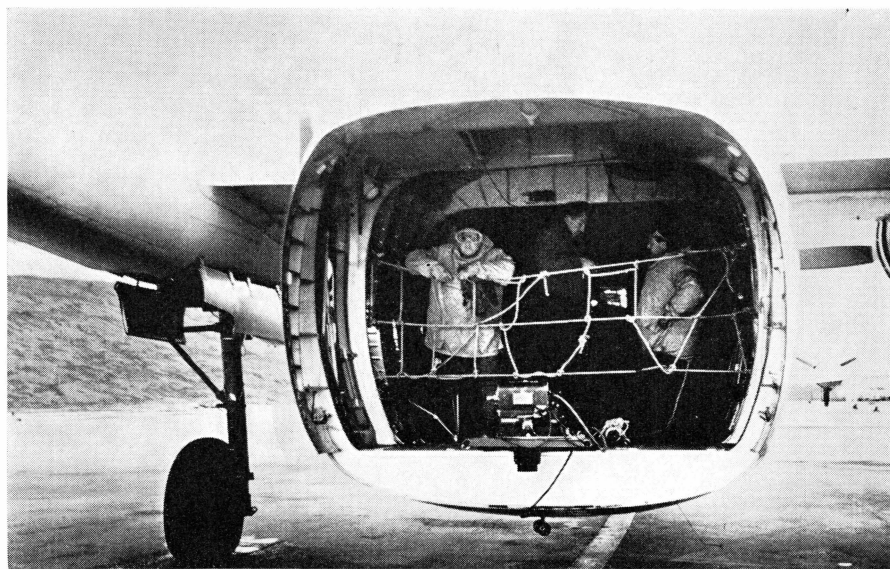


Fig. 20. Vue générale de l'arrière du *Nord 2501*, coquille ouverte, avec l'équipement photographique.

Signalons que nous avons préparé minutieusement les vols sur les mosaïques au 1/100.000 mises aimablement à notre disposition par le Colonel J. V. HELK, de l'Institut de Géodésie de Danemark. Les routes à suivre étaient matérialisées sur les mosaïques par des accidents de

terrain en alignement avec le front des glaciers. De cette manière, il était possible de suivre la même route pour la deuxième couverture. La navigation à vue était assurée par le chef de bord, ce qui n'est pas aisé vu l'altitude et la dérive.

Pour la répétition des couvertures, la même route était suivie avec le même cap magnétique, tenant compte de la dérive du moment. De même, le vol était effectué à la même altitude, en tenant compte de la pression atmosphérique du jour.

Tous les vols photographiques ont été effectués le soir pour bénéficier des contrastes résultant d'un éclairage rasant. Les caractéristiques des objectifs utilisés ont été contrôlées à l'Institut Géographique National.

En résumé, tous les vingt glaciers ont été couverts deux ou trois fois en 1957, le Jakobshavns Isbræ deux autres fois en 1958, avec des intervalles de temps allant de quatre à dix jours.

Rappelons que le premier essai d'exploitation a été réalisé à l'Institut Géographique National par M. BAUSSART (BAUSSART, 1958). Les autres travaux ont fait l'objet d'un rapport préliminaire (BAUER, 1961a ; BAUSSART, 1961 ; CARBONNELL, 1961). Nous nous permettons d'utiliser en partie ces contributions.

4.3. Méthodes d'exploitation des photographies aériennes

4.3.1. Détermination des vitesses des glaciers

Quels peuvent être les avantages d'un recours à la photogrammétrie aérienne, alors même que l'exploitation des clichés sera indubitablement plus délicate ? Ou plutôt, dans quels cas ce recours sera-t-il à recommander ? Premier cas favorable : il s'agit d'étudier une grande surface glaciaire et non plus le comportement local du glacier ; la prise de vues aériennes peut en effet s'étendre, avec une égale précision, à de grandes superficies. Deuxième cas : l'accès au sol est difficile. Ce n'est d'ailleurs pas simple coïncidence que la photogrammétrie glaciologique ait progressé avec l'intérêt porté récemment aux glaciers de l'Antarctique et de l'Arctique. Encore, faut-il que l'exploitation des clichés puisse intervenir sans travaux au sol.

Deux ou plusieurs prises de vues aériennes d'une même zone glaciaire doivent donc être effectuées, séparées par un intervalle de temps convenable, ce qui exige au préalable de faire choix de l'échelle et de l'intervalle de temps. En ce qui concerne l'échelle, deux facteurs interviennent de façon contradictoire : la précision de l'observation stéréoscopique est proportionnelle à l'altitude de vol de l'avion, de même que la valeur de l'interprétation des détails est liée à l'échelle ; mais, pour pouvoir déterminer avec homogénéité le mouvement du glacier, il est souhaitable

de réduire, si possible à l'unité, le nombre de couples permettant d'observer le glacier sur toute sa largeur : augmenter le nombre de couples, c'est en effet réduire la rigidité de l'accrochage aux points fixes des rives, c'est risquer des cassures systématiques dans les déplacements ou c'est obliger à une compensation aux principes un peu arbitraires. Peut-être la solution de ce dilemme résiderait-elle dans le recours à une double prise de vues, la première à petite échelle avec objectif grand angulaire à courte focale, la seconde à grande échelle, par exemple au 1/5.000, avec objectif normal à focale longue.

Quel intervalle de temps adopter, d'autre part, entre les deux prises de vues successives ? Là encore, un moyen terme doit être envisagé entre l'intérêt d'un déplacement de chaque point du glacier, d'autant plus facile et précis à mesurer qu'il est important et la difficulté de retrouver des détails homologues sur des clichés espacés dans le temps. Pour des glaciers à mouvement rapide comme ceux du Groenland, dont certains progressent d'une dizaine de mètres par jour, une période de cinq jours suffira.

Ne quittons pas le domaine de la prise de vues aériennes sans rappeler la nécessité d'utiliser des chambres métriques équipées d'objectifs à haut pouvoir séparateur et à très faible distorsion. La navigation aussi a une grande importance, puisqu'il faut, à plusieurs jours d'intervalle, effectuer les deux prises de vues dans les conditions les plus semblables de position, d'orientation et d'altitude. Enfin, les indications des appareils aéroportés, radioaltimètre notamment, seront d'autant plus utiles que les travaux au sol seront sommaires.

La largeur des langues glaciaires étudiées, la rapidité de leur écoulement, les difficultés d'accès de leur surface et de leurs rives imposaient l'emploi de la photogrammétrie aérienne pour la mesure de leurs vitesses superficielles. L'Armée de l'Air Française a, au cours des campagnes de 1957 et 1958, réalisé des missions photographiques sur vingt glaciers de Disko Bugt et d'Umanak Fjord sur la côte Ouest du Groenland. Ce sont ces missions qui ont été utilisées par le Service de la Photogrammétrie de l'I.G.N., chargé de la détermination des vitesses :

— photographies des 12 et 17 Juillet 1957 pour l'ensemble des glaciers, à l'exception de Jakobshavns Isbræ. Echelle: 1/16.500. Longueur du front des glaciers: 2 à 6 km. Nombre de couples: 2 à 5. Vitesses superficielles: 1 à 20 mètres par jour;

— photographies des 15 et 19 Juillet 1958 pour le Jakobshavns Isbræ. Echelle: 1/30.000. Longueur du Front: 8 km (+6 km pour le lobe Sud, également étudié). Nombre de couples: 5. Vitesses superficielles: 1 à 16 mètres par jour.

Les photographies de format 23 × 23 cm, ont été prises sur film, avec un objectif Aérostigmat F = 305 mm, monté sur une chambre Fairchild

AF 42, pour les clichés au 1/16.500; et avec un objectif Metrogon F = 154 mm, monté sur une chambre K 17, pour les clichés au 1/30.000. La qualité des images photographiques est excellente, mais les chambres utilisées ne sont pas métriques et ce fait, ainsi que l'emploi du film de 23 cm, a entraîné d'importants inconvénients:

— nécessité d'établir des contre-types positifs réduits dans les rapports 210/305 et 125/154 pour la mise en place dans des chambres de restitution S.O.M. — Poivilliers de distances principales 210 mm et 125 mm, dont les objectifs sont différents de l'objectif de prise de vues. L'appairage des chambres de restitution à la chambre de prise de vues n'est donc nullement assuré;

— difficultés dans la formation des images plastiques, dues à ce défaut d'appairage et aux déformations des films; les images ont souvent conservé des parallaxes résiduelles importantes;

— imprécision dans les transmissions d'échelle et d'orientation entre couples successifs d'une même bande.

Les forts recouvrements entre photographies, (80 à 90 %) ont nécessité une sélection préalable des clichés: un cliché sur trois ou quatre. Les lignes de vol des deux prises de vues successives d'un même glacier diffèrent souvent trop l'une de l'autre. Enfin, des éléments externes, on connaît seulement une altitude de vol approximativement de 5000 mètres, supposée constante, et l'on peut calculer l'échelle, grossièrement, à l'aide de cartes danoises et américaines au 1/250.000.

La méthode d'exploitation consiste à déterminer, par aérocheminement entre points fixes situés sur les rives, les positions successives d'un même point du glacier, lors des prises de vues. Elle comprend les étapes suivantes:

— choix, sur des tirages photographiques, des détails du glacier identifiables sans erreur sur les missions consécutives (il est préférable que ce choix soit effectué par un glaciologue connaissant les points sensibles ou intéressants de déformation ainsi que les risques d'erreur d'identification);

— piquage sur les mêmes épreuves des points du canevas de l'aérocheminement;

— passage successif à l'appareil des deux missions, l'appareil d'observation pouvant être un stéréorestituteur de premier ordre ou un stéréocomparateur; enregistrement des coordonnées — appareil des points choisis;

— calcul séparé des deux aérocheminements, les seules contraintes étant les coordonnées des points fixes sur les rives dans le même système de référence, par ailleurs arbitraire;

— comparaison des coordonnées d'un même point et calcul des vitesses superficielles ne multipliant par l'échelle et en divisant par l'intervalle de temps compris entre les prises de vues successives.

Il peut paraître à priori assez paradoxal de vouloir utiliser une méthode aussi délicate que l'aérocheminement, alors que l'indétermination des éléments de départ ne permet pas d'espérer une grande précision absolue. Indétermination inévitable, puisque nous avons admis que, pour présenter de l'intérêt, toute méthode de photogrammétrie aérienne devait ne pas exiger de travaux au sol, toujours onéreux, souvent impossibles. Examinons donc l'influence de cette indétermination sur les résultats: elle porte à la fois sur l'échelle de prise de vues et sur l'inclinaison des axes de la chambre. Quant à l'échelle, elle ne peut se calculer que de façon approchée, soit d'après un fond de carte existante, soit, le plus souvent, à partir des indications d'un altimètre situé à bord de l'avion. Mais cette évaluation est suffisante: en effet, l'échelle n'intervient que pour passer des différences de coordonnées aux déplacements réels du glacier; une erreur de $1/100$ sur cette échelle entraînera donc une erreur relative de $1/100$ sur les déplacements. Or, ceux-ci sont affectés directement par les erreurs propres à la méthode de mesure et d'autant plus graves sur le plan relatif que les quantités mesurées sont faibles. Ainsi, la progression d'un glacier rapide du Groenland sur un cliché au $1/5000$ est de l'ordre d'un cm pour un intervalle de cinq jours; vouloir la précision du $1/100$ revient à exiger la précision du $1/10$ de mm sur les clichés.

Une erreur du $1/100$ sur l'altitude de vol n'a rien d'inquiétant. D'ailleurs aucun glaciologue n'envisagerait de demander une erreur relative sur les résultats inférieure à 5 %.

En ce qui concerne l'inclinaison de l'axe de la chambre lors de la prise de vues, elle se corrige par le basculement du modèle. Dans le sens longitudinal, on peut en général se servir de la surface de la mer. Dans le sens transversal, s'il n'existe, cas fréquent, aucune donnée sur le profil du glacier, il est préférable de caler les chambres en considérant leur axe comme rigoureusement vertical. En effet, les erreurs d'inclinaison sont de peu d'importance, puisque l'on ne procède qu'à des mesures planimétriques sur les clichés, l'altimétrie n'intervenant que dans la transmission d'échelle lors de l'aérocheminement.

Comme l'intervalle de temps entre les deux prises de vues est relativement court, il n'est pas à craindre une ablation telle qu'elle influence l'identification des points repères sur la glace ou un éboulement de séracs. Il est toujours possible de trouver des points caractéristiques qui se retrouvent sur les deux couvertures, encore faut-il consacrer un soin tout particulier au piquage de ces points.

Malgré cet ensemble de conditions défavorables, un essai de détermination de vitesses superficielles fut effectué en 1958, sur l'un des glaciers, l'Umiámáko Isbræ (BAUSSART, 1958). Cet essai, jugé assez satisfaisant, donna une vitesse diurne moyenne d'environ 5 mètres, avec une erreur estimée à $\pm 0,50$ m. On avait ensuite pensé que, étant données les indéterminations initiales sur la chambre de prise de vues et sur les éléments externes, il devait être suffisant de déterminer les déplacements des points de la surface du glacier par double « stéréotemplet » accroché aux mêmes points d'appui. Un essai sur l'Íngia Isbræ a donné des résultats dont on peut seulement dire qu'ils ne sont pas en désaccord avec ceux obtenus par le calcul et qui donnent un ordre de grandeur du déplacement.

C'est toutefois par une aérotriangulation calculée qu'ont été déterminées, en 1960, les vitesses de l'Eqip sermia. Et, au début de l'année 1961, l'E.G.I.G. ayant décidé d'achever ce travail pour l'ensemble des glaciers photographiés, les 18 autres glaciers ont été étudiés selon cette méthode. Il a paru nécessaire, en effet, malgré les conditions défavorables mentionnées plus haut, d'utiliser une méthode rigoureuse assurant, à défaut d'une précision absolue, une précision relative locale entre les déplacements mesurés. L'aérotriangulation, exécutée sur un appareil S.O.M. Poivilliers type B.P., a utilisé un nombre restreint de clichés, dont le choix a été fait en fonction de la qualité des différentes missions, de la positions des lignes de vol par rapport au front des glaciers et surtout de la superposition plus ou moins bonne des deux bandes photographiques successives. On a dû renoncer à étudier l'Alángordliup sermia, en raison de défauts de navigation.

Le nombre des déplacements mesurés varie selon les glaciers, de 15 à 37, 55 pour le Jakobshavns Isbræ, 72 pour l'Eqip sermia. Ces déplacements ont été traduits graphiquement, à l'échelle du 1/1000, sur des supports transparents superposables à des mosaïques photographiques des parties frontales des langues glaciaires, mosaïques établies à l'échelle du 1/16500, sauf pour l'Eqip sermia (1/8000) et le Jakobshavns Isbræ (1/30000). Les déplacements sont représentés par des vecteurs dont l'origine coïncide, sur la mosaïque, avec le détail choisi. On trouvera plus loin une reproduction réduite de ces mosaïques et des déplacements.

La précision des résultats est très difficilement chiffrable, en raison des défauts importants et indéterminables de la prise de vues et des difficultés que ces défauts ont entraîné dans l'exécution de l'aérotriangulation.

On peut avoir une idée de la précision par les écarts résiduels de l'ajustement du deuxième aérocheminement sur le premier, lorsque cet ajustement a pu se faire sur au moins quatre points (deux points sur chaque rive), l'ajustement sur trois pouvant toujours être assuré par le calcul.

Ces écarts, ainsi que l'ensemble des résultats obtenus, apparaissent sur le tableau suivant:

Tableau 14. *E.G.I.G. — Mesure des vitesses superficielles des glaciers*

Glaciers	Nombre de couples	Ecarts de fermeture (1) m	Nombre de déplacements déterminés	Plus petit et plus grand déplacement m	
Nordenskiöld Gletscher ..	5	0,2	16	5 38	
Sarqardliup sermia	4	3,0	20	0 23	
Alángordliup sermia	n'a pas été étudié en raison de l'irrégularité des missions photographiques				
Jakobshavns Isbræ	5	0,2	55	2 64	
Sermeq avangnardleq ...	3	2,0	22	1 17	
Eqip sermia	4	6,0	72	3 41	
Kangilerngata sermia ...	3	2,0	23	3 47	
Sermeq kujatdleq	5	(2)	21	20 84	
Sermeq avangnardleq ... (Torssukátak)	5	5,5	29	4 69	
Store Quarajaq Gletscher.	4	(2)	25	5 97	
Lille Qarajaq Gletscher ..	2	(2)	21	déplacements trop faibles (quelques mètres) en égard à la précision	
Sermilik Isbræ	2	(2)	17	15 49	
Kangigdleq	2	6,5	20	3 44	
Sigssortartog	3	7,1	19	4 53	
Ingnerit	2	4,0	20	0 15	
Kangerdluarssûp sermia..	3	(2)	15	2 15	
Kangerdlugssûp sermerssua	5	4,0	37	3 40	
Rinks Isbræ	5	9,0	31	2 89	
Umiámáko Isbræ	3	3,0	15	6 32	
Íngia Isbræ	3	9,5	27	6 25	

(1) Fermeture du deuxième aérocheminement sur le premier. Ecart résiduel sur le quatrième point fixe après ajustement sur les trois premiers.

(2) Seulement trois points d'appui fixes.

On peut dire que, compte tenu de ces écarts, des déformations résiduelles des images plastiques et de la précision propre aux opérations d'aérottriangulation lorsque celle-ci est exécutée dans des conditions optima, l'erreur commise dans la mesure des déplacements est de l'ordre de 5 à 10 mètres, le déplacement variant, selon les glaciers et, pour chaque glacier, selon la position du point étudié, de quelques mètres à une centaine de mètres (en 4 ou 5 jours). Il est bien évident que les valeurs trouvées pour des déplacements de quelques mètres sont sans signification.

Les résultats permettent de tracer un ou plusieurs profils transversaux près du front des glaciers. Ces courbes donnent le déplacement moyen, d'où l'on déduit la vitesse moyenne par 24 h pour le front du glacier considéré.

4.3.2. Détermination de l'épaisseur des glaciers

Comme les glaciers considérés sont très actifs, leur vitesse grande et, ainsi, leur surface très crevassée, il est impossible d'envisager une méthode directe de mesure de l'épaisseur près du front, épaisseur qui, multipliée par la vitesse moyenne, donne le débit solide.

Il existe deux méthodes indirectes pour déterminer l'épaisseur moyenne près du front: par bathymétrie des fjords devant le glacier et par photointerprétation des icebergs venant de se détacher du front.

4.3.2.1. Bathymétrie des fjords près du front des glaciers

Les glaciers étudiés sont, dans leur ensemble, des glaciers très actifs et productifs. Il est pratiquement impossible, sans les plus grands dangers, d'effectuer des sondages de la profondeur de la mer près du front. Pour la plupart des glaciers, il est même impossible de s'approcher du front avec une embarcation quelconque, comme le fjord est constamment encombré de glaces de vèlage.

Ce qui est possible, c'est d'extrapoler des coupes transversales du fjord jusqu'au front du glacier et d'en déduire l'épaisseur moyenne en tenant compte de la masse de glace au-dessus du niveau de la mer. La première donnée est obtenue par bathymétrie des fjords devant le glacier, la seconde par mesure sur les photographies aériennes. La bathymétrie des fjord devant les glaciers est connue pour les glaciers suivants : Sermeq kujatdleq, Sermeq avangnardleq (Torssukátak), Store Qarajaq Gletscher, Lille Qarajaq Gletscher (DRYGALSKI, 1897), Equip sermia (BAUER, 1955), Kangerdlugssûp sermerssua (NUSSE, EGIG), Rinks Isbræ et Umiámáko Isbræ (SORGE, 1933).

4.3.2.2. Photointerprétation des icebergs après vèlage du front des glaciers

Le vèlage se fait quelquefois sous une forme particulière. Une tranche verticale se détache du front du glacier, bascule la base en avant pour finalement se coucher sur la mer où, en peu de temps, elle se brise en une multitude d'icebergs (Fig. 24). Quelque fois, l'iceberg dure assez longtemps pour permettre ainsi sa mesure, donnant un ordre de grandeur de l'épaisseur du glacier à l'endroit où il s'est détaché. Une interprétation soignée permet d'identifier sa surface supérieure et inférieure pour la

mesure de l'épaisseur. Un exemple est donné par un iceberg de ce type devant le front du Jakobshavns Isbræ (Fig. 25, 27, 38). Cette méthode a pu être employée pour d'autres glaciers.

Pour les autres glaciers, la configuration générale de la vallée glaciaire permet, avec une incertitude plus grande, d'estimer l'épaisseur moyenne. Des mesures ultérieures permettront de préciser ces données.

4.3.3. Détermination du débit solide des glaciers

Le débit solide des glaciers est obtenu par multiplication de l'épaisseur moyenne par la vitesse moyenne. On exprime en général ce débit en km^3 de glace ou d'eau par an.

4.4. Résultats

4.4.1. Nordenskiöld Gletscher (Planche II)

Le Nordenskiöld Gletscher, le premier étudié et le plus au sud de Disko Bugt, est constitué par la langue proprement dite d'un glacier de vallée de 26 km de long, depuis le bord de l'Indlandsis à 500 m d'altitude jusqu'à son front au niveau de la mer. Sa pente

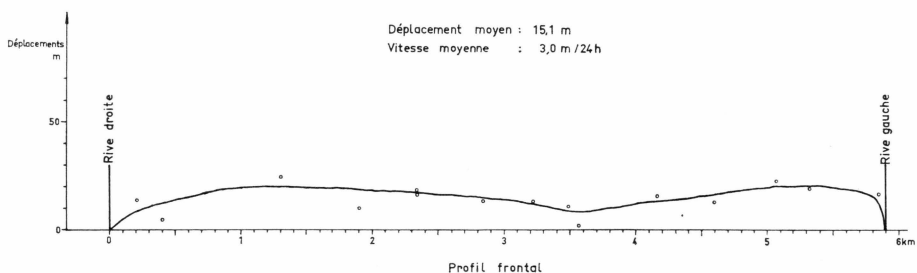


Fig. 21. Nordenskiöld Gletscher. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

moyenne est de 14 m/km. Un grand lac latéral rive gauche borde sur 10 km la langue à 50 m d'altitude; une partie importante de glace y vèle sans influencer beaucoup la topographie générale du glacier. Ce fait parle en faveur d'une épaisseur et d'une vitesse relativement importante, confirmé par l'égale distribution des crevasses sur toute la langue. Le front a la particularité d'être bordé d'une moraine frontale et de ne déboucher sur la mer que sur un tiers de son front de 5,9 km. Les crevasses de la partie ouverte sur la mer ne sont pratiquement pas différentes de celles des zones en contact avec la moraine frontale au niveau de la mer. Cela confirme une égale épaisseur pour l'ensemble du front et une vitesse relativement importante, alors que l'impression première serait celle d'un

glacier peu actif. La fonte au niveau de la mer doit être du même ordre que le vêlage de la falaise de la mer.

Il n'est donc pas étonnant que la vitesse moyenne trouvée soit de 3,0 m/24 h (Fig. 21). La formation de la moraine frontale confirme l'activité de ce glacier, ainsi que sa stabilité actuelle. L'épaisseur moyenne est estimée à 150 m. Comparativement, il s'agit là d'un cas limite de glacier émissaire de l'Indlandsis. Le débit de glace est de 0,97 km³/an.

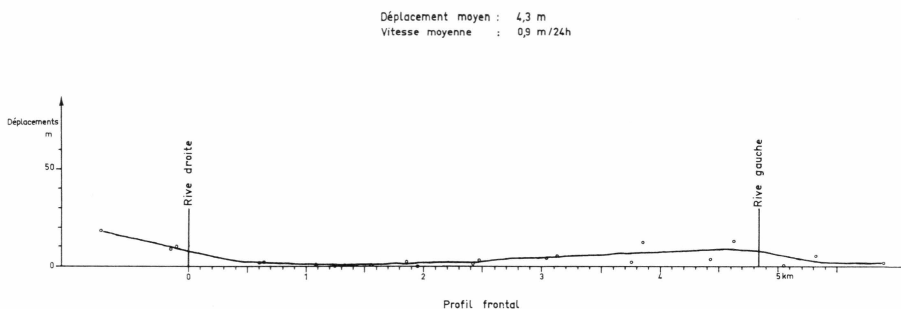


Fig. 22. Sarqardliup sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

4.4.2. Sarqardliup sermia (Planche III)

Le Sarqardliup sermia est un petit émissaire de l'Indlandsis. Sa langue a une longueur de 9 km depuis le bord de l'Indlandsis à 350 m d'altitude. Sa pente moyenne est de 33 m/km. Il ne s'agit donc pas là d'un fleuve de glace.

Il était intéressant d'étudier la vitesse de ce glacier en comparaison de celle d'un fleuve de glace.

Sa vitesse moyenne est de 0,9 m/24 h. Elle est faible, et la précision est médiocre comme l'intervalle de temps entre les deux couvertures est insuffisant. Le profil des déplacements (Fig. 22) montre un minimum lié à la moraine centrale.

Son épaisseur moyenne est estimée à 100 m.

Pour son front de 5,0 km, le débit solide est 0,16 km³ de glace par an.

4.4.3. Alángordliup sermia (Planche III)

L'Alángordliup sermia n'est séparé du précédent que par un nunatak.

Sa langue a 8 km de long et sa pente moyenne est de 35 m/km.

Ses vitesses n'ont pu être déterminées par suite d'erreurs de navigation. En conséquence, nous adoptons les mêmes valeurs que celles du glacier précédent; à savoir:

vitesse moyenne 0,9 m/24 h

épaisseur moyenne 100 m

Pour un front de 2,6 km, le débit solide est de 0,08 km³ de glace par an.

On peut en conclure que les nombreux glaciers bordiers du type No. 2 et No. 3, qui n'ont pas été couverts par des vues aériennes, ont un débit solide faible sinon négligeable.

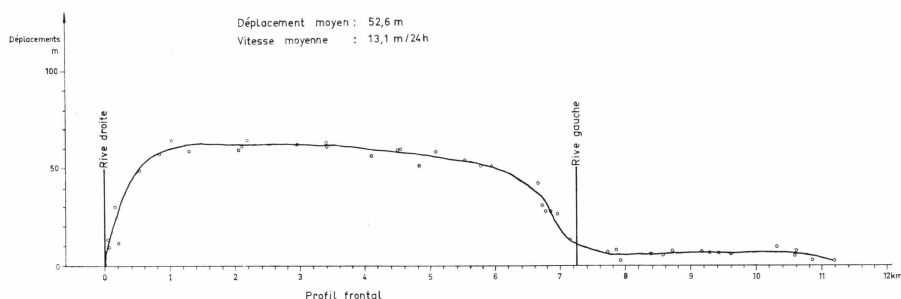


Fig. 23. Jakobshavns Isbræ. Profil des déplacements du 15 au 19 juillet 1958.

4.4.4. Jakobshavns Isbræ (Planche IV)

4.4.4.1. Description du glacier

Le Jakobshavns Isbræ est un véritable fleuve de glace au sens de RINK (RINK, 1857). Comme nous allons le voir, il est caractérisé par une activité et une production exceptionnelles. C'est l'un des glaciers les plus actifs du globe.

Le Jakobshavns Isbræ vèle dans un fjord dans des conditions bien particulières. Du front actuel à la sortie du fjord, sur sept kilomètres de largeur et sur une longueur de cinquante kilomètres, un amas chaotique de glace se présente à l'observateur : un haut fond à la sortie empêche normalement les icebergs de s'échapper vers Disko Bugt et, de là, de tourner dans le Détroit de Davis pour finir leur vie au large de Terre Neuve.

La langue terminale de ce glacier est plate et sa pente très faible, de l'ordre de 6 m/km, témoigne d'un écoulement en bloc provenant de l'intérieur de l'Indlandsis. La langue est formée de deux courants, dont l'un provient du nord, pour le tiers nord et les deux autres tiers de l'est.

Au sud du front, la glace s'épand en un important lobe de 5 km de longueur. Le glacier proprement dit est séparé de ce lobe sud par une ligne très chaotique de cisaillement allant d'est en ouest par les points 10-23-43-54 de la Planche IV et formant sa rive gauche. Son front actif est de 7,2 km.

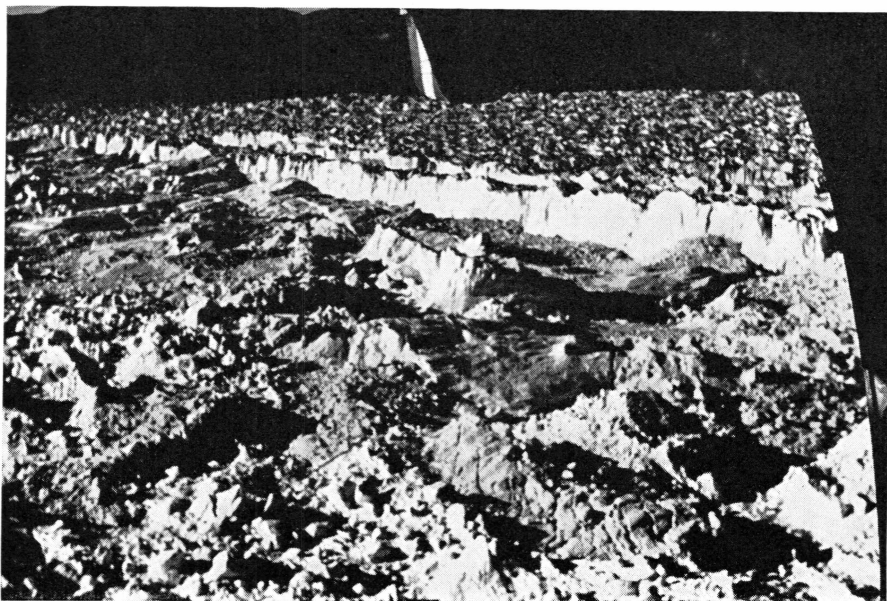


Fig. 24. Front du Jakobshavns Isbræ: vêlage par tranche.

4.4.4.2. Vitesse moyenne

Les déplacements (Fig. 23) donnent un profil sans accélération, avec la caractéristique d'un mouvement en bloc se déplaçant dans une vallée en U. La vitesse moyenne est de 13,1 m/24 h. La langue du glacier ne flotte pas sur l'eau de mer.

4.4.4.3. Épaisseur moyenne

On peut avoir une idée de l'épaisseur en ajoutant le profil moyen au-dessus de la surface du fjord (entre 80 et 100 m) à la partie sous-marine. Seule l'interprétation des photos des icebergs donne une idée de l'épaisseur. Les icebergs sont de deux types: morceau du glacier se détachant et restant en équilibre, la partie crevassée restant en surface comme une île de glace et qui pourrait faire penser à une langue flottante ; tranche de glace pouvant atteindre quelques km de long pour une centaine de mètres d'épaisseur. Ce dernier type est le plus fréquent et son mécanisme de vêlage est le suivant. Une faille se dessine parallèlement au front, puis la tranche de glace s'affaisse par rapport au glacier (Fig. 24), ce qui prouve que le front du glacier représente une ligne de rupture où la glace n'est plus stable sur le fond. Puis la tranche bascule, en général le haut vers l'arrière et le bas vers l'avant, pour finalement se coucher sur la mer. Pendant un temps relativement court, cette tranche est intacte et sa mesure donne un ordre de grandeur minimum de l'épaisseur de la glace

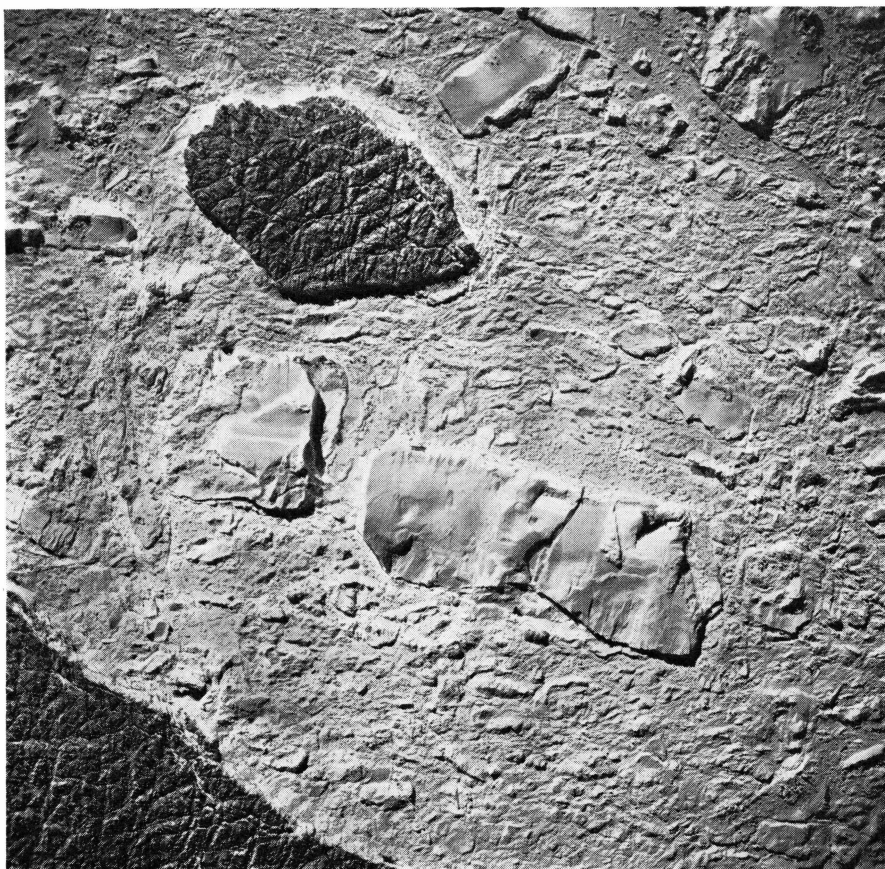


Fig. 25. Icebergs devant le front du Jakobshavns Isbræ, 1957.

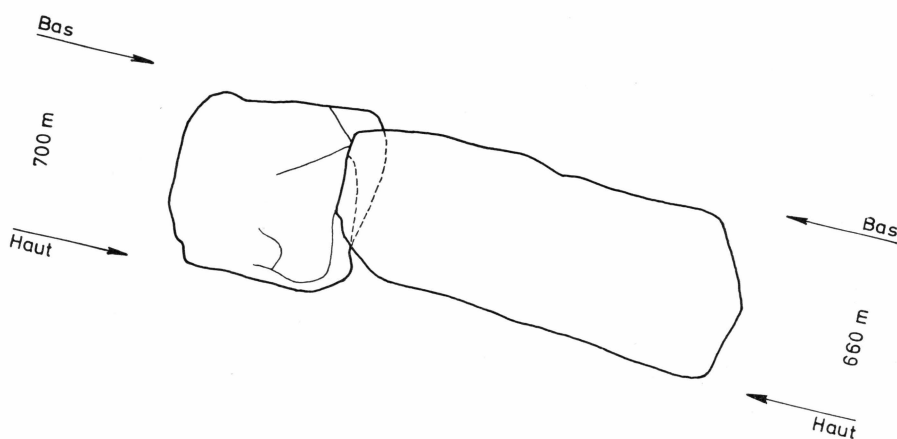


Fig. 26. Détermination de l'épaisseur par photo-interprétation d'icebergs, produits du vèlage du front.

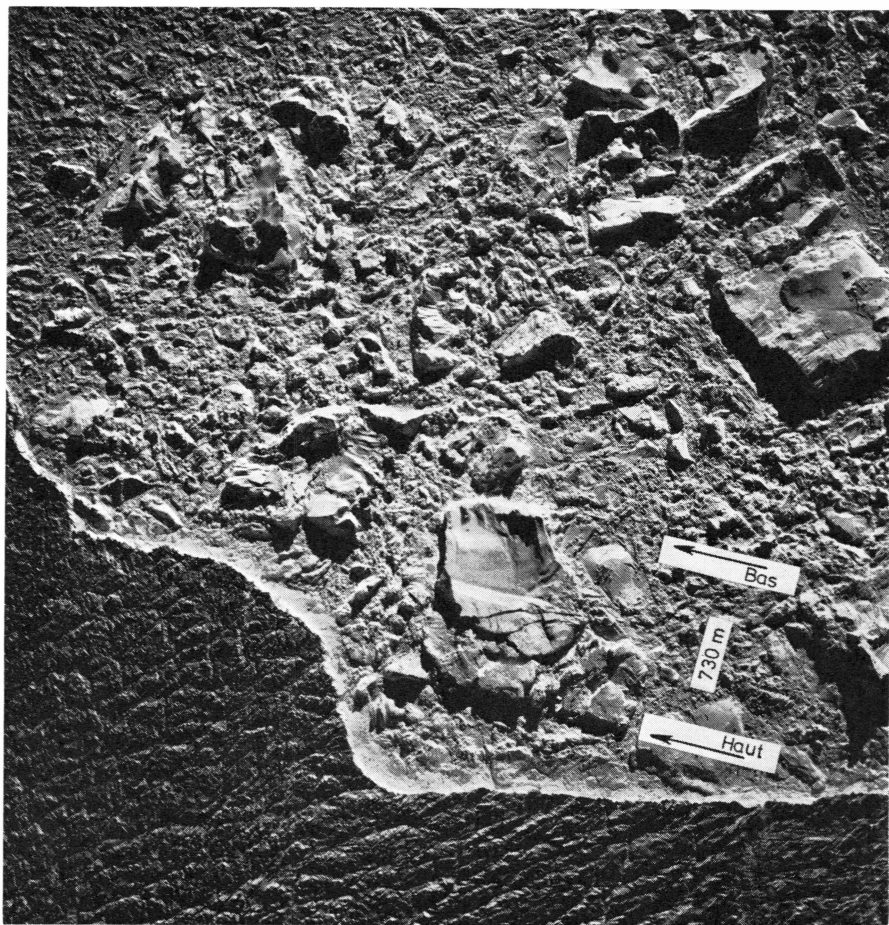


Fig. 27. Iceberg devant le front du Jakobshavns Isbræ, 1958.

en cet endroit. Ainsi, la tranche basculée (Fig. 26) donne une épaisseur de 700 m. Il en est de même de l'iceberg devant le front (Fig. 27). Au bout d'un temps en général court, cet iceberg se fragmente en plusieurs parties. On peut en général, avant cette fracture, distinguer nettement le haut et le bas de la tranche basculée (Fig. 25, 26, 27).

Une coupe dessinée sur la base de ces données laisse prévoir une épaisseur moyenne de 750 m (Fig. 28). Vu l'épaisseur au centre, on est sûr que la langue ne flotte pas. Le recul du front du glacier est conditionné par l'équilibre entre l'épaisseur et la profondeur de la vallée sous-glaciaire. Rappelons que les sondages sismiques (JOSET et HOLTZSCHERER, 1954) ont donné des points à — 300 m à l'est du front du Jakobshavns Isbræ jusqu'au centre de l'Indlandsis.

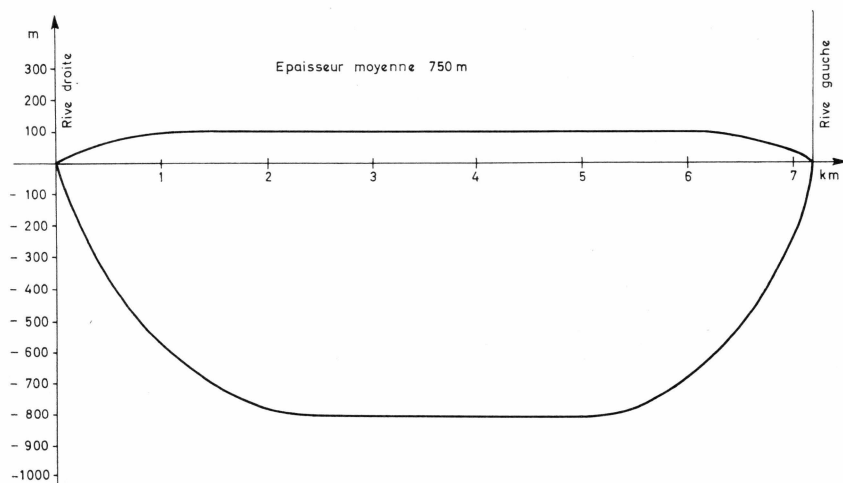


Fig. 28. Coupe frontale du Jakobshavns Isbræ.

4.4.4.4. Débit

Le débit se chiffre à $25,83 \text{ km}^3$ de glace par an, ou $820 \text{ m}^3/\text{s}$ d'eau. Ce débit est comparable à celui du Rhin à Bâle. C'est donc avec raison que RINK a nommé ces glaciers des fleuves de glace.

4.4.4.5. Bassin de drainage

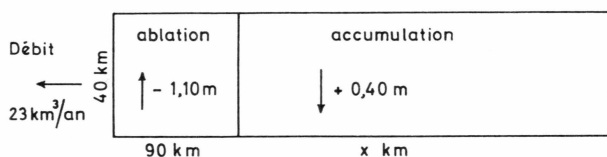
Comparativement aux résultats des sondages sismiques cités, les crevasses rencontrées à l'est du front (cf. 2.2.2.) témoignent d'une grande activité, même à 180 km du front. Mais le bassin qui draine les glaces de l'Indlandsis va encore plus loin (BAUER, 1954, 1960). Un calcul simple va nous donner un ordre de grandeur.

Les données dont nous disposons sont les suivantes : (BAUER, 1954) :

accumulation moyenne	+ 0,40	valeur en eau
ablation moyenne	- 1,10	-
Altitude moyenne de la ligne d'équilibre 1500 m à 90 km à l'est du front		
débit solide	23 km^3/an	valeur en eau
largeur du front	7	km
épaisseur moyenne	700	m
vitesse moyenne	15	m/24 h

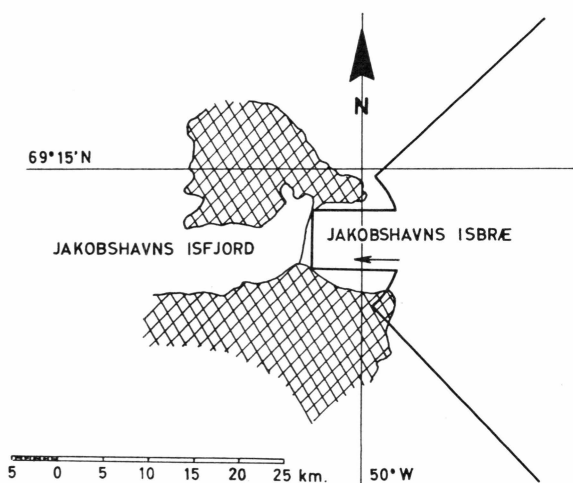
Un premier calcul montre que le bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ n'est pas rectiligne.

En effet, dans cette hypothèse, en supposant le glacier en équilibre, nous aurions $x = 1.700$ km.



La longueur totale du glacier serait donc de 1800 km , ce qui est impossible, son extrémité serait en Islande.

Une deuxième hypothèse, plus vraisemblable, consiste à admettre que le bassin de drainage est un quart de cercle.



Supposant le glacier en équilibre, nous trouvons $x = 216 \text{ km}$, ce qui donne une longueur totale de l'ordre de 300 km .

4.4.4.6. Cinématique d'un glacier groenlandais idéalisé (Jakobshavn Isbræ)

par P. PERROUD

Les glaciers du Groenland, véritables fleuves de glace, drainent vers la mer la glace de l'Indlandsis. Ce dernier est alimenté par les précipitations solides de l'intérieur (accumulation) et est sujet à des pertes par fonte et par évaporation (ablation) sur la périphérie.

On schématise (Fig. 29) un glacier par un secteur circulaire d'angle au centre $\frac{\pi}{2}$. Le front du glacier est représenté par l'arc de cercle de

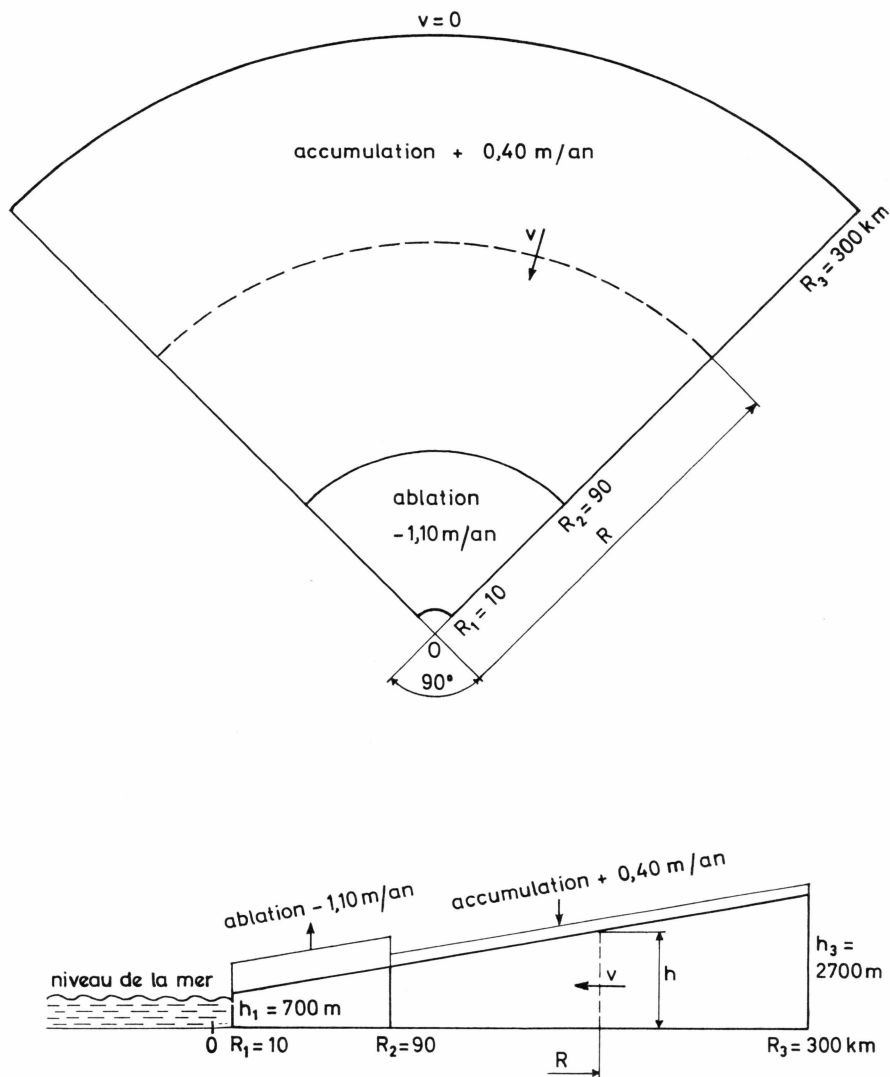


Fig. 29. Jakobshavns Isbræ. Bassin de drainage: vue en plan et profil radial.

rayon $R_1 = 10$ km. Sur la surface comprise entre les rayons $R_3 = 300$ km et $R_2 = 90$ km, l'accumulation de neige est de $0,40$ m/an (valeur en eau) et entre R_2 et R_1 l'ablation est de $1,10$ m/an (valeur en eau.).

Le profil radial est linéaire et uniforme dans le secteur considéré. En R_1 la hauteur équivalente d'eau h_1 est de 700 m, en R_3 de 2700 m. Le glacier repose sur un fond plan et horizontal. La hauteur h à la distance R est donc :

$$h = h_1 + \frac{(h_3 - h_1) (R - R_1)}{R_3 - R_1} \quad (1)$$

Les courbes de niveau de la surface sont des arcs de cercle. L'écoulement de la glace se fait radialement vers l'origine. La glace est évacuée en R_1 par la mer sous forme d'icebergs.

On admet que la vitesse de l'écoulement ν est uniforme sur un arc de cercle et sur une verticale: $\nu = \nu(R)$ (ceci correspond à l'hypothèse d'un mouvement de la glace en bloc ou sans frottement).

Le débit qui passe dans une section verticale sur l'arc de cercle de rayon R est la somme algébrique de l'accumulation et de l'ablation (s'il y a lieu) dans la zone comprise entre R et R_3 .

Dans ces conditions, la vitesse en tout point est parfaitement déterminée.

Vitesse entre R_3 et R_2 . Accumulation annuelle e_2 . Soit ν_2 la vitesse moyenne. On a: $\nu_2 h \frac{\pi R}{2} = e_2 \frac{\pi}{2} (R_3^2 - R^2)$

$$\text{d'où:} \quad \nu_2 = \frac{e_2 (R_3^2 - R^2)}{2 R \left[h_1 + \frac{(h_3 - h_1) (R - R_1)}{R_3 - R_1} \right]} \quad (2)$$

Pour $R = R_3$, $\nu_2 = 0$. Ce point se placerait au centre de indlandsis.

Vitesse entre R_2 et R_1 . Ablation annuelle e_1 . Soit ν_1 la vitesse moyenne annuelle.

$$\text{On a:} \quad \nu_1 h \frac{\pi R}{2} = e_2 \frac{\pi}{4} (R_3^2 - R_2^2) - e_1 \frac{\pi}{4} (R_2^2 - R^2)$$

d'où:

$$\nu_1 = \frac{e_2 (R_3^2 - R_2^2) - e_1 (R_2^2 - R^2)}{2 R \left[h_1 + \frac{(h_3 - h_1) (R - R_1)}{R_3 - R_1} \right]} \quad (3)$$

La figure 41 représente la vitesse $\nu(R)$ obtenue par les équations (2) et (3) avec les valeurs numériques de R_1 , R_2 , R_3 et h_1 , h_2 données ci-dessus.

Débit au front du glacier. La vitesse moyenne en ce point est de 1711 m/an, ce qui donne un débit de 18,8 km³/an, ou 595,5 m³/s pour une largeur de 15,7 km.

Courbe espace-temps ou temps mis par une particule tombée à la distance R pour atteindre la mer.

$$\text{On a:} \quad dR = - \nu dt$$

$$\text{d'où} \quad t = \int_{R_1}^R \frac{dR}{\nu} \quad (4)$$

a) Zone comprise entre R_1 et R_2

$$t = \int_{R_1}^R \frac{dR}{v_1} \quad (5)$$

En substituant la valeur de v_1 donnée par (3) dans (5) et en calculant l'intégrale, on trouve:

$$\left. \begin{aligned} t = \frac{c}{2a_1} \operatorname{Log} \left[\frac{R^2 + \frac{d}{a_1}}{R_1^2 + \frac{d}{a_1}} \right] + \frac{b}{a_1} (R - R_1) \\ - b \sqrt{\frac{d}{a_1^3}} \left(\operatorname{Arctg} R \sqrt{\frac{a_1}{d}} - \operatorname{Arctg} R_1 \sqrt{\frac{a_1}{d}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

avec

$$a_1 = \frac{e_1}{2}$$

$$b = \frac{h_3 - h_1}{R_3 - R_1}$$

$$c = h_1 - \left(\frac{h_3 - h_1}{R_3 - R_1} \right) R_1 = h_1 - bR_1$$

$$d = \frac{1}{2} [e_2 (R_3^2 - R_1^2) - e_1 R_2^2]$$

Pour $R = R_2 = 90$ km on obtient $t_1 = 289$ ans.

b) Zone comprise entre R_2 et R_3

$$\begin{aligned} t &= \int_{R_1}^R \frac{dR}{v} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dR}{v_1} + \int_{R_2}^R \frac{dR}{v_2} \\ t &= t_1 + \int_{R_2}^R \frac{dR}{v_2}. \end{aligned} \quad (7)$$

En utilisant la relation (2) dans l'expression (7), on trouve :

$$t = t_1 - \frac{c}{2a_2} \operatorname{Log} \left[\frac{R_3^2 - R^2}{R_3^2 - R_2^2} \right] + \frac{b}{a_2} (R_2 - R) - \frac{bR_3}{2a_2} \operatorname{Log} \left[\left(\frac{R_3 + R}{R_3 - R} \right) \left(\frac{R_3 - R_2}{R_3 - R_2} \right) \right] \quad (8)$$

avec $a_2 = \frac{e_2}{2}$.

Pour $R \rightarrow R_3 = 300$ km, $t_2 \rightarrow \infty$.

La figure 44 représente la courbe espace-temps $t(R)$.

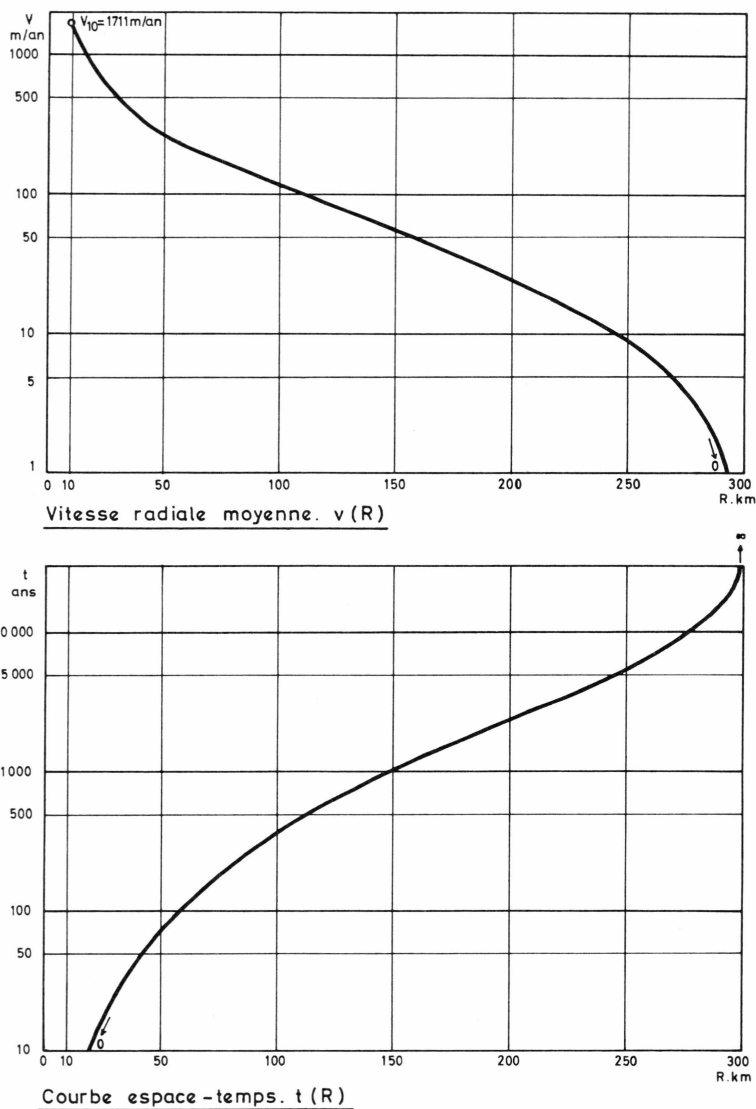


Fig. 30. Jakobshavns Isbræ. Vitesse radiale moyenne et courbe espace-temps.

Conclusion

Ce calcul simplifié sur la cinématique d'un glacier peut être repris en considérant d'autres formes du bassin de drainage se rapprochant plus de la vérité. Une forme particulièrement commode est la forme exponentielle. On pourrait par exemple, adopter pour la largeur du glacier l'expression $l = l_0 \exp \alpha x$ avec l_0 largeur à abscisse $x = 0$; α peut être déterminé en connaissant la largeur à $x = L$ ou par d'autres considérations.

Mais déjà on peut, en considérant la figure 30, donner un ordre de grandeur des vitesses moyennes et des durées de parcours pour un glacier réel. Les hypothèses de cette étude correspondent approximativement à la langue glaciaire de Jakobshavns Isbræ, l'une des plus grandes du Groenland.

4.4.4.7. Variations du front du Jakobshavns Isbræ (Fig. 31)

Sur la base des documents existants (HELLAND, ENGELL, DRYGALSKI, WEGENER, etc. . .) il est possible d'avoir une idée du recul important et insolite du front du Jakobshavns Isbræ. Ce recul est quasiment continu car, comme le vèlage peut produire des variations annuelles de plusieurs kilomètres, il faut prendre les positions minimums des fronts successifs. Ce recul atteint environ 20 km en 114 ans. Aucun glacier du Groenland ne témoigne d'un tel recul. Attribuer ce recul à la langue glaciaire flottant sur la mer est erroné, comme nous l'avons vu précédemment. Connaissant l'immensité du bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ, il est naturel d'attribuer ce recul à la diminution de son bassin d'alimentation, à savoir la partie centrale de l'Indlandsis

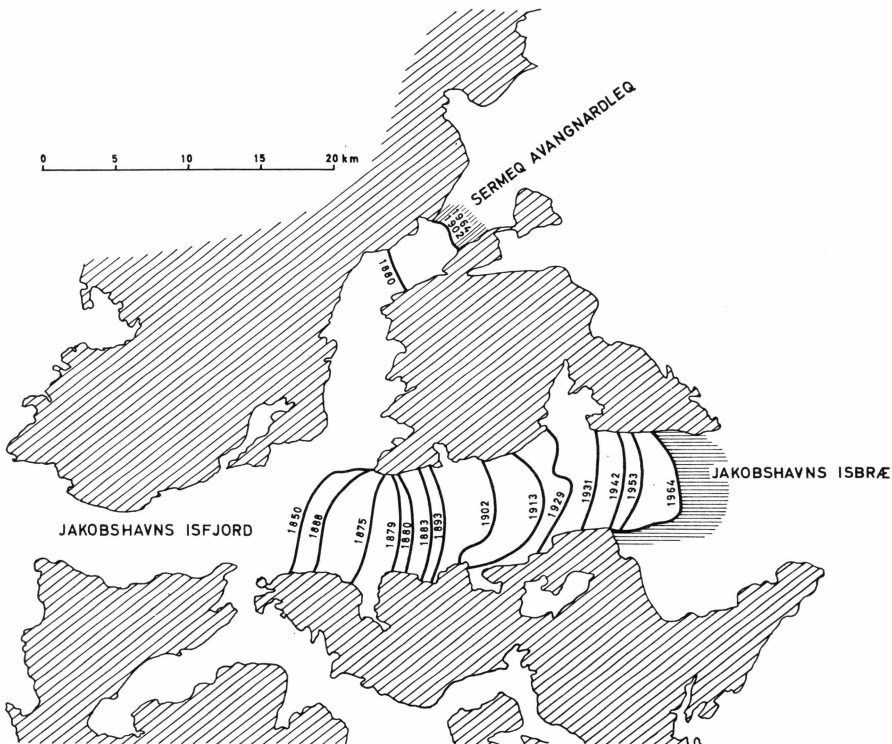


Fig. 31. Variation du front du Jakobshavns Isbræ et du Sermeq avangardleq.

du Groenland. Les résultats de l'E.G.I.G., après la deuxième opération, infirmeront ou confirmeront cette hypothèse.

Signalons d'autre part que ce n'est pas uniquement le front qui a reculé. L'épaisseur du glacier a diminué dans la partie occupée entre 1850 et 1964 et, par la suite, de l'ensemble de son bassin de drainage et cela progressivement en diminuant jusqu'à au moins la ligne d'équilibre. Cette diminution peut se chiffrer. Elle se compose de la diminution de l'ensemble du bassin de drainage. Partant d'une diminution d'environ 300 m au bord de l'Indlandsis, un calcul simple donne une diminution de 500 km³ de glace pour le glacier et son bassin de drainage, soit en gros 5 km³ de glace par an.

4.4.5. Sermeq avangnardleq (Planche V)

Le Sermeq avangnardleq est un petit émissaire de l'Indlandsis, surtout par contraste avec le proche Jakobshavns Isbræ qui ne l'influence en rien. Sa langue terminale descend de la cote 500 m vers la mer sur une longueur de 10 km. Sa pente moyenne est de 40 m/km.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 1,4 m/24 h pour un front de 2,5 km (Fig. 32).

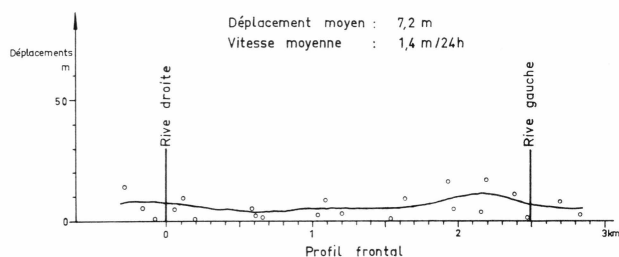


Fig. 32. Sermeq avangnardleq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Son épaisseur moyenne est de 150 m.

Son front semble être stable depuis 1902. Il a reculé d'environ 5 km entre 1880 et 1902, et son épaisseur a diminué (Fig. 31).

Son débit est de 0,19 km³ de glace par an.

4.4.6. Eqip sermia (Planche VI)

L'Eqip sermia est l'un des glaciers les mieux connus de la côte ouest du Groenland. Nous permettons de renvoyer le lecteur à notre carte au 1/20.000 (E.P.F., 1949) et aux ouvrages publiés (BAUER, 1955, 1968).

C'est pour cette raison que, dans les couvertures de 1957, la vitesse a été déterminée en 73 points.

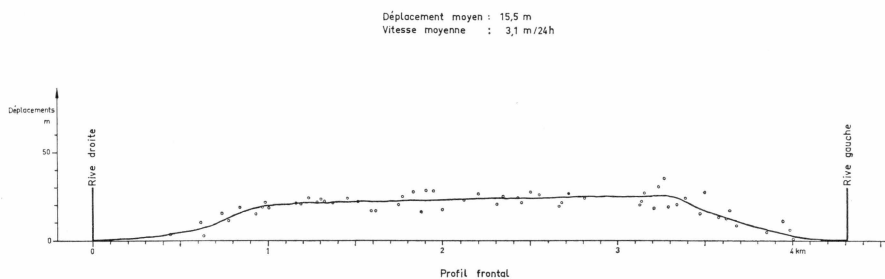


Fig. 33. Equip sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 3,1 m/24 h pour un front de 4,3 km, la même trouvée par mesure directe (Fig. 33).

Sa langue a une longueur de 4 km et sa pente moyenne est de 75 m/km.

La bathymétrie détaillée devant le front du glacier a permis de déterminer une épaisseur moyenne de 200 m (Fig. 34).

Le débit est de 0,97 km³ de glace par an.

Les variations du front ont été publiées (BAUER, 1968).

Le Glacier est en recul continu.

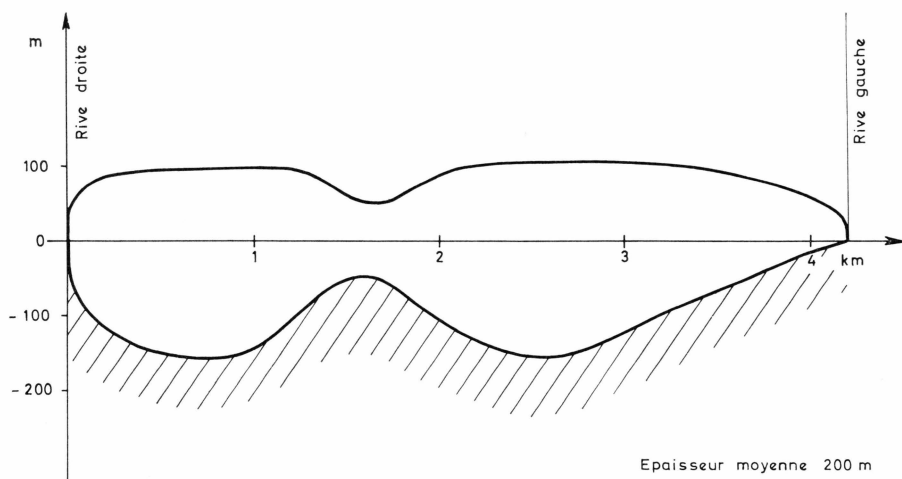


Fig. 34. Equip sermia. Coupe frontale, 1948.

4.4.7. Kangilerngata sermia (Planche VII)

Le Kangilerngata sermia, comme l'Equip sermia, est un glacier débordant vers le sud de la masse de glace qui s'écoule est-ouest dans le Fjord de Torssukátak. C'est donc un glacier relativement calme, dont la pente moyenne est de 37 m/km pour sa langue dont la longueur

est de 8 km. Comme l'Eqip sermia, il ne donne pas naissance à de grands icebergs, ceux-ci se fragmentent pendant le vèlage.

Il a été possible d'exploiter trois couvertures aériennes du 7, 12 et 17 Juillet 1957. Les vitesses déterminées montrent une certaine dispersion dans les vecteurs-déplacements, surtout quant à la direction. Ce fait est normal vu les photographies utilisées.

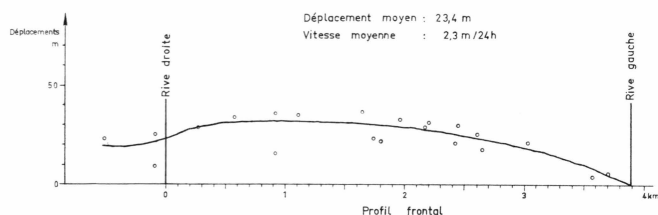


Fig. 35. Kangilerngata sermia. Profil des déplacements du 7 au 17 juillet 1957.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 2,3 m/24 h pour un front de 3,9 km (Fig. 35).

Son épaisseur moyenne est estimée à 250 m, ce qui donne un débit de 0,82 km³ de glace par an.

Si le front semble stable actuellement, son épaisseur a beaucoup diminué comme le montre la moraine rive gauche.

4.4.8. Sermeq kujatdleq (Torssukáatak) (Planche VIII)

Le Sermeq kujatdleq, le plus au sud qui se jette dans le fjord de Torssukáatak, présente les caractéristiques d'un fleuve de glace.

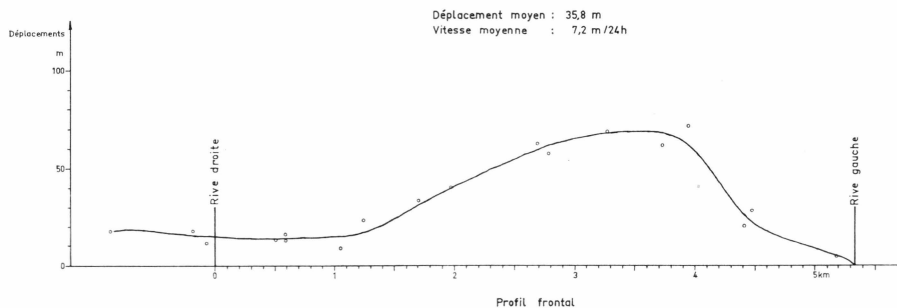


Fig. 36. Sermeq kujatdleq (Torssukáatak). Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Sa langue terminale, si l'on peut appeler ainsi l'émissaire de l'Indlandsis, a une longueur de 10 km pour une pente moyenne de 30 m/km.

Le vèlage est analogue à celui du Jakobshavns Isbræ, mais aucune iceberg-tranche n'a pu se trouver sur les photographies près du front, de sorte que l'épaisseur est estimée.

Le profil des déplacements (Fig. 36) donne une vitesse moyenne de 7,2 m/24 h. Les vecteurs-déplacements sont irréguliers, ce qui montre que les positifs utilisés ne sont pas excellents.

L'épaisseur moyenne est estimée à 600 m, ce qui donne, pour un front de 5,3 km, un débit de 8,36 km³ de glace par an.

Cette épaisseur a diminué, comme en témoigne la moraine rive droite, malgré une stabilité du front.

4.4.9. Sermeq avangnardleq (Torssukátak) (Planche IX)

Les mêmes remarques que celles faites pour le Sermeq kujatdleq s'appliquent à son pendant nord, le Sermeq avangnardleq.

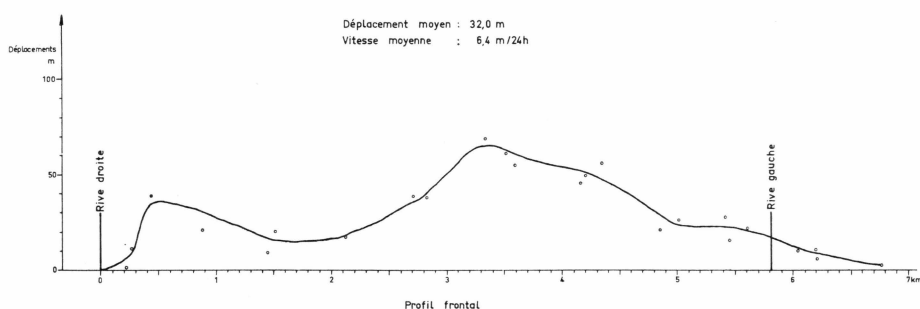


Fig. 37. Sermeq avangnardleq (Torssukátak). Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

L'ensemble de l'Indlandsis s'écoule dans le fjord de Torssukátak, et la langue du Sermeq avangnardleq, peu individualisée, a une longueur de 10 km et une pente moyenne de 30 m/km.

Le vêlage par tranche est bien visible dans l'anse près de la rive droite. Le profil des déplacements, pour un front de 5,8 km, donne une vitesse moyenne de 6,4 km/24 h (Fig. 37).

L'épaisseur moyenne est estimée à 600 m, ce qui conduit à un débit de 8,13 km³ de glace par an.

Le front est stable, mais l'épaisseur a diminué comme le montre la rive gauche.

4.4.10. Store Qarajaq Gletscher (Planche X)

Avec le Store Qarajaq Gletscher, qui s'écoule au nord de la presqu'île Nûgssuaq, nous commençons l'étude des glaciers qui vèlent dans Umanak Fjord. Cette baie présente des fjords plus profonds que ceux de Disko Bugt.

Le Store Qarajaq Gletscher a une langue terminale de 10 km avec une pente moyenne de 50 m/km.

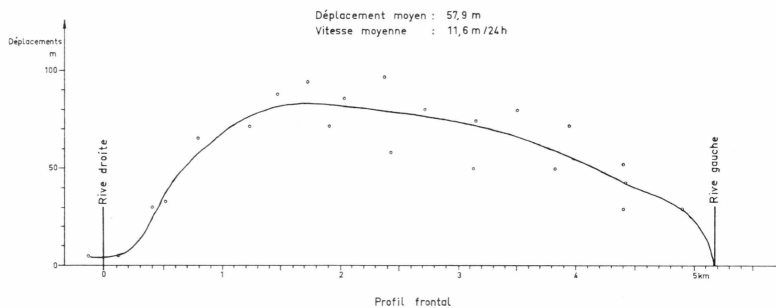


Fig. 38. Store Qarajaq Gletscher. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 11,6 m/24 h pour un front de 5,2 km (Fig. 38).

L'épaisseur moyenne est estimée à 600 m.

Le débit est de 13,21 km³ de glace par an.

Le front est très stable, mais l'épaisseur a diminué comme le montre la moraine rive gauche. La vitesse moyenne du front était de 12,9 m/24 h en 1893 (DRYGALSKI, 1897) (Fig. 39).

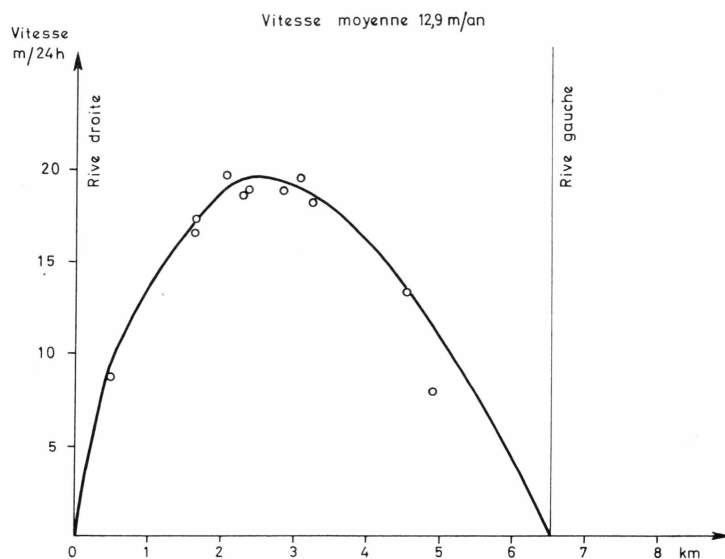


Fig. 39. Vitesse moyenne au front du Store Qarajaq Gletscher 1893, d'après DRYGALSKI, 1897.

4.4.11. Lille Qarajaq Gletscher (Planche XI)

Le Lille Qarajaq Gletscher, comme son nom l'indique, est un émissaire modeste dont la langue a 7 km de long et une pente moyenne de 57 m/km.

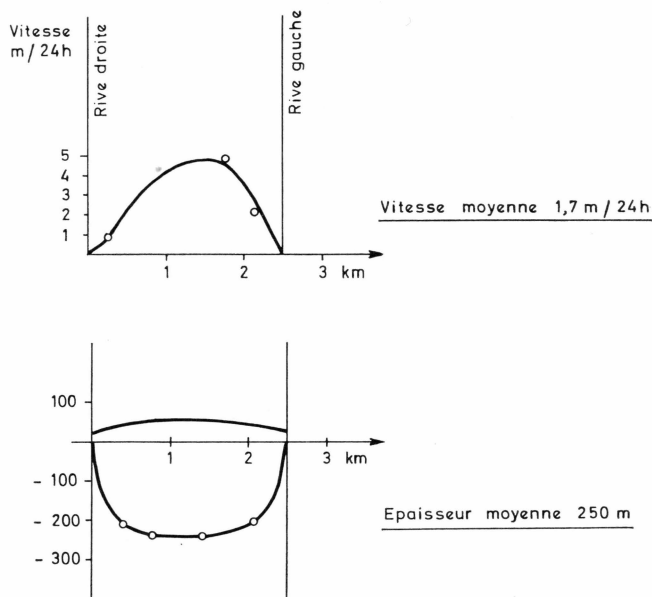


Fig. 40. Vitesse moyenne au front du Lille Qarajaq Gletscher 1893, d'après DRYGALSKI, 1897.

Les déplacements ont été trop faibles pour être déterminés, mais les observations anciennes (DRYGALSKI, 1897) donnent une vitesse moyenne de 1 m/24 h que nous adoptons pour son front de 2,3 km (Fig. 40).

L'épaisseur moyenne (Fig. 40) est déduite des sondages de DRYGALSKI. Elle est de 150 m.

Ces valeurs donnent un débit de 0,13 km³ de glace par an.

Le front du glacier est en recul et l'épaisseur en diminution.

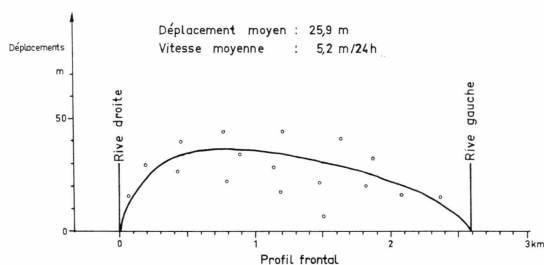


Fig. 41. Sermilik Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

4.4.12. Sermilik Isbræ (Planche XII)

Le Sermilik Isbræ est un court émissaire de l'Indlandsis qui tombe pour ainsi dire dans le fjord. Sa langue a une longueur de 3 km pour une pente moyenne de 120 m/km.

Le profil des déplacements (Fig. 41) donne une vitesse moyenne de 5,2 m/24 h pour un front de 2,6 km.

L'épaisseur moyenne est estimée à 500 m et le débit qui en découle est de 2,47 km³ de glace par an.

Si le front semble relativement stable, les moraines rive droite et rive gauche parlent en faveur d'une diminution d'épaisseur importante. Rappelons que DRYGALSKI a mesuré en 1893 (DRYGALSKI, 1897) une vitesse de 11 m/24 h.

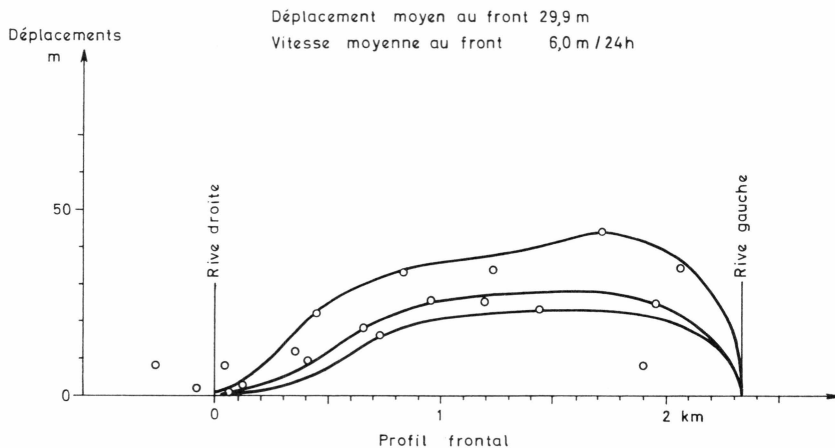


Fig. 42. Kangigdleq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

4.4.13. Kangigdleq (Planche XIII)

Le Kangigdleq est un glacier très actif qui tombe dans la mer en contournant un nunatak. Une petite langue au nord a un débit négligeable. La langue du glacier a une longueur de 8 km pour une pente moyenne de 60 m/km.

La détermination des déplacements montre une nette accélération vers le front.

Le profil des déplacements (Fig. 42) donne au front une vitesse moyenne de 6,0 m/24 h pour un front de 2,3 km.

Son épaisseur est estimée à 300 m. Le débit est de 1,51 km³ de glace par an.

Le glacier est en net recul comme le montre la moraine fraîche abandonnée sur sa rive gauche sur quelques kilomètres. Ce recul est aussi accompagné d'une forte diminution de l'épaisseur du glacier qui, au front, atteint au moins 100 m. La langue nord n'atteint plus la mer comme en 1893 (DRYGALSKI, 1897).

4.4.14. Sigssortartoq (Planche XIV)

Le Sigssortartoq résulte de l'écoulement de la glace de l'Indlandsis autour d'un nunatak. En aval du nunatak, de magnifiques ogives sont visibles. La coalescence des deux courants de glace est visible par une jointure centrale allant jusqu'au front. Probablement ces deux courants conditionnent la forme du front.

Il s'agit là d'un glacier très actif, dont la langue a 8 km de long pour une pente moyenne de 30 m/km.

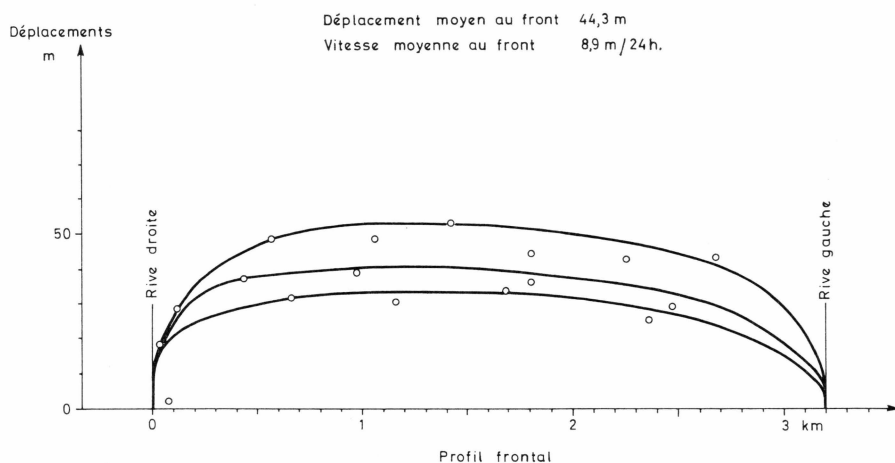


Fig. 43. Sigssortartoq. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Les déplacements montrent une nette accélération vers le front matérialisée dans les trois profils (Fig. 43).

Au front, la vitesse moyenne est de 8,9 m/24 h.

Son épaisseur moyenne est estimée à 500 m, ce qui conduit à estimer le débit à 5,19 km³ de glace par an pour un front de 3,2 km.

Le front est en retrait et son épaisseur en diminution, comme en témoignent les moraines des deux rives.

4.4.15. Ingnerit (Planche XV)

L'Ingnerit est un émissaire à très forte pente. Sa langue a une longueur de 5 km et une pente de 120 m/km. Un lobe plus au nord est improductif en icebergs.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 1,6 m/24 h (Fig. 44).

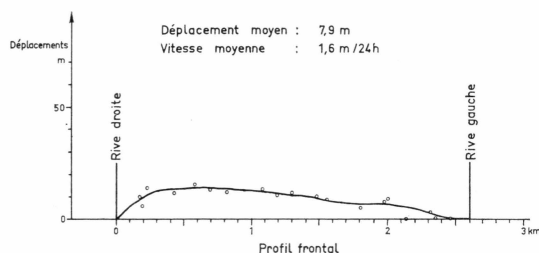


Fig. 44. Ingerit. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

L'épaisseur moyenne au front est estimée à 250 m.

Son débit est de $0,38 \text{ km}^3$ de glace par an pour un front de 2,6 km.

Les moraines des deux rives témoignent d'un recul du front et de son amincissement.

4.4.16. Kangerdluarssûp sermia (Planche XVI)

Le Kangerdluarssûp sermia est un glacier relativement peu actif dont la langue suit une vallée de 17 km de long avec une pente moyenne de 50 m/km.

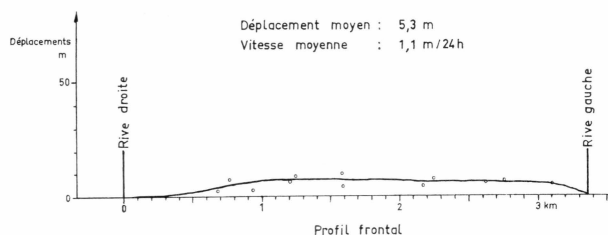


Fig. 45. Kangerdluarssûp sermia. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 1,1 m/24 h pour un front de 3,4 km (Fig. 45).

La bathymétrie du fjord conduit à admettre une épaisseur moyenne de 200 m, ce qui donne un débit de $0,27 \text{ km}^3$ de glace par an.

Les moraines des deux rives témoignent du recul important du front et plus encore d'un amincissement très fort.

4.4.17. Kangerdlugssûp sermerssua (Planche XVII)

Le glacier et le fjord de Kangerdlugssuaq ont fait l'objet d'une étude détaillée de la part de l'E.G.I.G. en 1959 (EGIG, Vol. 7).

Le glacier est formé de deux courants de glace dont le moins important est représenté au front par la partie souillée de débris morainiques rive droite.

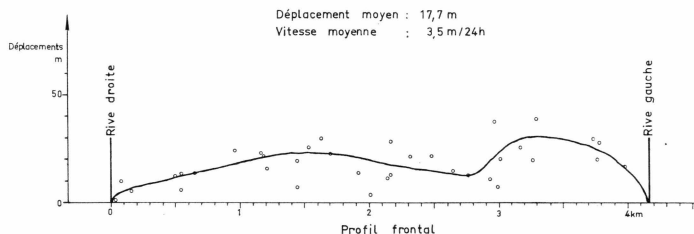


Fig. 46. Kangerdlugssûp sermerssua. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

La longueur de sa langue est de 14 km avec une pente moyenne de 40 m/km.

Le profil des déplacements (Fig. 46) donne une vitesse moyenne de 3,5 m/24 h pour un front de 4,2 km.

L'épaisseur déduite des sondages bathymétriques du V.F.S. « Gauss » en 1959, a une valeur moyenne de 300 m (Fig. 47).

Le débit est de 1,61 km³ de glace par an.

Le front est en recul et a subi un amincissement important.

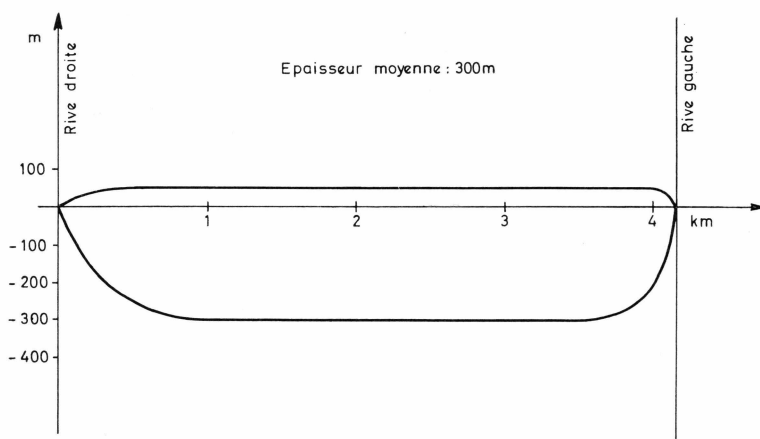


Fig. 47. Kangerdlugssûp sermerssua. Coupe frontale d'après les sondages du V. F. S. « Gauss », 1959.

4.4.18. Rinks Isbræ (Planche XVIII)

Le Rinks Isbræ est un fleuve de glace de grande productivité. Sa langue s'écoule vers la mer sur une longueur de 10 km avec une pente moyenne de 50 m/km.

Ce glacier est relativement bien connu, ainsi que le fjord, par les remarquables travaux effectués par SORGE, glaciologue de l'Expédition ALFRED WEGENER (SORGE, 1933).

Son front est caractérisé par des vèlages spectaculaires dont les icebergs et débris remplissent le fjord brutalement. Aucun haut fond n'empêche les glaces de s'échapper dans Umanak Fjord.

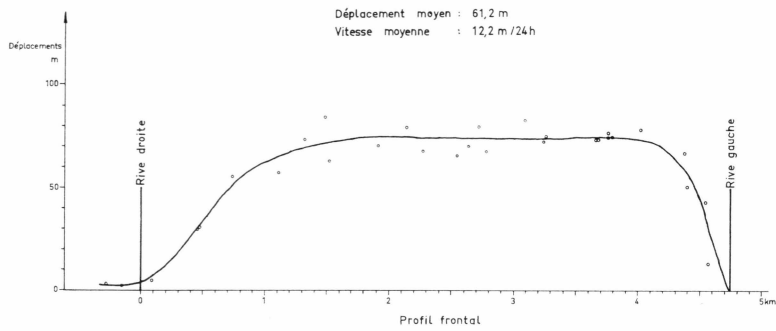


Fig. 48. Rinks Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 12,2 m/ 24 h pour un front de 4,70 km (Fig. 48).

La bathymétrie du fjord près du front donne une épaisseur moyenne de 800 m, ce qui conduit à une débit de 16,74 km³ de glace par an (Fig. 49).

Les moraines des deux rives témoignent en faveur d'une grande stabilité du front, quoique son épaisseur ait diminué.

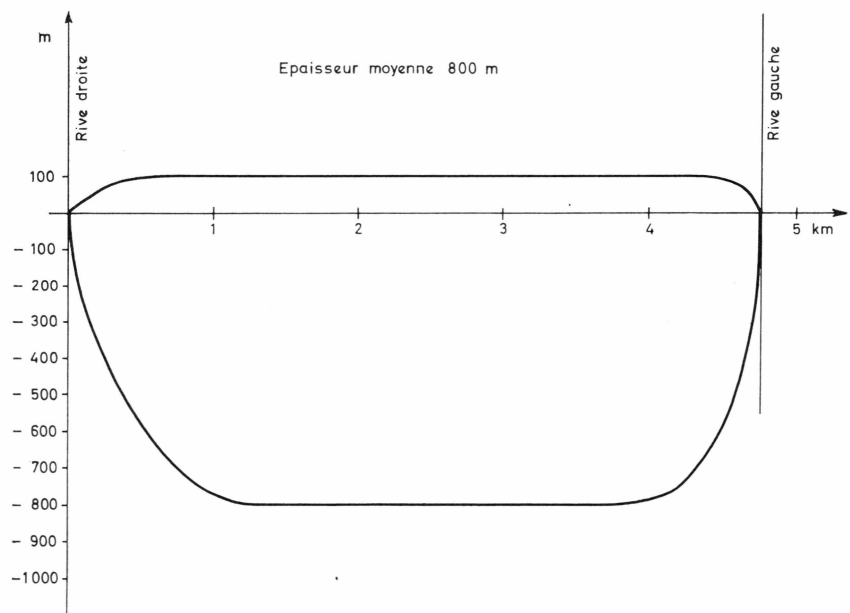


Fig. 49. Rinks Isbræ. Coupe frontale d'après SORGE, 1933.

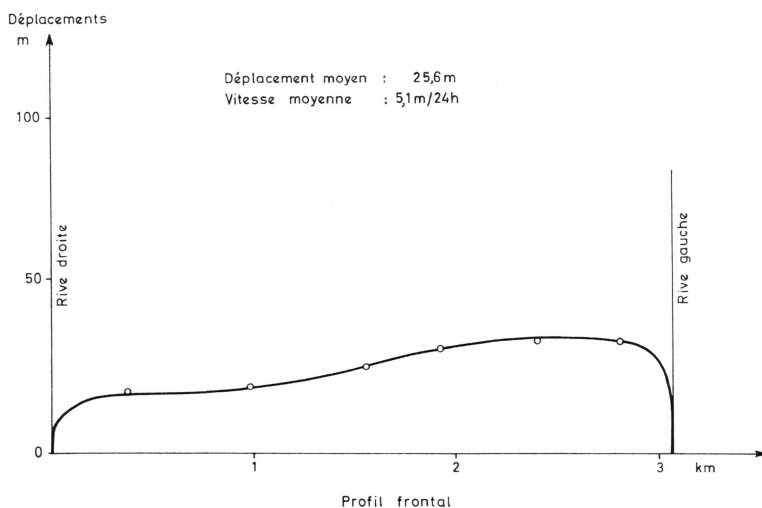


Fig. 50. Umiámáko Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

4.4.19. Umiámáko Isbræ (Planche XIX)

La caractéristique principale de l'Umiámáko Isbræ est la longueur de sa langue s'écoulant dans une profonde vallée de 40 km avec une pente moyenne de 30 m/km.

Les déplacements montrent une nette accélération dans sa partie terminale.

Le profil des déplacements au front (Fig. 50) donne une vitesse moyenne de 5,1 m/24 h pour un front de 3,1 km.

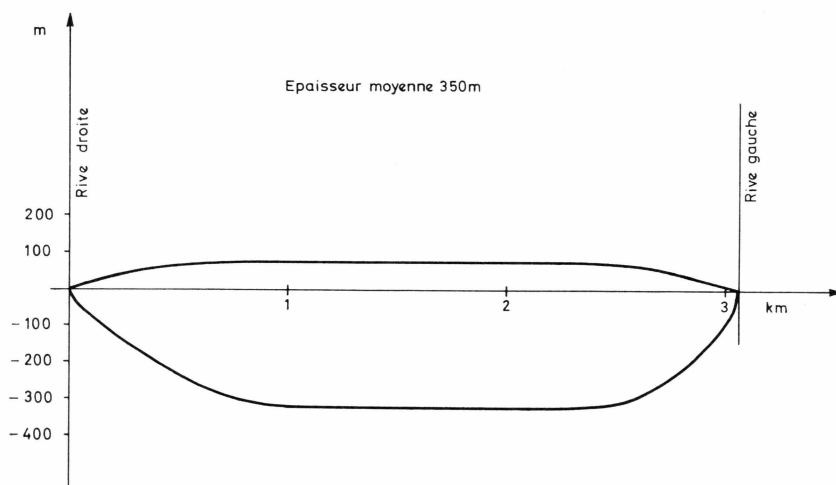


Fig. 51. Umiámáko Isbræ. Coupe frontale d'après SORGE, 1933.

Les deux icebergs-tranches devant le front ont une largeur de 350 m, ce qui donne un minimum d'épaisseur au centre du glacier. La coupe frontale donne une épaisseur moyenne de 350 m (Fig. 51) (SORGE, 1933).

Le débit est de $2,02 \text{ km}^3$ de glace par an.

Le front de ce glacier paraît relativement stable.

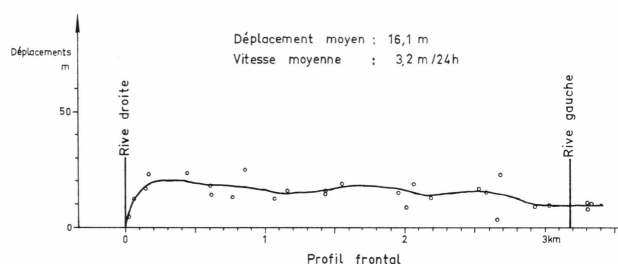


Fig. 52. Ingia Isbræ. Profil des déplacements du 12 au 17 juillet 1957.

4.4.20. Ingia Isbræ (Planche XX)

L'Ingia Isbræ est celui qui se jette le plus au nord dans Umanak Fjord. Sa langue a une longueur de 42 km avec une pente moyenne de 29 m/km.

Le profil des déplacements donne une vitesse moyenne de 3,2 m/24 h pour un front de 3,2 km (Fig. 52).

L'épaisseur moyenne est estimée à 300 m et conduit à un débit de $1,12 \text{ km}^3$ de glace par an.

La moraine rive gauche témoigne d'un retrait récent et d'un amincissement important.

4.5. Débit solide total des glaciers qui vèlent dans
Disko Bugt et Umanak Fjord

Le débit solide total est donné par le tableau suivant :

Tableau 15.

No.	Glacier	Vitesse moyenne m/24 h	Largeur du front km	Épaisseur moyenne estimée connue m	Débit glace km³/an
1	Nordenskiöld Gletscher	3,0	5,9	150	0,97
2	Sarqardliup sermia	0,9	5,0	100	0,16
3	Alángordliup sermia	0,9	2,6	100	0,08
4	Jakobshavns Isbræ	13,1	7,2	750	25,83
5	Sermeq avangnardleq	1,4	2,5	150	0,19
6	Eqip sermia	3,1	4,3	200	0,97
7	Kangilerngata sermia	2,3	3,9	250	0,82
8	Sermeq kujatdleq	7,2	5,3	600	8,36
9	Sermeq avangnardleq	6,4	5,8	600	8,13
10	Store Qarajaq Gletscher	11,6	5,2	600	13,21
11	Lille Qarajaq Gletscher	1,0	2,3	150	0,13
12	Sermilik Isbræ	5,2	2,6	500	2,47
13	Kangigdleq	6,0	2,3	300	1,51
14	Sigssortartoq	8,9	3,2	500	5,19
15	Ingnerit	1,6	2,6	250	0,38
16	Kangerdluarssúp sermia	1,1	3,4	200	0,27
17	Kangerdlugssúp sermerssua	3,5	4,2	300	1,61
18	Rinks Isbræ	12,2	4,7	800	16,74
19	Umiámáko Isbræ	5,1	3,1	350	2,02
20	Íngia Isbræ	3,2	3,2	300	1,12
Total :					90,16

Compte tenu des incertitudes sur les éléments entrant dans le calcul des débits, nous trouvons que le débit total est connu à $\pm 10\%$, soit au total 90 ± 9 km³ de glace par an. L'incertitude vient des épaisseurs moyennes mal connues. Dans le futur, il faut s'attacher à préciser ces valeurs.

Rappelons que nous avions estimé le débit solide des glaciers de la côte ouest du Groenland au sud de la baie de Melville Bugt à 90 km³ de glace par an (BAUER, 1954). Nous voyons que notre estimation était inférieure à la réalité, comme nous trouvons 90 km³ de glace rien que pour les glaciers de la côte ouest entre 68° et 72° N. Nous pouvons en conclure que le débit solide de l'ensemble des glaciers du Groenland est

Tableau 16.

No. Glacier	Vitesse m/24 h	Largeur km	Epaisseur m	Epaisseur théorique m	Différence m	Débit théorique km ³ /an
1	3,0	5,9	150	250	- 100	1,61
2	0,9	5,0	100	150	- 50	0,25
3	0,9	2,6	100	150	- 50	0,13
4	13,1	7,2	750	800	- 50	27,54
5	1,4	2,5	150	150	0	0,19
6	3,1	4,3	200	250	- 50	1,22
7	2,3	3,9	250	200	+ 50	0,65
8	7,2	5,3	600	450	+ 150	6,27
9	6,4	5,8	600	450	+ 150	6,10
10	11,6	5,2	600	700	- 100	15,40
11	1,0	2,3	150	150	0	0,13
12	5,2	2,6	500	350	+ 150	1,73
13	6,0	2,3	300	400	- 100	2,01
14	8,9	3,2	500	600	- 100	6,24
15	1,6	2,6	250	200	+ 50	0,30
16	1,1	3,4	200	150	+ 50	0,20
17	3,5	4,2	300	250	+ 50	1,34
18	12,2	4,7	800	750	+ 50	15,70
19	5,1	3,1	350	350	0	2,02
20	3,2	3,2	300	250	+ 50	0,93
					+ 800 - 600	89,96

supérieur à la valeur estimée, et que cette considération soutient le fait que le bilan de masse de l'Indlandsis du Groenland est négatif.

Entre les caractéristiques des glaciers étudiés : vitesse, largeur, épaisseur, débit, longueur de la langue et pente, une seule corrélation est possible. La Fig. 53 donne le diagramme entre la vitesse et l'épaisseur des glaciers à leur front.

Cette corrélation n'est pas très bonne parce que le fait de réduire l'écoulement des glaciers à ces deux caractéristiques est une simplification extrême, comme bien d'autres facteurs entrent en jeu. D'autre part, les plus grands écarts semblent provenir des épaisseurs estimées trop fortes des glaciers pour ceux dont on n'a aucune donnée concrète, sinon la morphologie générale.

On est donc tenté de calculer le débit total idéal d'un ensemble de glaciers théoriques pour lesquels cette corrélation serait parfaite, en ne corrigeant que les épaisseurs, non les vitesses connues avec une relative

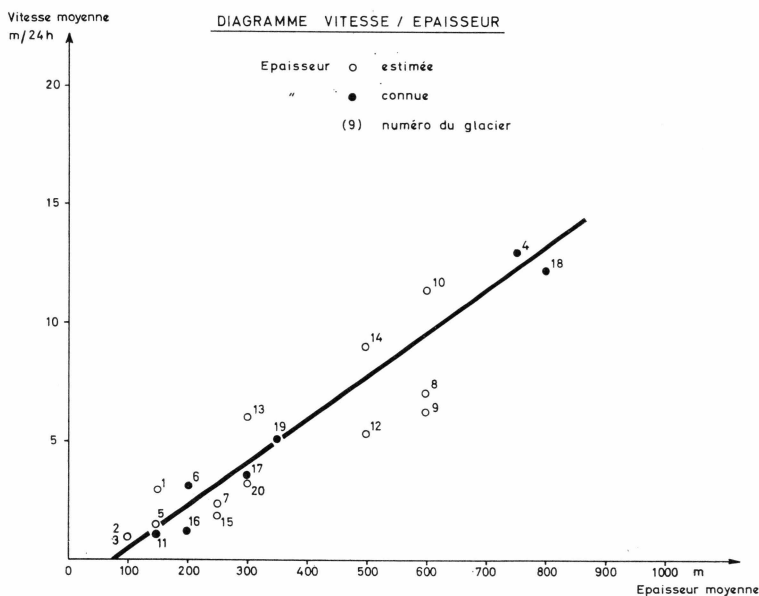


Fig. 53. Diagramme vitesse — épaisseur des glaciers effluents de l'Indlandsis du Groenland.

grande précision. Ces valeurs sont consignées dans le Tableau 16 tirées du diagramme (Fig. 53).

Il s'en suit, avec les réserves exprimées, que le nombre des épaisseurs trop fortes (total +800 m) dépasse celui des épaisseurs trop faibles (total -600 m). Le débit total théorique est le même que celui obtenu directement, ce qui montre que $90 \pm 9 \text{ km}^3$ de glace par an est réel.

4.6. Conclusions

Le débit solide total des glaciers étudiés constitue le tiers du débit solide de tous les glaciers émissaires de l'Indlandsis du Groenland, soit 240 km^3 de glace par an (BAUER, 1954).

Tous les glaciers sont en décrue générale depuis un siècle. La décrue du Jakobshavns Isbræ est énorme.

L'emploi de la photogrammétrie pour l'étude des glaciers du Groenland est une solution fondamentale pour connaître les vitesses superficielles, surtout comme ces mesures peuvent se faire sans aucune préparation au sol. Il est à espérer que, dans l'avenir, tous les glaciers émissai-

res de l'Indlandsis fassent l'objet d'une double couverture de photographies aériennes.

Rappelons cependant que les épaisseurs des fronts des glaciers doivent être précisées pour obtenir une meilleure valeur du débit solide, donnée fondamentale pour le calcul du bilan de masse de l'Indlandsis.

Dans tous les cas, ces travaux forment la base des recherches glaciologiques de l'expédition principale de l'E.G.I.G. de 1959-1960 et de 1967-1968.

BIBLIOGRAPHIE

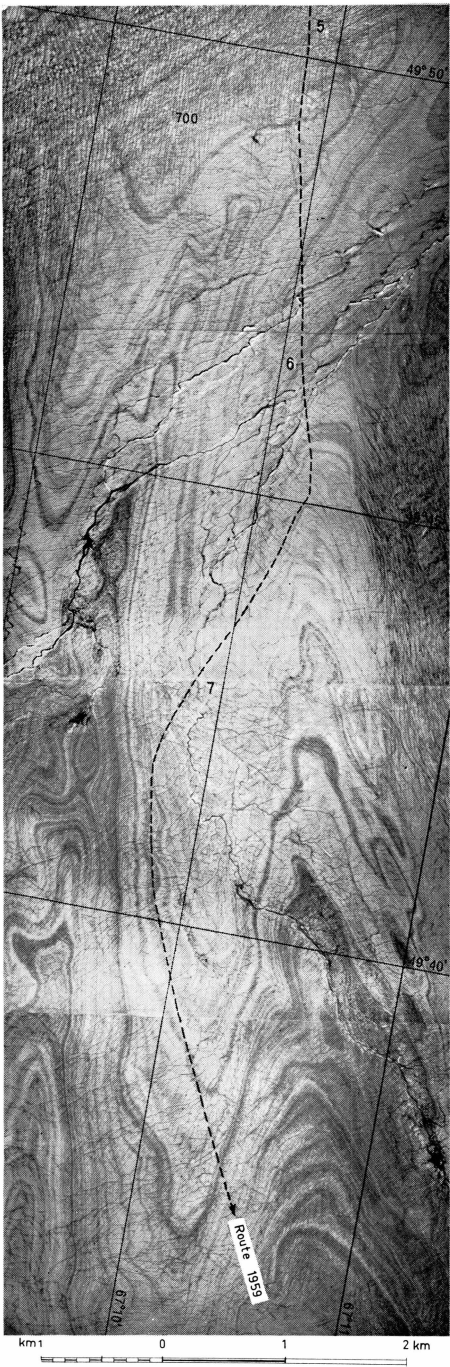
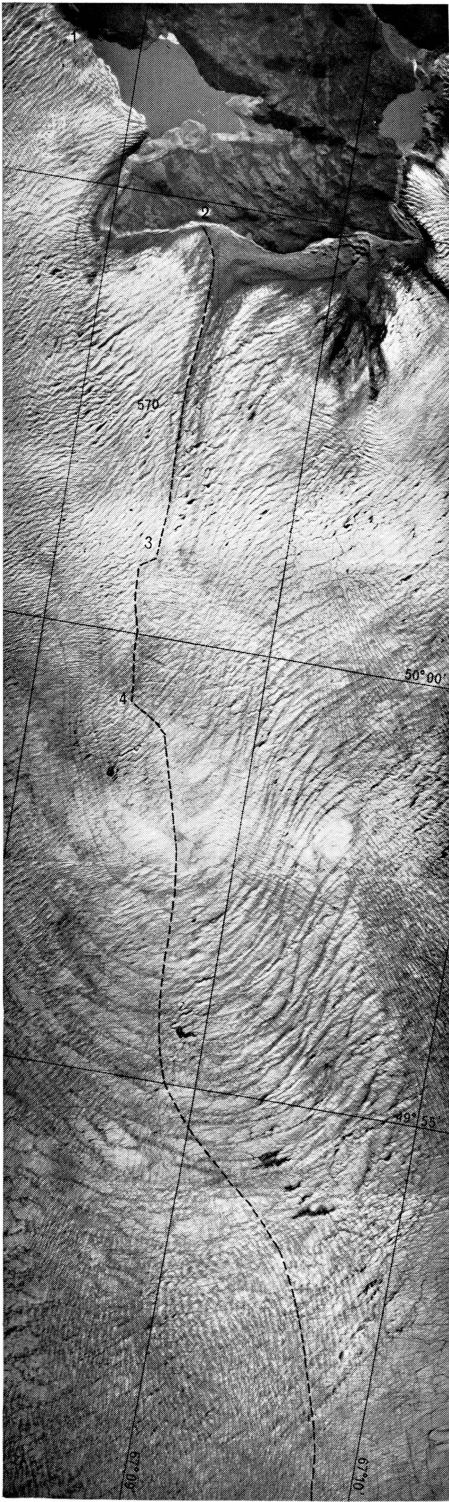
- BAUER, A., 1953. Triangulation côtière de la Région de l'Ege. Expéditions Polaires Françaises, Campagne au Groenland 1948. Annales de Géophysique, T. 9, F. 1, pp. 1-41.
- 1954. Contribution à la connaissance de l'Indlandsis du Groenland; Deuxième Partie: Synthèse Glaciologique. Assemblée Générale de Rome, Commission des Neiges et des Glaces, T. IV, A.I.H.S. No 39, pp. 270-296.
- 1955. Le Glacier de l'Ege. Expéditions Polaires Françaises, Glaciologie, Groenland. Actualités Scientifiques et Industrielles No. 1225, Paris, Hermann et Cie, pp. 1-120.
- 1960. Influence de la dynamique des fleuves de glace sur celle de l'Indlandsis du Groenland. Assemblée Générale de Helsinki, Commission des Neiges et des Glaces, T. IV, A.I.H.S. No. 54, pp. 578-584.
- 1961 a. Interprétation des résultats obtenus sur les vitesses des glaciers du Groenland. Bull. Soc. Fr. Photogrammétrie, No. 3, pp. 14-17.
- 1961 b. Commentaires de stéréogrammes des glaciers du Groenland. Bull. Soc. Fr. Photogrammétrie, No. 3, pp. 18-24.
- 1965. Utilisation de la photographie aérienne en Glaciologie. Photographie Aérienne — Panorama Intertechnique (Rédacteur Pilote : R. Chevallier) 237 p. Chap. 7 ; pp. 65-72, Gauthier-Villars, Paris.
- 1968. Le Glacier de l'Ege (Eqip sermia) 1959. Mouvement et variations du front. Medd. Grønland, Bd. 174, No. 2.
- BAUSSART, M., 1958. Essai de détermination par photogrammétrie de la vitesse superficielle d'un glacier du Groenland. Physique du Mouvement de la Glace, A.I.H.S. No. 47, pp. 8-10.
- 1961. Les procédés de mesure de la vitesse des glaciers par photogrammétrie. Bull. Soc. Fr. Photogrammétrie, No. 3, pp. 3-9.
- CARBONNELL, M., 1961. Application de la méthode d'aérocheminement à la détermination de la vitesse superficielle de glaciers du Groenland. Bull. Soc. Fr. Photogrammétrie, No. 3, pp. 10-13.
- DOLGOUCHINE, L. D., 1958. Les particularités morphologiques essentielles et les régularités du mouvement des glaciers de la marge de l'Antarctide Orientale. Symposium de Chamonix 1958, Physique du Mouvement de la Glace, A.I.H.S. No. 47, pp. 111-124.
- DOLGOUCHINE, L. D., YEVEYEV, S. A., KOTLYAKOV, Y. M., 1962. Current changes in the Antarctic Ice Sheet. Commission des Neiges et des Glaces, Colloque d'Obergurgel 1962, Variation du régime des glaciers existants, A.I.H.S. No. 58, pp. 286-294.
- DRYGALSKI, E. v., 1897. Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 2 Bde, Berlin.

- EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES, 1949. Carte de la Montée vers l'Indlandsis 1/20.000, Institut Géographique National.
- 1952. Carte de reconnaissance 1/50.000 (Du Camp IV au Camp V) Institut Géographique National.
- 1953. Carte de reconnaissance 1/50.000 (Du Camp III au Camp IV). Institut Géographique National.
- GEODÆTISK INSTITUT. Grønland 1/250.000. 68 V 2, 69 V 2, 70 V 2, 71 V 2, 72 V 2, København, 1945–1965.
- GEORGI, J., 1959. Der Rückgang des Jakobshavns Isbræ. Medd. Grønland, Bd. 158, No. 5, pp. 53–70.
- HOFMANN, W., 1958. Bestimmung von Gletschergeschwindigkeiten aus Luftbildern. Bildmessung und Luftwesen, B. 3, S. 71–88.
- JOSET, A., HOLTZSCHERER, J. J., 1954. Sondages séismiques au Groenland. Annales de Géophysique, T. 10, F. 4.
- NUSSER, F. Morphologie du Kangerdlugssuaq. E.G.I.G. Vol. 7, No. 1 (en préparation).
- QUERVAIN, A. D., MERCANTON, P. L., 1925. Résultats scientifiques de l'Expédition Suisse au Groenland 1912–1913. Medd. o. Grønland, Bd 59, pp. 57–271.
- RINK, H., 1857. Grønland geografisk og statistisk beskrevet. København.
- SHUMSKY, P. A., 1957. Principes de Glaciologie Structurale (Traduction française par A. BAUER). C.N.R.S., Annales du Centre d'Etudes et de Documentation Paléontologiques, No. 22, pp. 1–309.
- SORGE, E., 1933. Umiamako und Rinkgletscher. Bericht über wissenschaftliche Arbeiten der Dr. FANK-Grønland Expedition 1932, S. 1–24. Deutsche Universal Film A.G., Berlin, S. 1–24.
- 1933. Mit Flugzeug, Faltboot und Filmkamera in den Eisfjorden Grønlands. Berlin, S. 1–192.
- WEGENER, K., 1933. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Grønland-Expedition ALFRED WEGENER, 1929 und 1930–1931.

PLANCHES

Planche 1

Zone Bordière de l'Indlandsis à l'est de Søndre Strømfjord. Tracé théorique de la
Route 1959. Missions MV 107. No. 4, Photos 0001–0019, 22 07 58.



(E. G. I. G.)

Reconnaissance - juillet 1958.

Planche 2

Nordenskiölds Gletscher. Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m). Mission
MV 3. Photos No. 2, 7, 11, 16, 21 et 26. 12.7.1957.



Planche 3

Sarqardliup sermia. Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m). Mission
MV 3. Photos No. 35, 39, 43, 47, 51 et 55. 12.7.1957.



Planche 4

Jakobhavns Isbræ. Déplacement 15-19 juillet 1958 (échelle: 0-50 m). Mission
MV 2. Photos No. 91, 95, 99, 103, 107, 111 et 115. 15.7.1958.



Planche 5

Sermeq avangnardleq. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission
MV 3. Photos No. 123, 127, 131 et 135. 12.7.1957.

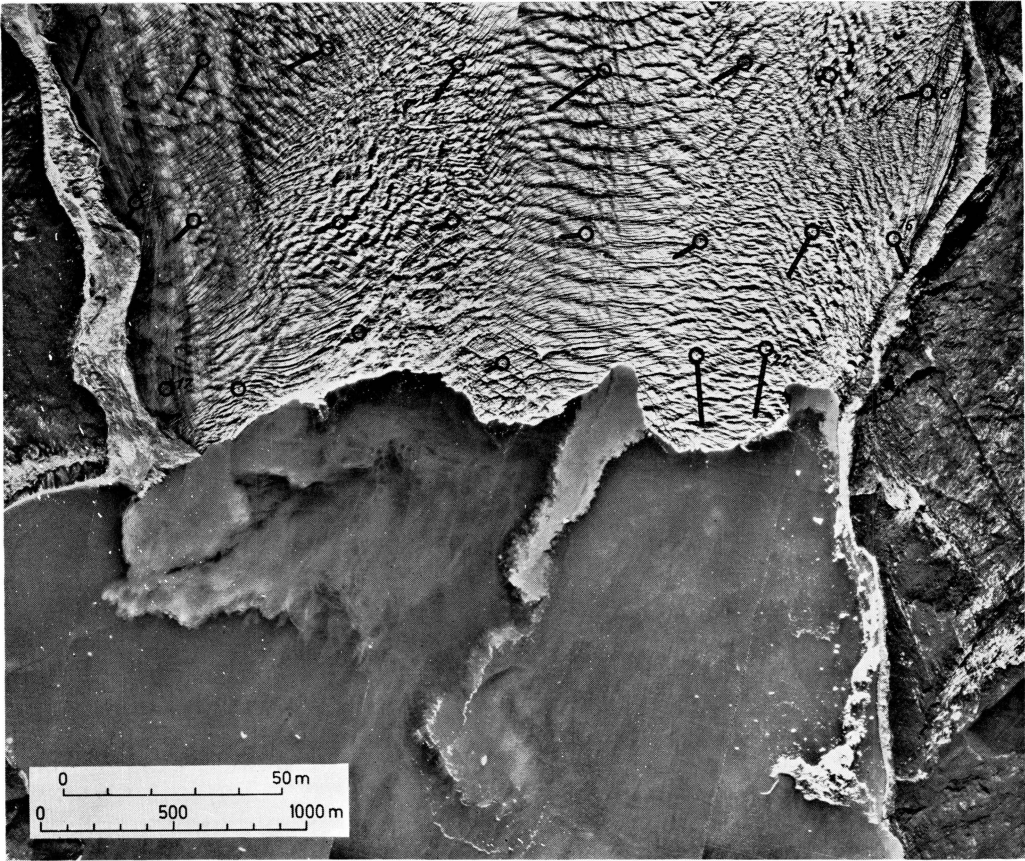


Planche 6

Equip sermia. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission MV 5.
Photos No. 102 et 108. 17.7.1957.

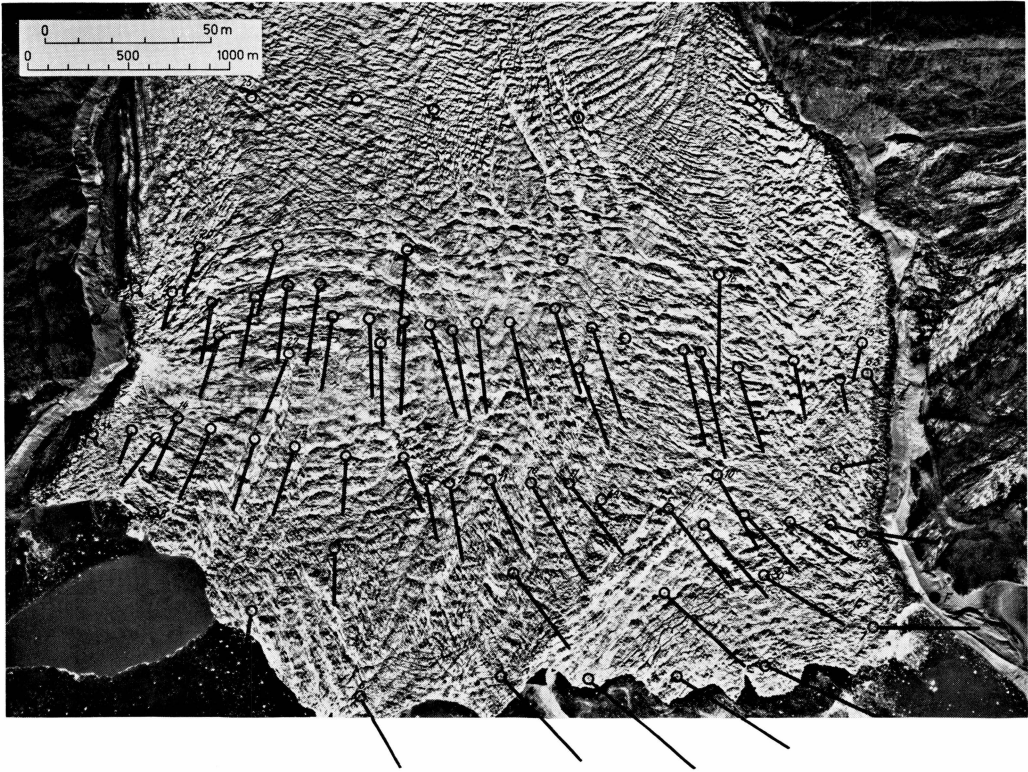


Planche 7

Kangilerngata sermia. Déplacement 7–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m). Mission
MV 1. Photos No. 193, 196, 200 et 202. 7.7.1957.

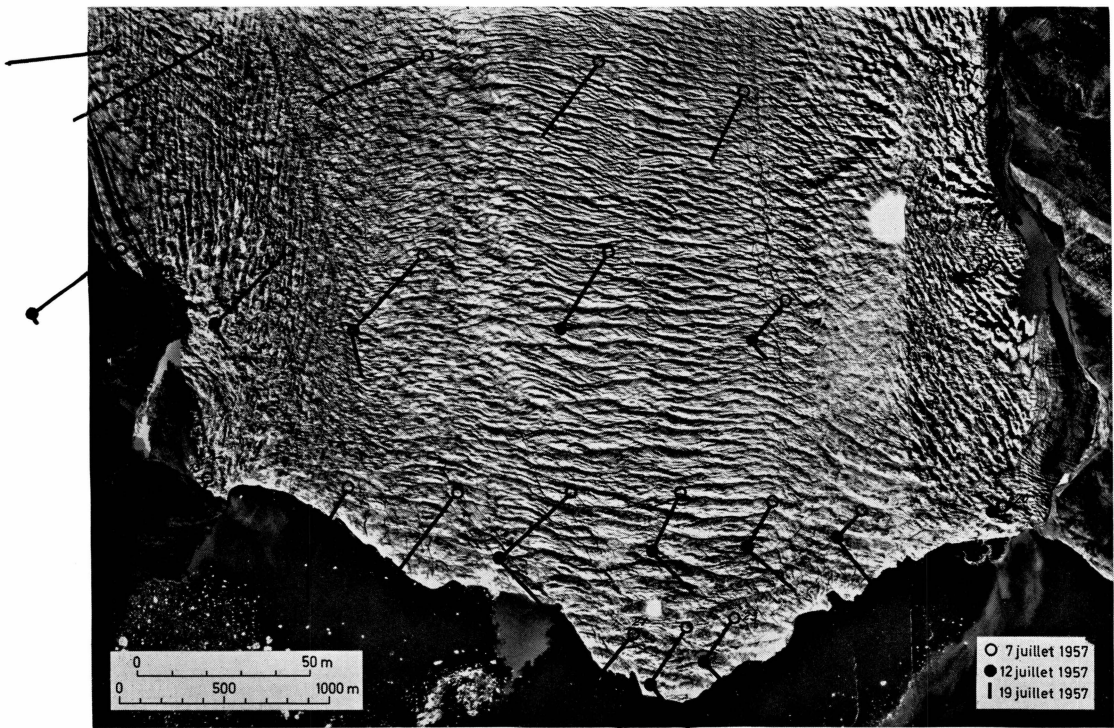


Planche 8

Sermeq kujatdleq (Torssukátak). Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m).
MV 4. Photos No. 1, 2, 4, 7, 11 et 13. 12.7.1957.



Planche 9

Sermeq avangnardleq (Torssukátak). Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle : 0–80 m). Mission MV 4. Photos No. 14, 16, 19, 22, 25 et 27. 12.7.1957.



Planche 10

Store Qarajaq Gletscher. Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m). Mission
MV 4. Photos No. 28, 31, 34, 37 et 40. 12.7.1957.

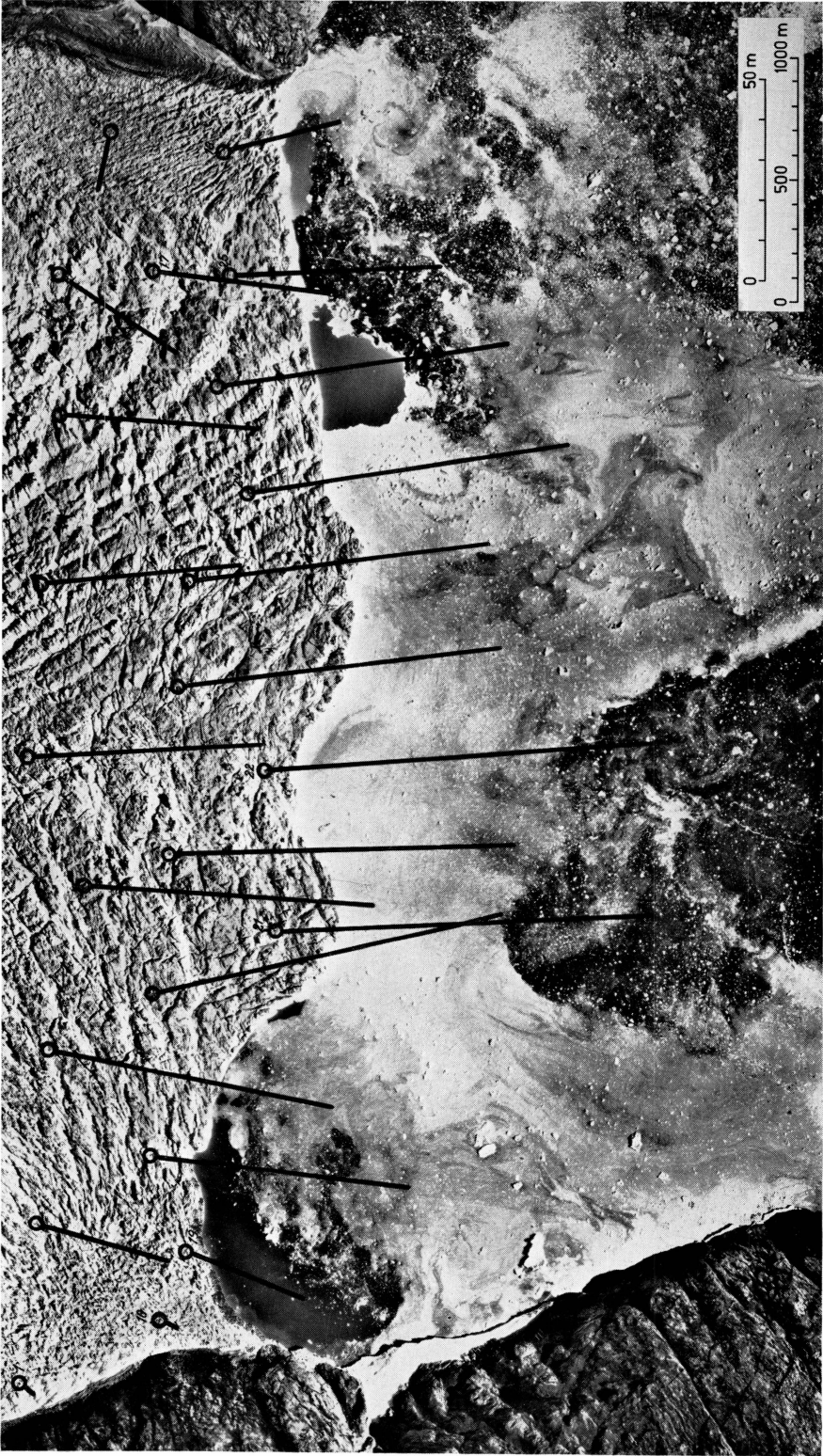


Planche 11

Lille Qarajaq Gletscher. Mission MV 4. Photos No. 42, 45 et 48. 12.7.1957.

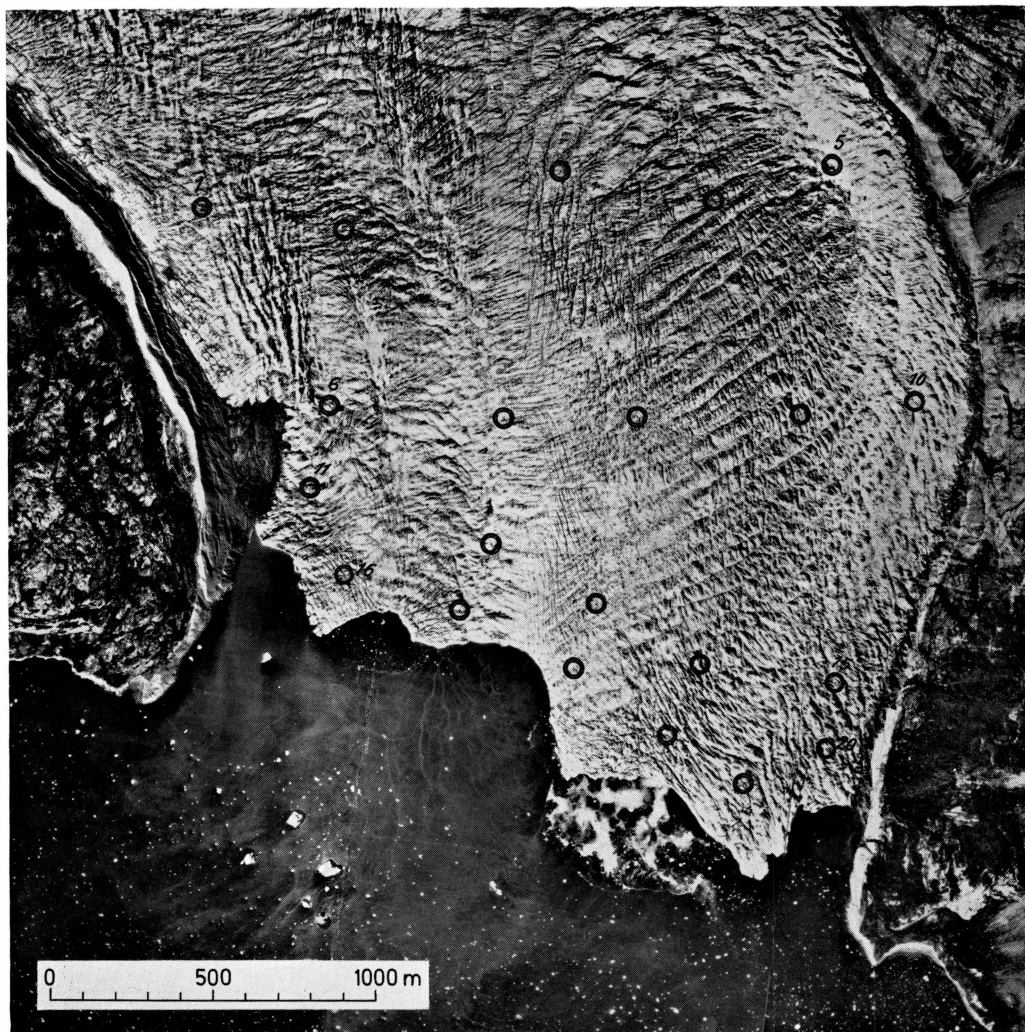


Planche 12

Sermilik. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission MV 4. Photos
No. 52, 56 et 60. 12.7.1957.

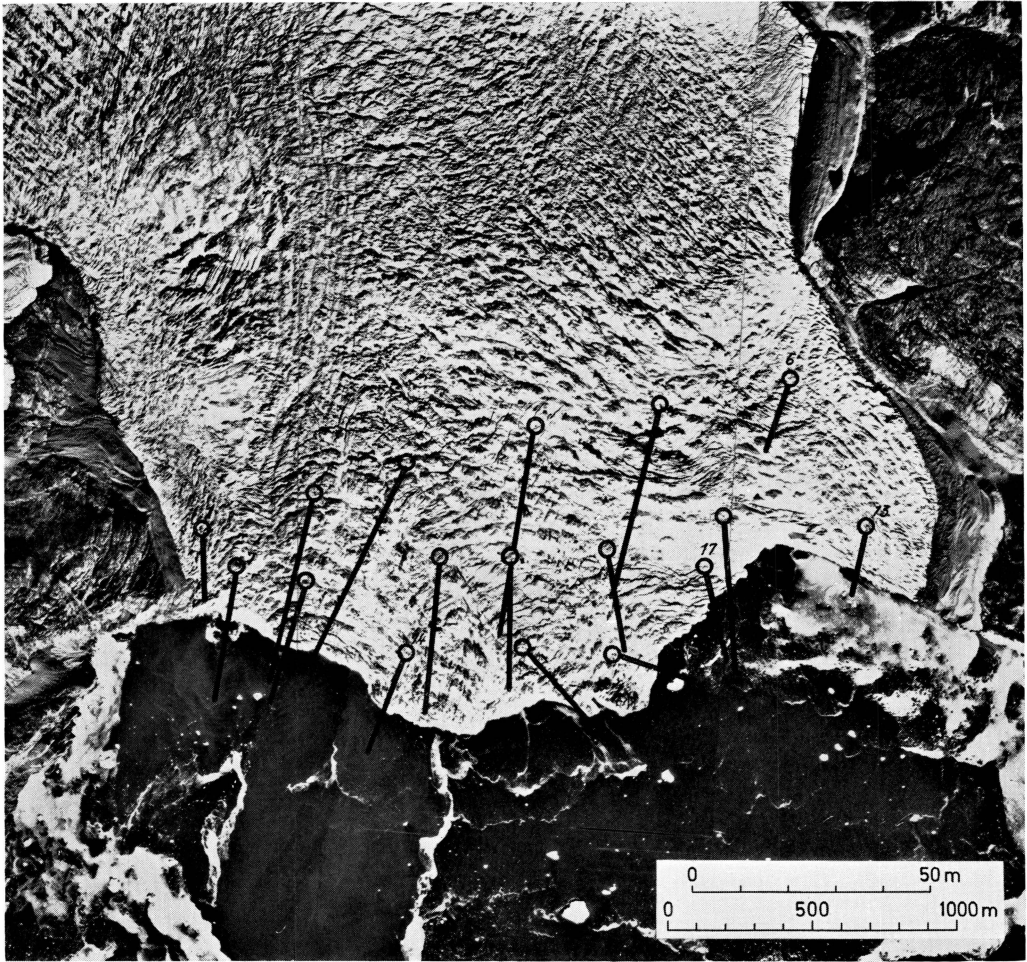


Planche 13

Kangigdleq. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission MV 4.
Photos No. 62, 66 et 70. 12.7.1957.

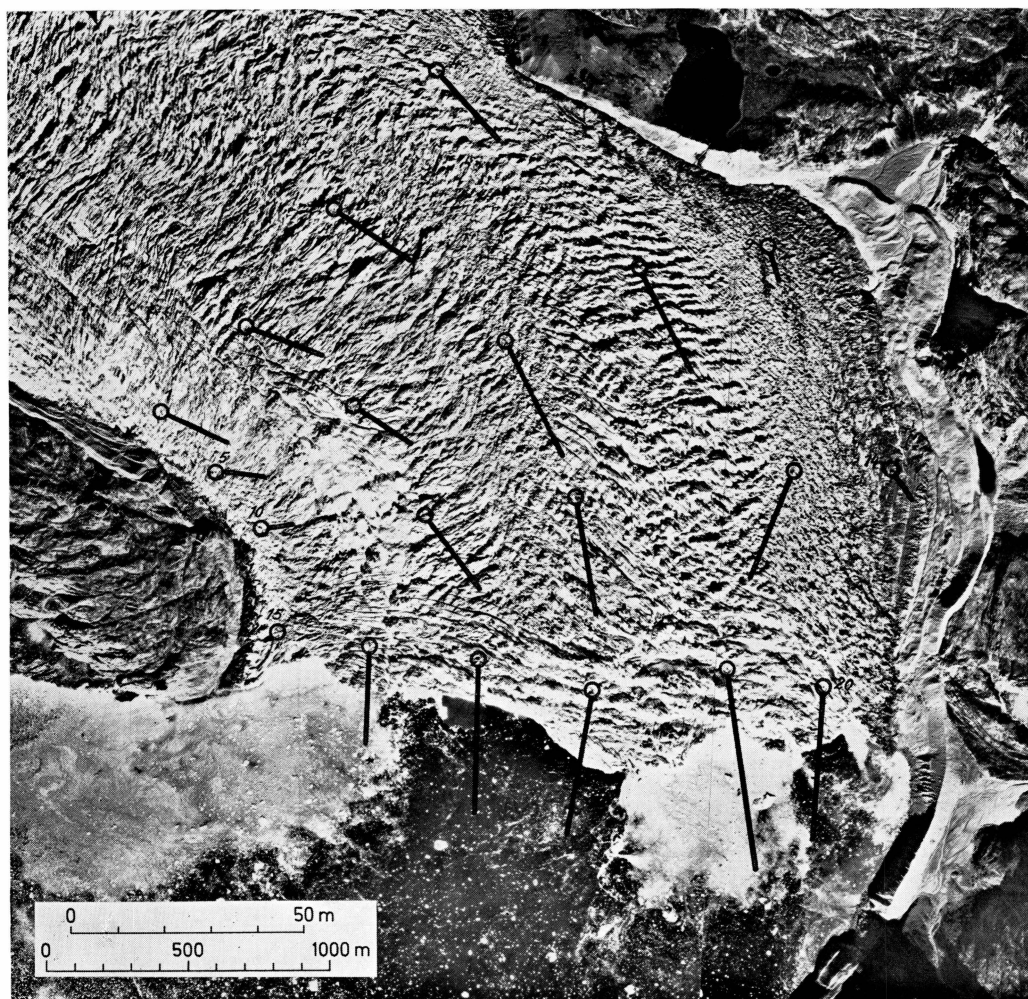


Planche 14

Sigssortartoq (Sermeq silardleq). Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m).
Mission MV 4. Photos No. 72, 74, 77 et 79. 12.7.1957.

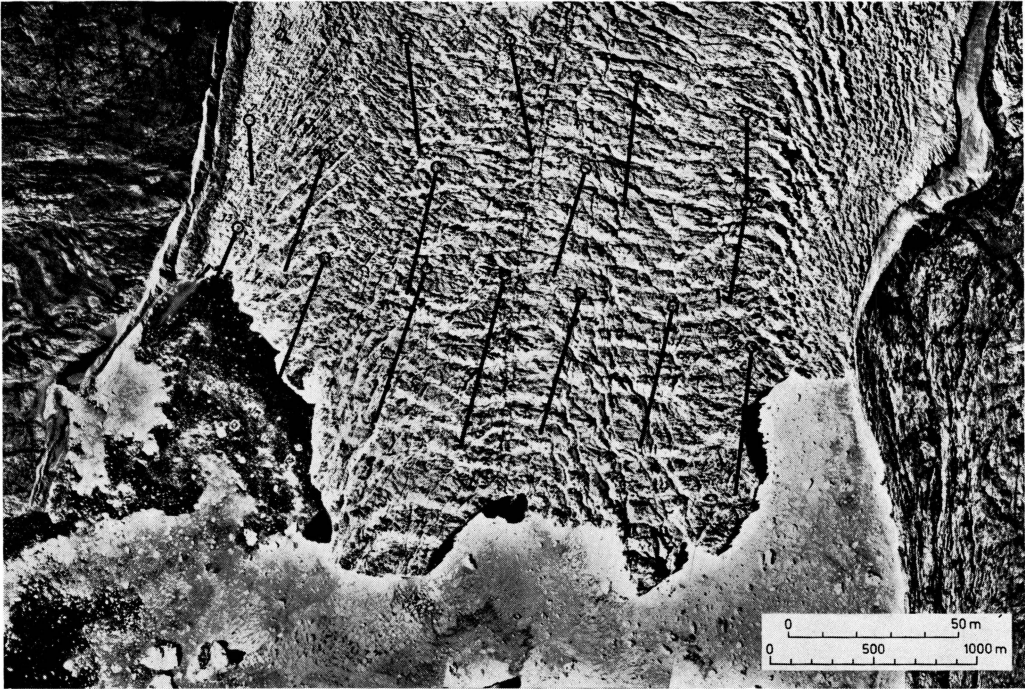


Planche 15

Ingnerit (Perdlerfiup sermia). Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m).
Mission MV 4. Photos No. 85, 88 et 91. 12.7.1957.



Planche 16

Kangerdluarssûp sermia. Déplacement 12-17 juillet 1957. (échelle: 0-50 m). Mission MV 4. Photos No. 103, 106, 109 et 112. 12.7.1957.

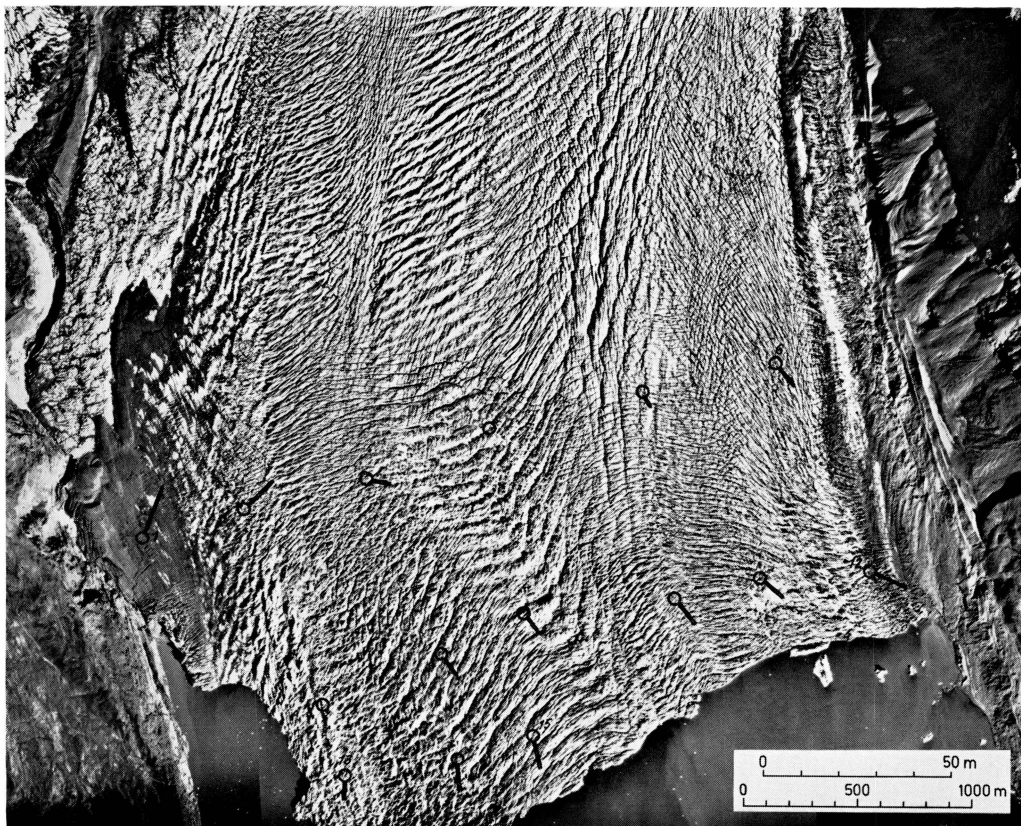


Planche 17

Kangerdlugssùp sermerssua. Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle : 0–50 m).
Mission MV 4. Photos No. 115, 118, 121, 124, 127 et 130. 12.7.1957.



Planche 18

Rinks Isbræ. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission MV 4.
Photos No. 134, 147, 140, 143 et 145. 12.7.1957.



Planche 19

Umiámáko Isbræ. Déplacement 12–17 juillet 1957 (échelle: 0–50 m). Mission MV 4.
Photo No. 151. 12.7.1957.

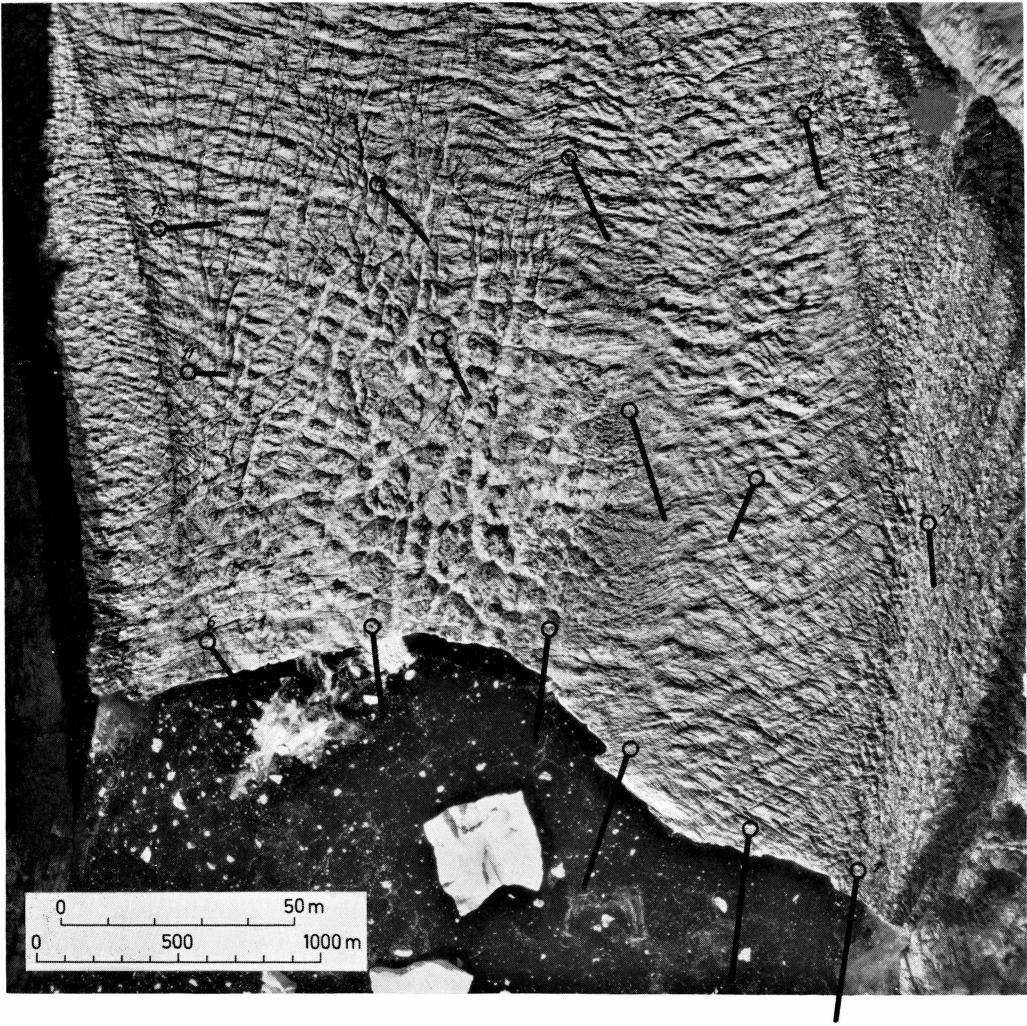
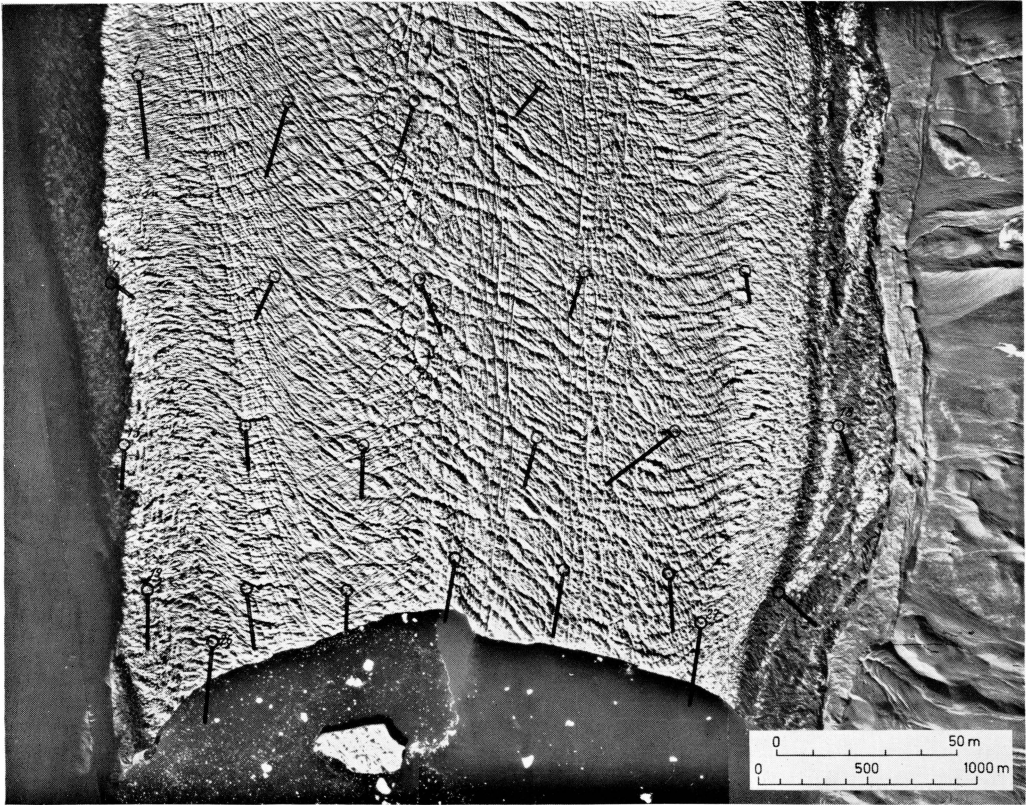


Planche 20

Íngia Isbræ. Déplacement 12-17 juillet 1957 (échelle: 0-50 m). Mission MV 4.
Photos No. 158, 162, 166 et 170. 12.7.1957.

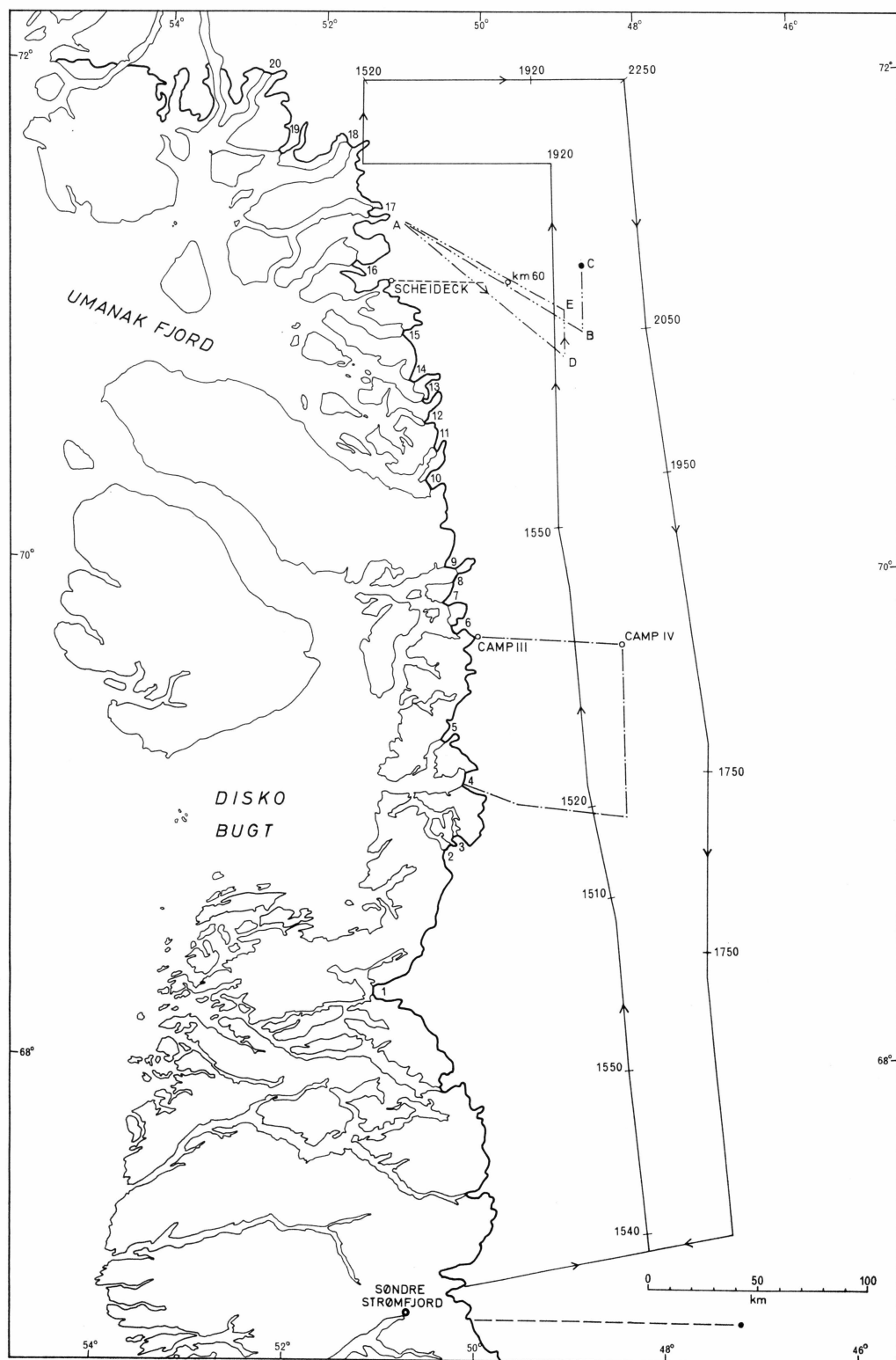


CARTES

Carte 1

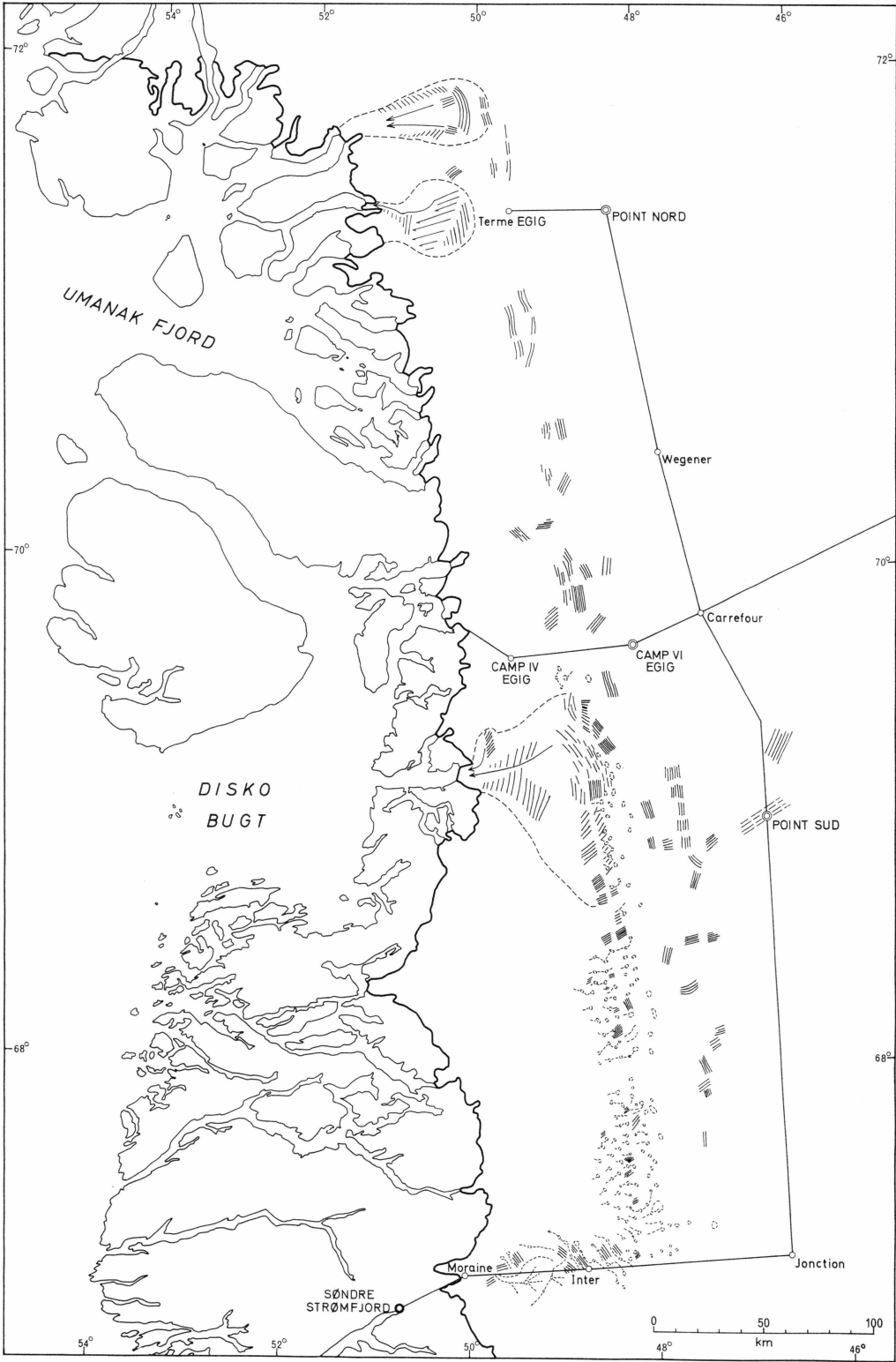
Reconnaissance — Juillet 1957. Armée de l'Air-France

1. Nordenskiöld Gletscher
 2. Sargardliup sermia
 3. Alángordliup sermia
 4. Jakobshavns Isbræ
 5. Sermeq avangnardleq
 6. Eqip sermia
 7. Kangilerngata sermia
 8. Sermeq kujatdleq (Torssukáatak)
 9. Sermeq avangnardleq (Torssukáatak)
 10. Store Qarajaq Gletscher
 11. Lille Qarajaq Gletscher
 12. Sermilik
 13. Kangigdleq
 14. Sigssortartoq
 15. Ingnerit
 16. Kangerdluarssûp sermia
 17. Kangerdlugssûp sermerssua
 18. Rinks Isbræ
 19. Umiámáko Isbræ
 20. Íngia Isbræ
- 6.7.1957 — — — Est de Søndre Strømfjord, 120 km, sur l'Indlandsis ; couverture photographique.
- 7.7.1957 — — — Fronts des glaciers 1 à 8, Camp III—Camp VI ; couverture photographique.
Reconnaissance du bassin de drainage du Jakobshavns Isbræ.
- 11.7.1957 — — — Reconnaissance du bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua ABCADEA.
Couverture photographique AD.
- - - - - Couverture photographique du profil Scheideck — km 60 (Exp. WEGENER).
- 12.7.1957 Fronts des glaciers 1 à 20.
- 14.7.1957 — Reconnaissance sur l'Indlandsis.
- 17.7.1957 Fronts des glaciers 1 à 20.
- 1540 + Altitude en mètres.



Carte 2

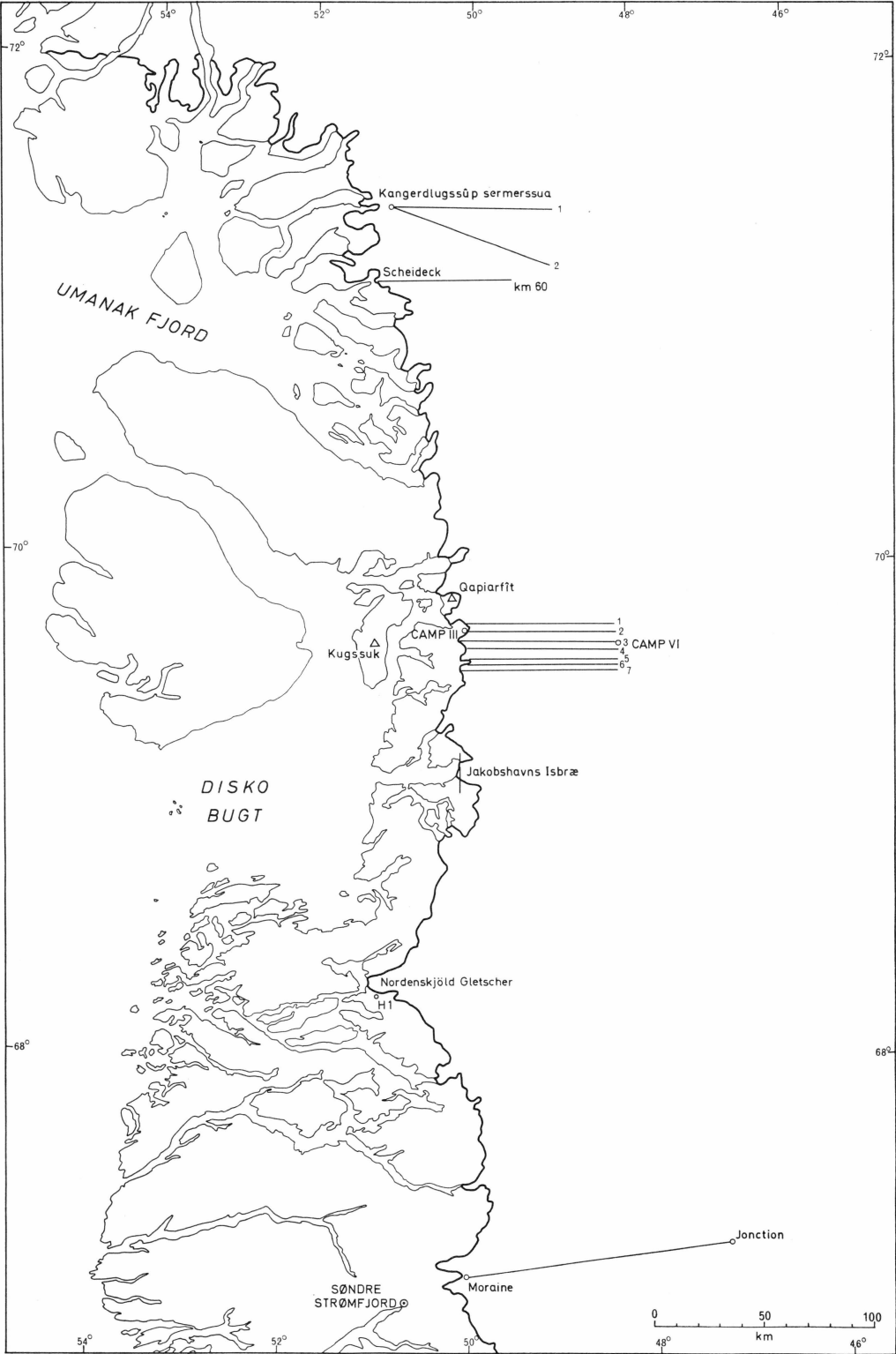
Reconnaissance — Juillet 1957. Armée de l'Air-France. Complétée en 1959. Zones
crevassées



Carte 3

Reconnaissance — Juillet 1958. Armée de l’Air-France.
——— Vol avec couvertures de photographies aériennes.
△ Point géodésique danois.

Vol	Date	Cap
Moraine-Jonction	22 07 58	082
Jakobshavns Isbræ {	15 07 58	180
	19 07 58	180
Camp III–Camp VI {	1 12 07 58	095
	2 12 07 58	095
	3 12 07 58	095
	4 12 07 58	095
	5 12 07 58	095
	6 15 07 58	095
	7 15 07 58	095
Scheideck – km 60	19 07 58	090
Kangerdlugssûp sermerssua {	1 19 07 58	090
	2 19 07 58	110



Carte 4

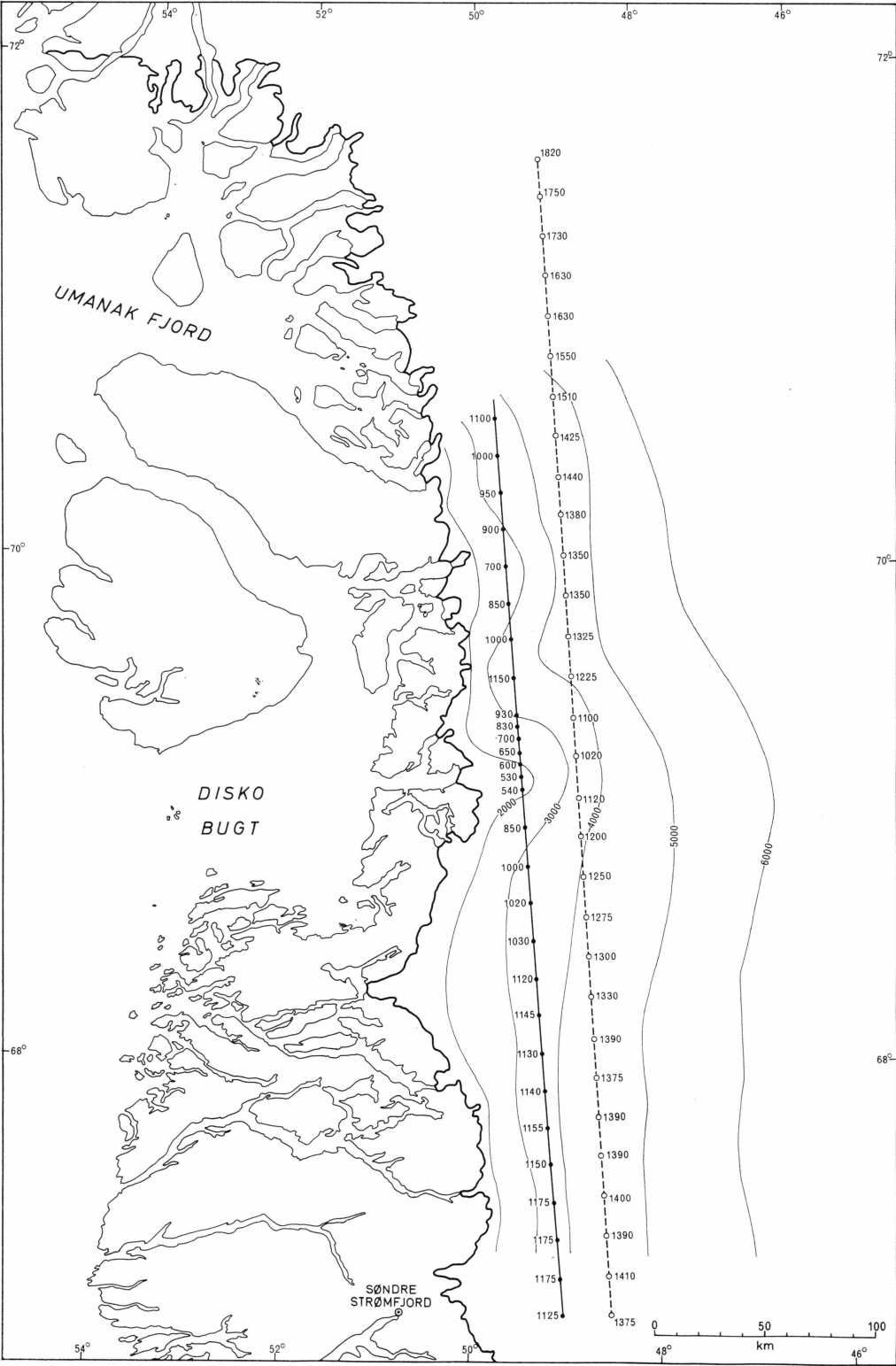
Reconnaissance — Juillet 1958.

Altitudes déterminées au radio-altimètre.

—•—•— Vol du 18 juillet 1958.

---o---o--- Vol du 19 juillet 1958.

Courbes de niveau en pieds. Equidistance: 1000 pieds.



Carte 5

Reconnaissance de 1957 et 1958.

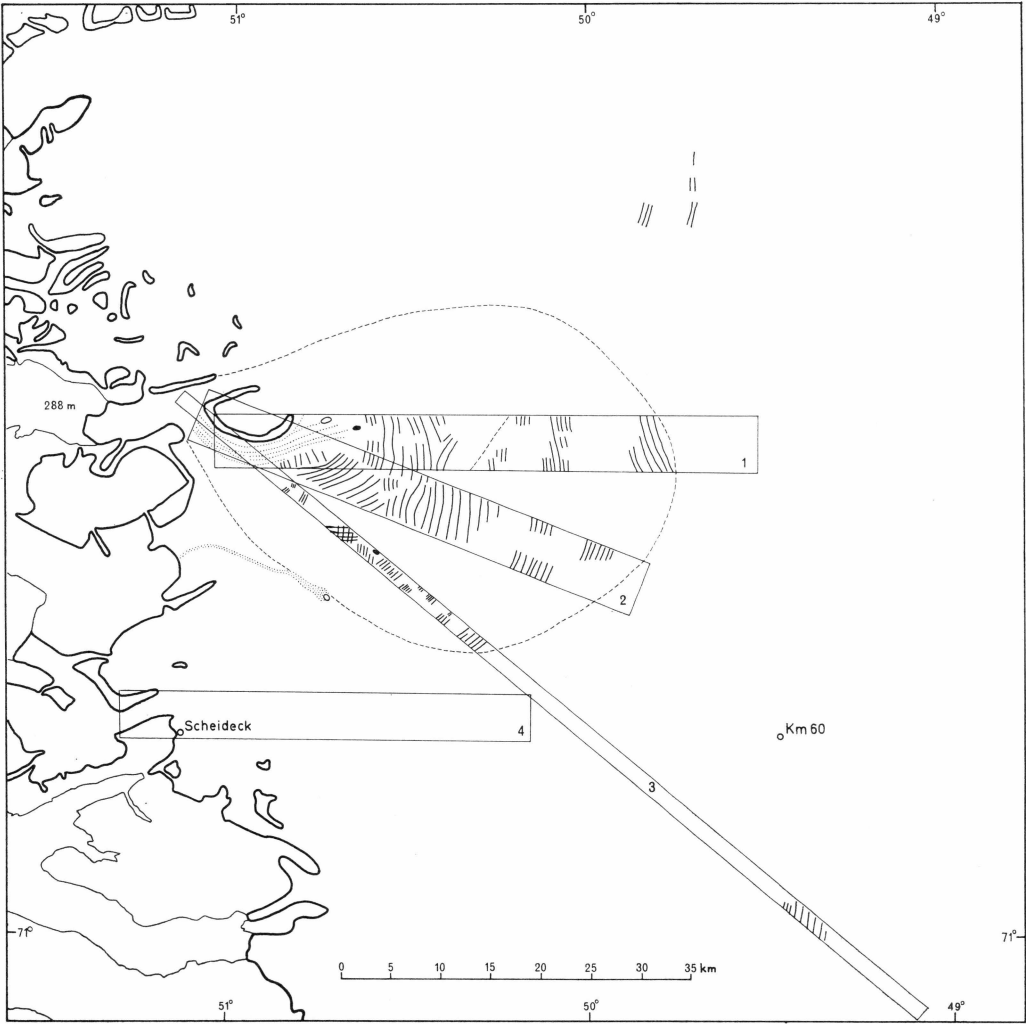
Bassin de drainage du Kangerdlugssûp sermerssua.

1 juillet 1958

2 - 1958

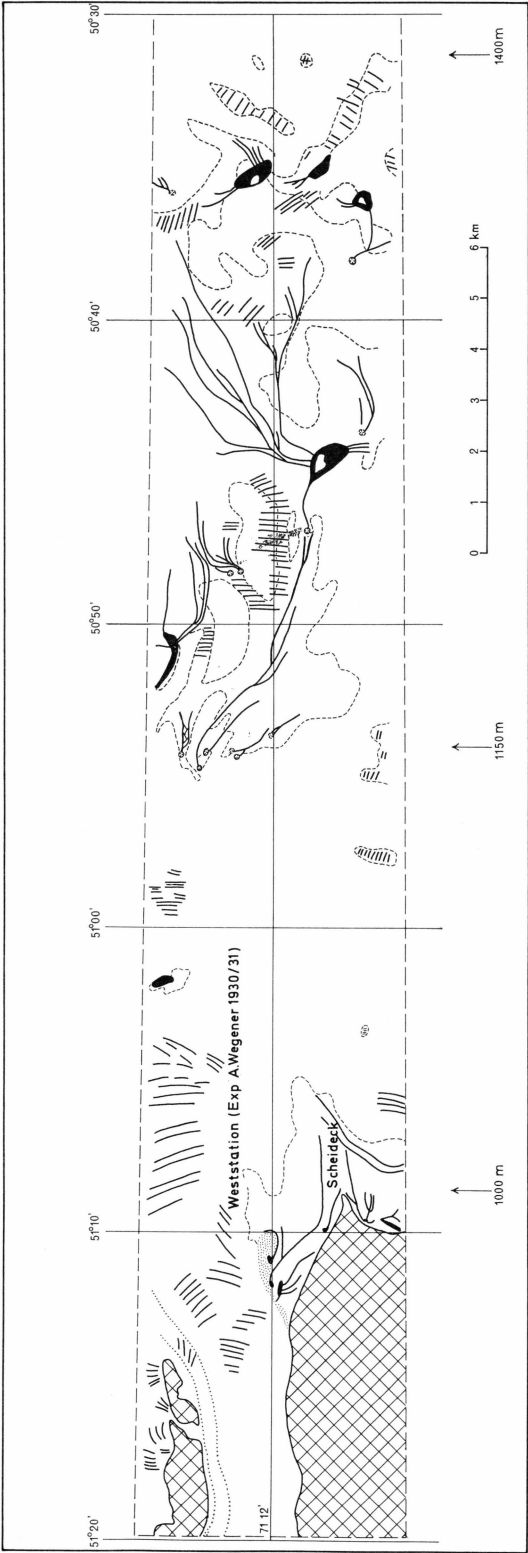
3 - 1957

4 - 1958



Carte 6

Reconnaissance — juillet 1958. Profil Scheideck — km 60.

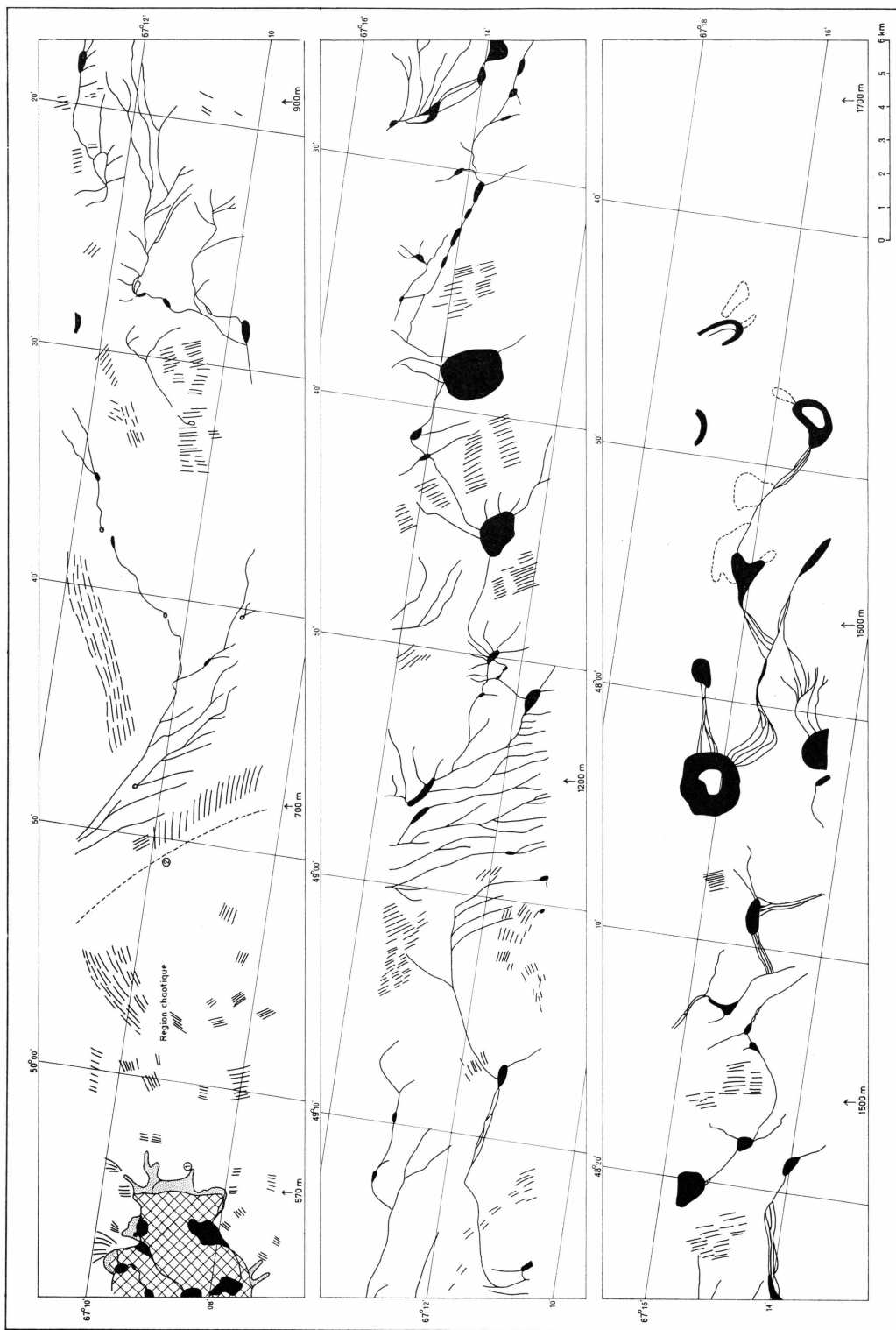


Carte 7

Reconnaissance — juillet 1958.

Profil Moraine (Søndre Strømfjord) — Point J.

- ① Moraine, point de départ du groupe transport EGIG 1959.
- ② Limite supérieure de la région chaotique.



Carte 8

Carte de Reconnaissance Camp III—Camp VI.

Couverture aérienne du 12–15 juillet 1958.

Opération hélicoptérée du 21–26 juillet 1958.

© Balise d'ablation implantée en juillet 1958 et signalisée par un tétraèdre.

