

MEDDELELSER OM GRØNLAND

UDGIVNE AF

KOMMISSIONEN FOR VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I GRØNLAND

Bd. 173 · Nr. 5

EXPEDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND

E. G. I. G. 1957—1960 VOL. 2 No. 3

**EXPLOITATION DES COUVERTURES
PHOTOGRAPHIQUES AÉRIENNES RÉPÉTÉES
DU FRONT DES GLACIERS VÊLANT
DANS DISKO BUGT ET UMANAK FJORD,
JUIN—JUILLET 1964**

**I. NOUVELLES MESURES PHOTOGRAMMÉTRIQUES DE LA
VITESSE SUPERFICIELLE DES GLACIERS DU GROENLAND**

PAR

M. CARBONNELL

**II. ACCÉLÉRATION DE L'ÉCOULEMENT
DES GLACIERS GROENLANDAIS VERS LEUR FRONT
ET DÉTERMINATION DE LEUR DÉBIT SOLIDE**

PAR

A. BAUER

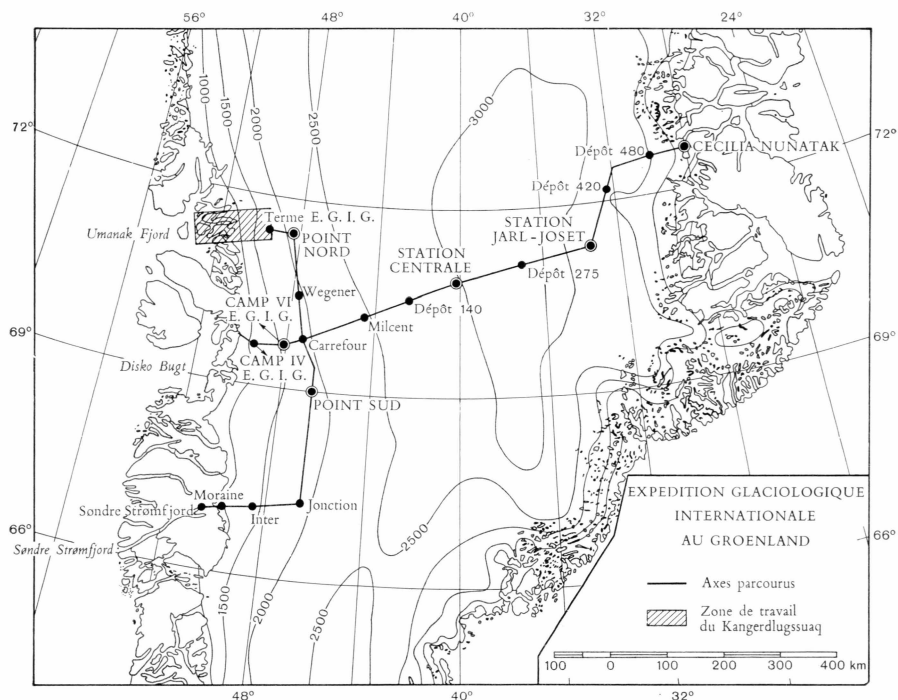
**AVEC 50 FIGURES ET 18 TABLEAUX
DANS LE TEXTE**

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 MATIERES

	Page
Abstract – Résumé	5
Preface	7
 I. NOUVELLES MESURES PHOTOGRAMMÉTRIQUES DE LA VITESSE SUPERFICIELLE DES GLACIERS DE LA CÔTE OUEST DU GROENLAND par M. CARBONNELL.....	
1. Les couvertures photographiques aériennes de 1964.....	10
2. Travaux demandés et méthodes de mesure.....	10
3. Résultats	15
Précision des mesures de vitesse	15
Jakobshavns Isbræ No. 4	20
Sermeq avangnardleq No. 5	22
Eqip sermia No. 6	24
Kangilerngata sermia No. 7	27
Sermeq kujatdleq (Torssukátak) No. 8.....	27
Sermeq avangnardleq (Torssukátak) No. 9	32
Store Qarajaq Gletscher No. 10	34
Lille Qarajaq Gletscher No. 11.....	36
Sermilik Isbræ No. 12	38
Kangigdleq No. 13	40
Sermeq silardleq (Sigssortartog) No. 14	42
Perdlerfiup sermia (Ingnerit) No. 15.....	44
Kangerdluarssûp sermia No. 16	46
Kangerdlugssûp sermerssua No. 17	48
Rinks Isbræ No. 18	50
Umiámáko Isbræ No. 19	52
 II ACCÉLÉRATION DE L'ÉCOULEMENT DES GLACIERS GROENLANDAIS VERS LEUR FRONT ET DÉTERMINATION DE LEUR DÉBIT SOLIDE par A. BAUER	
4. Détermination de la vitesse moyenne le long des profils mesurés; caractéristi- ques et interprétations glaciologiques	55
4.1. Jakobshavns Isbræ No. 4	56
4.2. Sermeq avangnardleq No. 5	57
4.3. Eqip sermia No. 6	58
4.4. Kangilerngata sermia No. 7	59
4.5. Sermeq kujatdleq (Torssukátak) No. 8.....	61
4.6. Sermeq avangnardleq (Torssukátak) No. 9	61

	Page
4.7. Store Qarajaq Gletscher No. 10	62
4.8. Lille Qarajaq Gletscher No. 11	63
4.9. Sermilik Isbræ No. 12	64
4.10. Kangigdleq No. 13	65
4.11. Sermeq silardleq (Sigssortarteq) No. 14	65
4.12. Perdlærfiup sermia (Ingnerit) No. 15	67
4.13. Kangerdluarssûp sermia No. 16	67
4.14. Kangerdlugssûp sermerssua No. 17	68
4.15. Rinks Isbræ No. 18	70
4.16. Umiámáko Isbræ No. 19	71
5. Détermination du débit solide des glaciers étudiés	72
6. Conclusions	75
Bibliographie	78

Abstract

The aim of the present report is to study the repeated photographic coverage of the front of the glaciers calving into Disko Bugt and Umanak Fjord (West Greenland) taken by Danish Geodetic Institut in 1964 within the framework of the glaciological investigations of E.G.I.G.

The first part shows the results of photogrammetric measurements on the clichés of photographs of 16 glaciers made by Institut Géographique National (Paris). The velocities of many transverse profiles, the position and the heights of the front are given for each glacier. The mean values of the velocity at the front range between 0,9 to 19,1 m/24 h for the Jakobshavns Isbræ.

The second part is the glaciological interpretation of these results by A. BAUER. The glaciers show an acceleration of the flow towards their front. Not all glaciers present a front floating. For the glaciers with high velocity, great differences exist between the velocities measured in 1957 and in 1964. The mean velocity at the front of each glacier multiplied by the mean thickness gives the solid discharge which, for the 20 glaciers investigated, reach about $100 \text{ km}^3/\text{year} \pm 3 \%$. The most active, Jakobshavns Isbræ, has a solid discharge of $36,6 \text{ km}^3/\text{year}$, which means $32,9 \text{ km}^3/\text{year}$ of water or $1045 \text{ m}^3/\text{sec}$ of water.

Extrapolating the increase of the discharge of the 20 glaciers in relation to previous estimations, we obtain a figure of the total discharge of outflow glaciers of the Greenland Ice Sheet of $280 \text{ km}^3/\text{year}$ of water. The negative balance of the ice sheet reaches $-110 \text{ km}^3/\text{year}$ of water, which means a water layer of $+0,3 \text{ mm}/\text{year}$ uniformly spread out over all seas of the globe.

Résumé

Le présent rapport a pour objet l'étude des couvertures aériennes répétées du front des glaciers vèlant dans Disko Bugt et Umanak Fjord (Groenland ouest) prises par l'Institut de Géodésie de Danemark en 1964 dans le cadre des recherches glaciologiques de l'E.G.I.G.

La première partie présente le résultat des mesures photogrammétriques des clichés des 16 glaciers effectuées M. CARBONNELL (Institut Géographique National, Paris). Les vitesses de plusieurs profils transversaux, les positions et les hauteurs du front sont données pour chaque glacier. La vitesse moyenne au front est de 0,9 à 19,1 m/24 h.

La deuxième partie porte sur l'exploitation glaciologique de ces résultats par A. BAUER. Les glaciers montrent une accélération de leur écoulement vers leur front. Aucun glacier ne présente un front flottant sur la mer. Pour les glaciers à

très grande vitesse, de grandes différences existent entre les vitesses de 1957 et celles de 1964. La vitesse moyenne au front de chaque glacier, multipliée par l'épaisseur moyenne, donne le débit solide qui, pour les 20 glaciers étudiés, est de l'ordre de $100 \text{ km}^3/\text{an} \pm 3 \%$. Le plus productif, le Jakobshavns Isbræ, a un débit solide de $36,6 \text{ km}^3/\text{an}$, soit $32,9 \text{ km}^3/\text{an}$ valeur en eau ou $1045 \text{ m}^3/\text{sec}$ d'eau.

En extrapolant l'augmentation du débit des 20 glaciers par rapport aux estimations antérieures, il est possible de chiffrer le débit total des glaciers effluents de l'Indlandsis du Groenland à $280 \text{ km}^3/\text{an}$ valeur en eau. Le bilan (négatif) de l'Indlandsis s'établit à $-110 \text{ km}^3/\text{an}$ valeur en eau, soit une tranche d'eau de $+0,3 \text{ mm}/\text{an}$ répartie uniformément sur l'ensemble des mers du globe.

PRÉFACE

Au cours des reconnaissances aériennes au Groenland de 1957 et de 1958, il nous fut possible de réaliser les premières couvertures photographiques répétées du front des glaciers étudiés par E.G.I.G. pour la détermination de leurs vitesses superficielles. La méthode utilisée s'était révélée très fructueuse.

Lors de l'expédition principale de E.G.I.G. en 1959, il fut décidé que ces couvertures répétées seraient refaites avec une chambre métrique pour obtenir les vitesses avec une meilleure précision. Ces travaux furent pris en charge par l'Institut de Géodésie de Danemark comme contribution du Danemark à l'E.G.I.G. Par suite de conditions de vol très défavorables pendant l'été 1959, une seule couverture du front des glaciers put être réalisée: ainsi, la détermination des vitesses fut impossible.

Avec l'accord de l'Institut de Géodésie de Danemark, le Comité de Direction de l'E.G.I.G. pris la décision d'exploiter au maximum les couvertures photographiques de 1957 et de 1958. Cette exploitation fut confiée à l'Institut Géographique National et les frais pris en charge par les Expéditions Polaires Françaises. Ces travaux ont fait l'objet du rapport suivant:

Meddelelser om Grønland, Bd. 173, Nr. 3, 1968 (E.G.I.G. Vol. 2, No. 4)

Missions Aériennes de Reconnaissance au Groenland 1957-1958

Observations aériennes et terrestres

Exploitation des photographies aériennes

Détermination des vitesses des glaciers vëlant dans Disko Bugt et Umanak Fjord.

par A. BAUER, avec la collaboration de M. BAUSSART, M. CARBONNELL, P. KASSER, P. PERROUD et A. RENAUD

Lors de travaux de 1964, l'Institut de Géodésie de Danemark fit exécuter avec succès les couvertures photographiques répétées du front des glaciers étudiés par E.G.I.G. au Groenland. Les négatifs furent confiés à l'Institut Géographique National qui en effectua l'exploitation pour le compte des Expéditions Polaires Françaises qui, comme auparavant, prirent en charge les frais des travaux d'exploitation.

Le présent rapport a pour objet cette exploitation photogrammétrique des clichés de 1964, suivie de son interprétation glaciologique: l'accélération et l'écoulement des glaciers groenlandais vers leur front et détermination de leur débit solide.

La prise des clichés de 1964, qui sont à la base du présent rapport, est due à l'initiative du Prof. E. ANDERSEN, Directeur de l'Institut de Géodésie de Danemark: L'E.G.I.G. tient à le remercier pour cette importante contribution aux recherches glaciologiques entreprises au Groenland.

Mai 1966

A. BAUER

I. NOUVELLES MESURES PHOTOGRAMMÉTRIQUES DE LA VITESSE SUPERFICIELLE DES GLACIERS DU GROENLAND

PAR
M. CARBONNELL

Compte-rendu des travaux effectués
par l'INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL
(Service de la Photogrammétrie) pour le compte des
EXPEDITIONS POLAIRES FRANÇAISES

En 1957 et 1958, l'Expédition Glaciologique Internationale au Groenland (E.G.I.G.) avait fait prendre, par l'Armée de l'Air française, des photographies aériennes des régions frontales de 20 grands glaciers de la Côte Ouest. Deux couvertures photographiques avaient été exécutées à 4 et 5 jours d'intervalle, avec des chambres de reconnaissance montées sommairement à bord d'un avion Nord 2501.

Malgré leurs défauts, (chambres non métriques, écarts importants entre les deux routes successives, . . .) ces couvertures furent exploitées photogrammétriquement par un double aérocheminement et les résultats obtenus apportèrent d'intéressantes données sur les mouvements des glaciers. Ces résultats, d'autre part, furent suffisamment précis pour qu'il fut possible de déterminer le meilleur intervalle de temps qui devait séparer les deux passages de l'avion si de nouvelles couvertures étaient exécutées: de 5 à 20 jours selon les glaciers (BAUER, 1967).

Un intervalle moyen de 13 jours a été adopté lors de la nouvelle campagne de l'E.G.I.G. en 1964. La prise de vues fut effectuée en juin et juillet par l'Institut de Géodésie de Copenhague, avec une excellente chambre photogrammétrique. L'exploitation des clichés fut prise en charge à la fin de 1965 par les Expéditions Polaires Françaises et confiée à l'Institut Géographique National de Paris. Le présent rapport expose les différents travaux exécutés et les résultats obtenus.

1. Les couvertures photographiques aériennes de 1964

Elles intéressent 16 glaciers, numérotés 4 à 19 sur la carte.

Les numéros donnés aux glaciers lors de la précédente campagne ont été conservés pour faciliter les comparaisons.

<i>Dates</i>	9.6.64 –	Glaciers No.	. . .	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	22.6.64 –	–	. . .	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	29.6.64 –	–	4	5	6	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	12.7.64 –	–	4	5	6	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

<i>Heures</i>	9.6.64 –	de 10 h 00 à 11 h 55
	22.6.64 –	de 14 h 50 à 17 h 40
	29.6.64 –	de 13 h 10 à 13 h 50
	12.7.64 –	de 13 h 15 à 14 h 00

Pour les prises de vues des 29 juin et 12 juillet, la concordance des heures est un élément de précision favorable. Pour certains glaciers photographiés les 9 et 22 juin, la différence d'heure (atteignant 7 heures pour les glaciers No. 8 et 9) contrarie l'identification des détails homologues sur les deux couvertures successives, en raison des modifications importantes des ombres. Il serait préférable, dans la mesure du possible, d'effectuer deux passages au dessus de chaque glacier sensiblement à la même heure.

Altitude de vol au dessus de la mer: 26.000 ft = 7.925 m

Chambre métrique Zeiss RMK 15/23 No. 2118, distance principale: 152,77 mm

Objectif Pleogon; *format* 23 × 23 cm, film

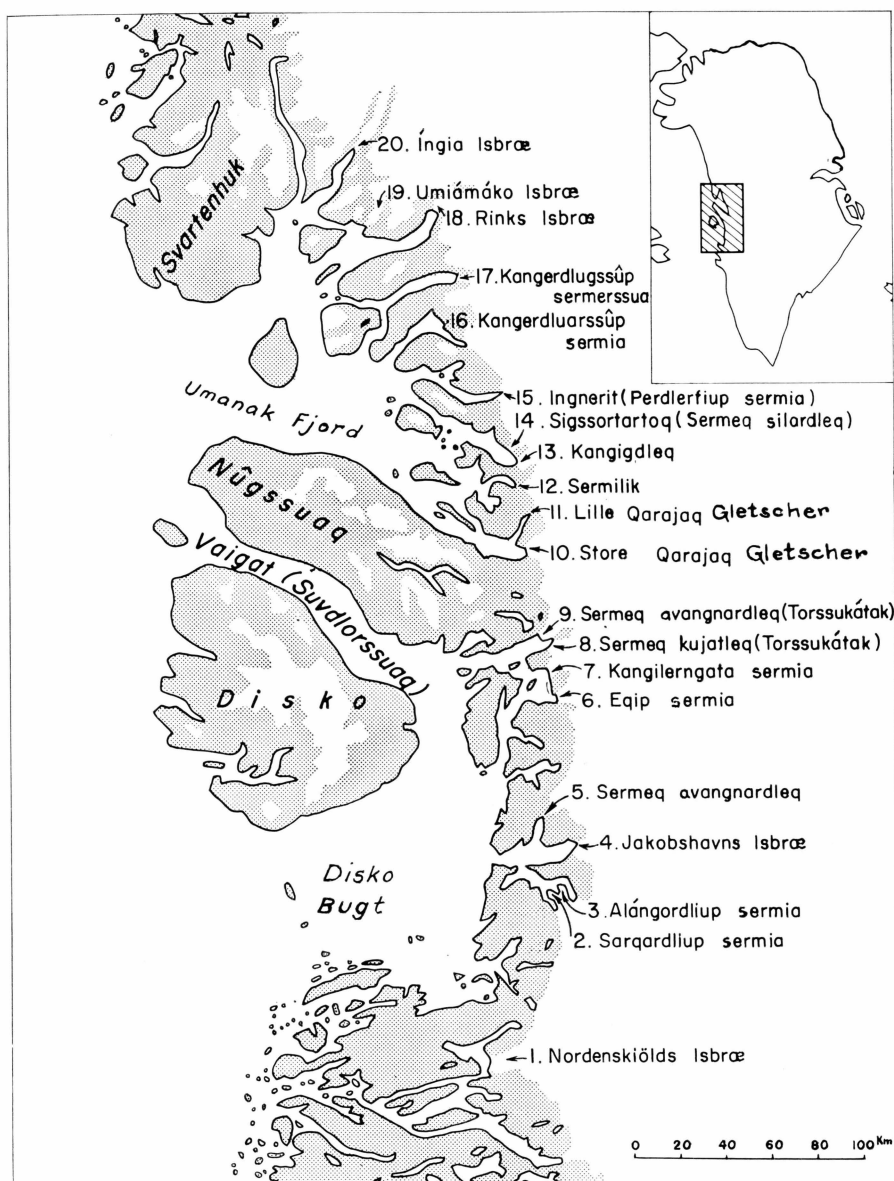
Echelle des clichés: 1/52.000. Cette échelle, nettement plus petite que celle des missions de 1957 et 1958 (1/17 000 et 1/30 000) a diminué notablement le nombre de couples à exploiter et rendu le travail plus facile.

2. Travaux demandés et méthodes de mesure

Les travaux demandés étaient de deux types:

– Mesure des *vitesse superficielles* des glaciers en un certain nombre de points répartis suivant plusieurs profils.

La position et le nombre des profils est variable selon les glaciers. Le choix en a été fait par le Professeur A. BAUER, en fonction des résultats obtenus lors de la première campagne. Pour tous les glaciers ont



E · G · I · G — Glaciers étudiés

Campagne 1957-58	glaciers n° 1 à 20
Campagne 1964	glaciers n° 4 à 19

Fig. 1. Glaciers No. 1-20.

été choisis deux profils à proximité du front, auxquels furent ajoutés le plus souvent un ou plusieurs autres profils (voir tableaux des résultats et planches photographiques). Le nombre total des profils varie, selon les glaciers, de 2 à 9.

— Détermination de la position des *fronts des glaciers* pour chaque date de prise de vues et mesure de la *hauteur des fronts* au-dessus de la mer en différents endroits.

Les seize glaciers se répartissent en trois groupes:

— Les glaciers No. 5-6-7 (photographies des 29 juin et 12 juillet) — 11-12-14-15-16-17-18-19 sont couverts par un seul couple de clichés.

— Les glaciers No. 10-13 sont couverts par deux couples.

— Les glaciers No. 4-7 et 8 (photographies des 9 et 22 juin) — 9 sont couverts par des petites bandes comportant respectivement 3, 5 et 3 couples de clichés.

Pour les deux premiers groupes, toutes les mesures (vitesses et fronts) ont pu être faites par restitution. Pour les glaciers du 3ème groupe, les vitesses ont été mesurées par un double aérocheminement, suivi d'une restitution des fronts.

Glaciers No. 5 - 6 - 7 - 11 - 12 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - Restitution

L'excellente qualité de la chambre métrique et des clichés exigeait l'emploi d'un appareil de restitution qui puisse tirer le meilleur des couvertures photographiques. Il fallait:

— introduire dans l'appareil des films 24×24 cm et une focale de 153 mm, sans correction de distorsion (objectif orthoscopique)

— disposer d'un fort grossissement et d'une optique d'observation très nette pour pointer avec précision des petits détails des surfaces glaciaires.

— pour la mesure des déplacements, procéder par *restitution numérique* et non pas graphique afin de conserver la finesse des pointés; donc disposer d'un appareil d'une réalisation mécanique et optique très précise et équipé d'un enregistreur de coordonnées.

Le PRESA 224 répondait à toutes ces exigences. La restitution fut effectuée sur un PRESA mis aimablement à la disposition de l'I.G.N. par la SOPELEM (Société d'Optique, Précision, Electronique et Mécanique). Il fut ainsi possible d'obtenir, malgré la petite échelle des clichés, des résultats d'une excellente précision.

Les étapes du travail furent les suivantes:

a) Choix, sur des épreuves photographiques, de *détails homologues des glaciers* identifiables avec sûreté sur les deux missions consécutives;

ces détails sont situés sensiblement sur les profils indiqués par le Prof. BAUER. Numérotation de ces points.

b) Choix et numérotation de *points fixes sur les rives*.

c) *Restitution* du couple de clichés pris lors de *l'un des passages* (le premier ou le deuxième selon le cadrage des photographies par rapport au glacier, aux rives et à la mer, et l'état de congélation de la surface de la mer).

- Formation du modèle à l'échelle approximative de 1/25 000.

- « Basculement » du modèle sur la surface de la mer (éventuellement, contrôle approximatif sur les points d'altitude tirés des cartes danoises au 1/250 000).

- Mise à l'échelle rigoureuse par introduction d'un éloignement correspondant à l'altitude de vol au dessus de la mer (7.925 m, soit 317,00 mm au 1/25 000).

- Pointé de tous les détails du glacier et des points fixes des rives; enregistrement des coordonnées-appareil en clair et sur bande perforée.

- Sur une mappe en astrafoil, tracé graphique à l'échelle de 1/25 000 du front du glacier; choix et piquage sur la mappe de deux points fixes sur les rives, à chaque extrémité du front.

- En un certain nombre de points caractéristiques du front, pointés en Z et calcul de la différence d'altitude par rapport au plan de référence constitué par la surface de la mer.

d) *Restitution* du couple de clichés pris lors de *l'autre passage*:

- Formation du modèle.

- Mise à l'échelle calculée sur les points des rives, à partir des coordonnées de ces points enregistrées lors de la restitution du premier couple.

- Basculement du modèle sur ces mêmes points.

- Même opération qu'en c IV.

- Même opération qu'en c V c VI, l'orientation de la mappe étant faite sur les deux points de référence choisis sur les rives.

- Même opération qu'en c VII.

e) *Calcul des vitesses de déplacement*: rotation et translation transformant les coordonnées mesurées sur le deuxième couple restitué dans le système de référence du premier couple, déplacement en X et Y, vitesse diurne et composantes du vecteur vitesse. Ce calcul a été programmé pour calculatrice électronique.

On a obtenu ainsi:

- par restitution numérique, les vitesses superficielles locales en un grand nombre de points répartis le long de certains profils;

- par restitution graphique, la position du front à chaque instant de prise de vues;
- les hauteurs du front au-dessus de la mer.

Glaciers No. 10 - 13 - Restitution

Ces deux glaciers, dans leur partie étudiée, ont été couverts, lors de chaque mission, par deux couples.

On a appliqué la même méthode que dans le cas précédent. Cependant, après restitution du premier couple de chaque passage, on a choisi et déterminé sur la surface glaciaire elle-même des points de liaison qui ont été utilisés pour la mise à l'échelle et pour le basculement transversal du deuxième couple, le basculement longitudinal s'opérant sur la surface de la mer.

Glaciers No. 4 - 7 - 8 - 9 - Aérocheminement et restitution

Pour chacune des deux prises de vues, le glacier No. 4 était couvert par 3 couples, les glaciers No. 7 et 8 (photographiés selon une même bande les 9 et 22 juin) par 5 couples, le glacier No. 9 par 3 couples.

Pour mesurer les vitesses et pour déterminer le canevas de restitution nécessaire au tracé des fronts, on a procédé par un double aérocheminement, comme il avait été fait pour tous les glaciers lors de la campagne 1957-1958. La méthode analytique d'aérotriangulation appliquée par l'I.G.N. a été retenue. Elle a été cependant adaptée aux caractéristiques particulières de ce travail: – petit nombre de couples comportant un grand nombre de points à déterminer; – échelle introduite par la hauteur de vol. Le programme, remanié, a été complété d'autre part par le calcul des déplacements et des vitesses.

Les mesures ont été faites sur un stéréocomparateur S.O.M. et le calcul exécuté sur ordinateur I.B.M. – 7094.

– Le *premier aérocheminement*, appuyé en altimétrie sur les points de cote zéro de la mer et mis à l'échelle par l'altitude de vol, a déterminé, dans un système de référence arbitraire, les coordonnées des points de canevas des couples, des détails repérés sur le glacier et d'un certain nombre de points fixes sur la terre ferme de part et d'autre du glacier.

– Ces derniers points ont servi de base au *second aérocheminement* qui a permis de calculer, dans le même système de référence, les points de canevas des couples et les nouvelles coordonnées des détails de la surface glaciaire.

– Le calcul automatique, compte tenu de l'échelle et de l'intervalle de temps séparant les deux prises de vues, a déterminé les *vitesses* diurnes et les composantes des vecteurs vitesses.

– Les points de canevas ont servi à la mise en place des couples sur le PRESA-224 pour la *restitution* graphique des fronts et les mesures de hauteur des fronts au-dessus de la mer.

3. Résultats

Pour chaque glacier ont été établis les documents suivants, donnés en annexe à ce rapport :

– Les vecteurs vitesse ont été reportés graphiquement à l'échelle de 1/100 (ou 1/250 pour les glaciers les plus rapides, No. 4 et 10) sur des agrandissements ou des mosaïques photographiques. Les montages photographiques originaux sont à l'échelle de 1/17 000 pour tous les glaciers, sauf pour les glaciers No. 4–7–8 et 9 (1/26 000). Dans ces montages, les bords des photographies sont parallèles aux axes de coordonnées selon lesquels ont été calculés les déplacements et les vitesses : le système de référence est celui de la première restitution ou du premier aérocheminement.

Les documents photographiques joints à ce rapport sont des réductions des planches originales : des échelles graphiques des photographies et des vitesses diurnes figurement sur chacun d'eux.

– Des listes donnent, pour chaque détail du glacier ayant fait l'objet d'une mesure et figurant sur les documents photographiques, la vitesse exprimée en mètres par jour et les composantes de cette vitesse selon les axes définis ci-dessus.

– Des reproductions des restitutions graphiques, à l'échelle de 1/25 000, donnent les positions successives des fronts les hauteurs au dessus de la mer y sont indiquées et localisées.

Précision des mesures de vitesse – La qualité des clichés et les conditions dans lesquelles ont été conduites les opérations assurent une excellente précision des mesures. Quelques données permettent de l'estimer.

– Le glacier No. 7 a été photographié quatre fois. Les deux premières missions (9 et 22 juin) ont été exploitées dans un aérocheminement couvrant les glaciers No. 7 et 8. Les deux dernières (29 juin et 12 juillet) ont été exploitées par restitution numérique, le glacier étant couvert par un seul couple. Les résultats des deux séries de mesures, totalement indépendantes, ont été regroupés dans les tableaux et tracés, les uns en trait plein, les autres en tireté, sur la planche photographique. Ils sont parfaitement homogènes.

– Pour l'ensemble des glaciers traités par restitution numérique, l'ajustement du second couple sur le premier s'est fait dans les conditions suivantes :

altimétrie: écart moyen quadratique au plan moyen (H_0):	$\pm 0,02$ mm, soit 0,5 m
écart maximum:	$\pm 0,05$ mm, soit 1,2 m
planimétrie: erreur relative moyenne sur les di- stances séparant les points fixes, pris deux à deux	$1,1 \times 10^{-4}$

– Pour les glaciers traités par aérocheminement, les écarts planimétriques résiduels ($\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$) de l'ajustement du second aérocheminement sur le premier sont les suivants:

- glaciers No. 4 (6 points fixes): écart moyen quadratique: $\pm 4,1$ m
écart maximum: 6,1 m
- glaciers 7 et 8 (9 points fixes): écart moyen quadratique: $\pm 2,6$ m
écart maximum: 5,4 m
- glacier No. 9 (6 points fixes): écart moyen quadratique: $\pm 8,2$ m
écart maximum: 9,7 m

La précision est nettement meilleure dans le cas de la restitution directe de couples couvrant la partie terminale du glacier: l'erreur relative de $1,1 \times 10^{-4}$ représente en effet, sur la moyenne des distances séparant deux à deux les points fixes, une erreur absolue moyenne de 0,7 m. Il convient toutefois de remarquer que les écarts indiqués pour l'ajustement des aérocheminements concernent des points situés dans les parties marginales de la zone à traiter et que la compensation réalisée par cet ajustement assure un bien meilleur accord entre les deux positions très voisines occupées successivement par le même détail de la surface glaciaire.

– Il est difficile d'estimer l'erreur introduite par la détermination de l'échelle à partir de la hauteur de vol donnée par l'altimètre de bord. Mais il n'est pas nécessaire de connaître l'échelle avec précision puisqu'elle n'intervient que d'une façon relative. Une erreur de 1/100 sur l'altitude de vol (soit 80 m) n'aurait entraîné qu'une erreur relative de 1/100 sur les déplacements, donc sur les vitesses. Les variations d'altitude déduites des éloignements relevés sur l'appareil de restitution n'atteignent jamais, en tout cas, 1/100 de l'altitude absolue et sont généralement de l'ordre de 1/250.

– Le facteur d'imprécision le plus important risque d'être la difficulté d'identifier avec certitude des points homologues du glacier sur les deux séries de clichés. Le choix de ces points a été fait avec grand soin avant les mesures et les détails retenus piqués à l'aiguille fine sur un jeu d'épreuve. Mais c'est en définitive lors des mesures elles-mêmes que l'identité rigoureuse des détails très fins pointés dans les appareils peut être réalisée.

La mémoire visuelle des opérateurs, aidée par le relevé de petits croquis lors du premier passage, la définition plus ou moins bonne du détail choisi, le jeu des éclairages et des ombres interviennent dans cette opération d'une manière qu'il est évidemment très difficile de chiffrer.

– Un bon critère de la précision des mesures peut être obtenu par l'analyse des très petits déplacements, des directions prises par les vecteurs vitesse qui les expriment et de la façon dont ces vecteurs s'harmonisent avec l'ensemble des vecteurs relatifs à une même profil. Un petit nombre d'entre eux est aberrant. Mais la très grosse majorité s'insère parfaitement dans le champ des lignes de force que forment tous les vecteurs, qu'on les considère par profils ou pour l'ensemble de la surface glaciaire traitée.

– Les considérations qui précèdent permettent d'estimer à ± 3 m l'erreur moyenne sur la mesure des déplacements, les erreurs maximales pouvant atteindre 6 ou 7 m. Les erreurs supérieures ont un caractère nettement accidentel et apparaissent manifestement par la discordance des vecteurs vitesse avec les vecteurs voisins.

A cette erreur absolue de ± 3 m correspond une erreur relative d'environ :

10 % pour des vitesses d'écoulement de l'ordre de 2 m/jour

5 % pour des vitesses d'écoulement de l'ordre de 5 m/jour

3 % pour des vitesses d'écoulement de l'ordre de 10 m/jour

2 % pour des vitesses d'écoulement de l'ordre de 15 m/jour

1 % pour des vitesses d'écoulement de l'ordre de 20 m/jour

Tableau 1. Mesure des vitesses superficielles des glaciers – 1964

Glaciers	Profil No.	Nombre de déplacements mesurés	Plus petite et plus grande vitesse		Vitesse diurne moyenne
			m		
No. 4 Jakobshavns Isbræ.....	1	15	0,43	22,00	13,42
	2	19	0,11	20,99	11,44
	3	15	0,11	20,24	10,20
No. 5 Sermeq avangnardleq...	1	12	0,10	2,06	0,84
	2	14	0,22	1,45	0,81
No. 6 Eqip sermia	1	16	0,04	3,59	1,99
	2	13	0,19	2,95	1,71
	3	10	0,62	2,22	1,61
	4	8	0,06	2,32	1,49
	5	12	0,04	1,53	0,61
	6	5	0,10	0,29	0,16
No. 7 et 8	1	5	4,08	4,74	4,40
Kangilerngata sermia.....	2	11	0,14	4,21	2,51
Sermeq kujatdleq.....	3	10	0,15	3,17	2,04
	4	11	0,21	1,98	1,12
	5	23	0,06	16,62	3,91
	6	11	0,21	17,34	7,70
	7	21	0,13	8,43	3,09
	8	11	1,51	4,21	3,40
	9	11	0,15	2,89	1,67
No. 9 Sermeq avangnardleq .. (Torssukátak).....	1	12	0,30	8,33	4,77
	2	12	0,11	9,46	5,21
	3	14	0,45	5,48	3,11
	4	25	0,37	3,51	1,99
No. 10	1	15	0,21	10,91	5,96
Store Qarajaq Gletscher	2	14	0,09	12,71	8,02
	3	18	1,19	17,28	11,71
	4	15	2,73	17,49	14,28
No. 11	1	9	0,22	1,53	0,97
Lille Qarajaq Gletscher	2	9	0,24	1,42	1,01
No. 12 Sermilik Isbræ.....	1	10	1,26	4,43	2,68
	2	6	2,09	4,29	3,26
	3	7	0,94	6,22	3,92
No. 13 Kangigdleq	1	12	1,30	3,22	1,97
	2	4	2,18	2,91	2,57
	3	4	1,39	3,60	2,40
	4	8	0,43	5,18	3,57
	5	9	1,08	5,59	3,76
No. 14 Sermeq silardleq	1	12	0,63	5,42	3,97
	2	9	6,23	9,36	7,84
	3	15	5,22	9,64	8,22
	4	14	8,85	10,37	9,58

Tableau 1 (cont.)

Glaciers	Profil No.	Nombre de déplacements mesurés	Plus petite et plus grande vitesse		Vitesse diurne moyenne
			m		
No. 15 Perdlerfiup sermia	1	8	0,91	3,37	2,61
	2	9	0,63	4,83	2,88
No. 16 Kangerdluarssûp sermia	1	7	0,83	1,24	1,04
	2	6	0,39	1,40	0,90
	3	9	0,82	1,61	1,21
No. 17 Kangerdlugssûp sermerssua . . .	1	4	7,52	8,70	7,60
	2	7	7,00	8,60	7,60
	3	9	4,65	7,42	6,57
	4	9	0,17	7,12	5,17
	5	10	0,17	6,46	4,10
	6	9	0,30	6,27	4,56
	7	8	1,21	5,88	4,07
No. 18 Rinks Isbræ	1	11	0,16	13,47	8,47
	2	12	0,47	12,81	8,13
	3	9	0,28	11,87	6,54
No. 19 Umiámáko Isbræ	1	9	0,84	4,08	3,12
	2	9	1,35	4,09	2,83
	3	9	1,07	3,02	2,24

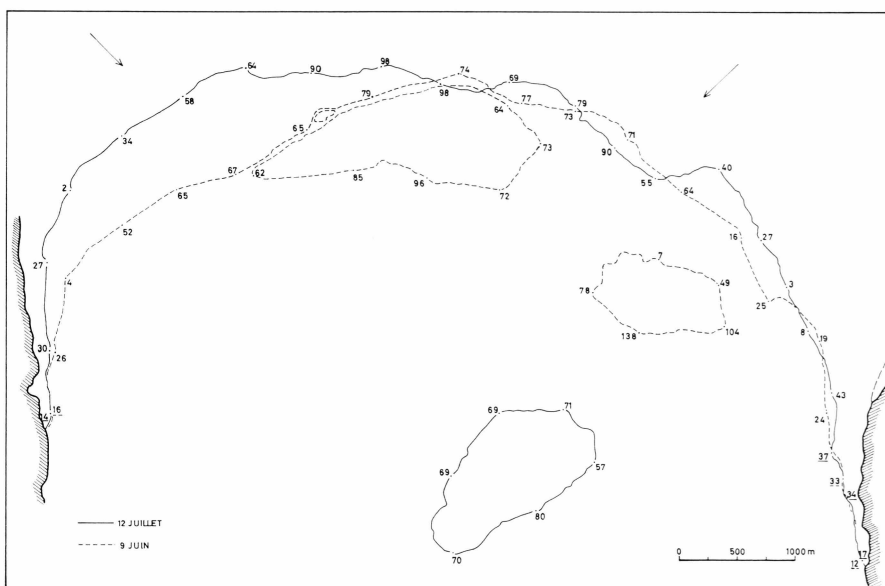


Fig. 2. Jakobshavn Isbræ, glacier No. 4. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 2. Glacier No. 4 – Jakobshavn Isbræ
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse			
			en X	en Y				en X	en Y		
Profil No. 1.	1	0.50	+	0.06	0.50	Profil No. 2.	26	19.52	+	19.51	0.60
	2	20.23	+	20.10	2.23		27	19.96	+	19.94	0.87
	3	21.66	+	21.52	2.39		28	20.87	+	20.84	1.02
	4	21.30	+	21.15	2.49		29	20.99	+	20.97	0.97
	5	22.00	+	21.86	2.52		30	20.59	+	20.55	1.22
	6	21.23	+	21.15	1.91		31	19.58	+	19.40	2.63
	7	21.57	+	21.48	2.03		32	18.85	+	18.71	2.22
	8	20.47	+	20.36	2.14		33	10.93	+	10.69	2.27
	9	20.16	+	20.07	1.95		34	0.20	+	0.13	0.14
	10	18.48	+	18.25	2.87		35	0.76	+	0.66	0.38
	11	6.46	+	6.34	1.24		36	17.71	+	17.69	0.82
	12	4.12	+	4.12	− 0.04		37	19.26	+	19.25	0.59
	13	2.09	+	1.96	− 0.74		38	20.24	+	20.24	− 0.04
	14	0.66	+	0.64	− 0.14		39	19.85	+	19.84	0.16
	15	0.43	+	0.39	− 0.18		40	19.47	+	19.47	− 0.04
Profil No. 2.	16	0.11	+	0.11	0.02	41	19.24	+	19.24	0.19	
	17	0.48	+	0.48	0.07	Profil No. 3.	42	18.11	+	10.11	0.15
	18	0.23	+	0.16	− 0.16		43	12.88	+	12.87	− 0.59
	19	1.01	+	1.00	− 0.04		44	1.69	+	1.63	0.41
	20	1.82	+	1.81	0.10		45	1.37	+	1.37	− 0.15
	21	2.90	+	2.90	0.07		46	1.32	+	1.25	− 0.41
	22	7.05	+	6.99	0.85	47	0.92	+	0.86	− 0.35	
	23	15.29	+	15.19	1.78	48	0.20	−	0.01	− 0.20	
	24	18.26	+	18.16	1.90	49	0.11	−	0.11	− 0.03	
	25	18.83	+	18.76	1.67						

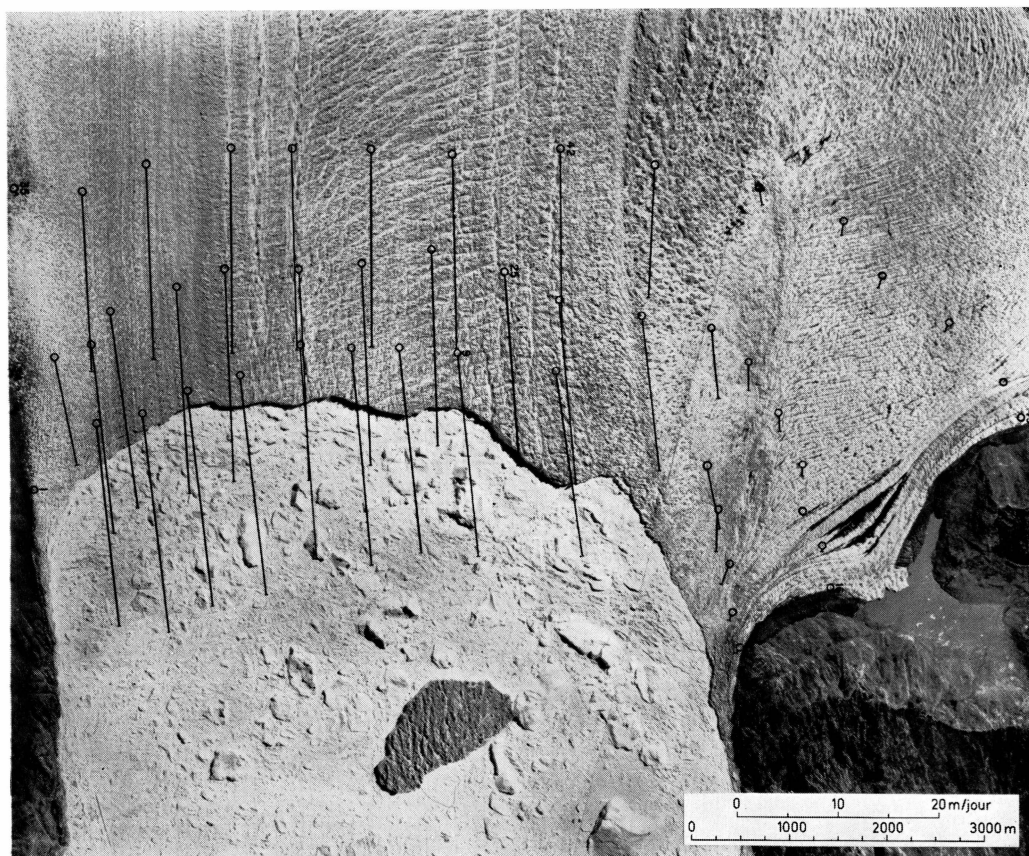


Fig. 3. Jakobshavns Isbræ. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0–20 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/C, 29-6-64 et 273/C, 12-7-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

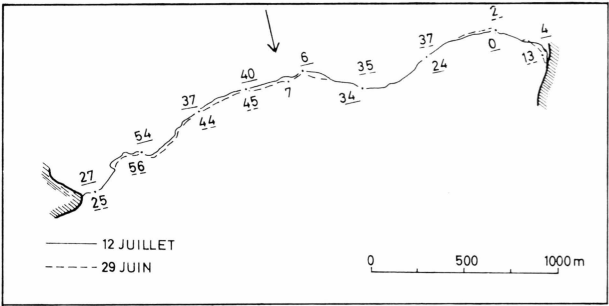


Fig. 4. Sermeq avangnardleq, glacier No. 5. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 3. Glacier No. 5: Sermeq avangnardleq

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1.....	1	0.24	+ 0.22	− 0.11
	2	0.10	− 0.10	− 0.02
	3	0.20	+ 0.05	− 0.19
	4	0.33	+ 0.10	− 0.32
	5	0.39	+ 0.18	− 0.35
	6	2.06	+ 0.01	− 2.06
	7	1.33	+ 0.41	− 1.26
	8	1.19	+ 0.35	− 1.13
	9	1.27	+ 0.59	− 1.12
	10	1.94	+ 1.56	− 1.15
	11	0.89	+ 0.27	− 0.85
	12	0.26	− 0.24	− 0.09
Profil No. 2	13	0.22	+ 0.08	− 0.21
	14	0.68	+ 0.68	− 0.10
	15	0.41	+ 0.09	− 0.40
	16	0.96	+ 0.18	− 0.94
	17	1.45	+ 0.95	− 1.09
	18	1.14	+ 0.31	− 1.09
	19	1.18	+ 0.23	− 1.16
	20	1.11	+ 0.39	− 1.04
	21	0.96	+ 0.28	− 0.92
	22	0.87	+ 0.11	− 0.87
	23	1.66	+ 0.22	− 1.64
	24	0.32	+ 0.24	− 0.21
	25	0.23	+ 0.16	− 0.18
	26	0.26	+ 0.16	− 0.20

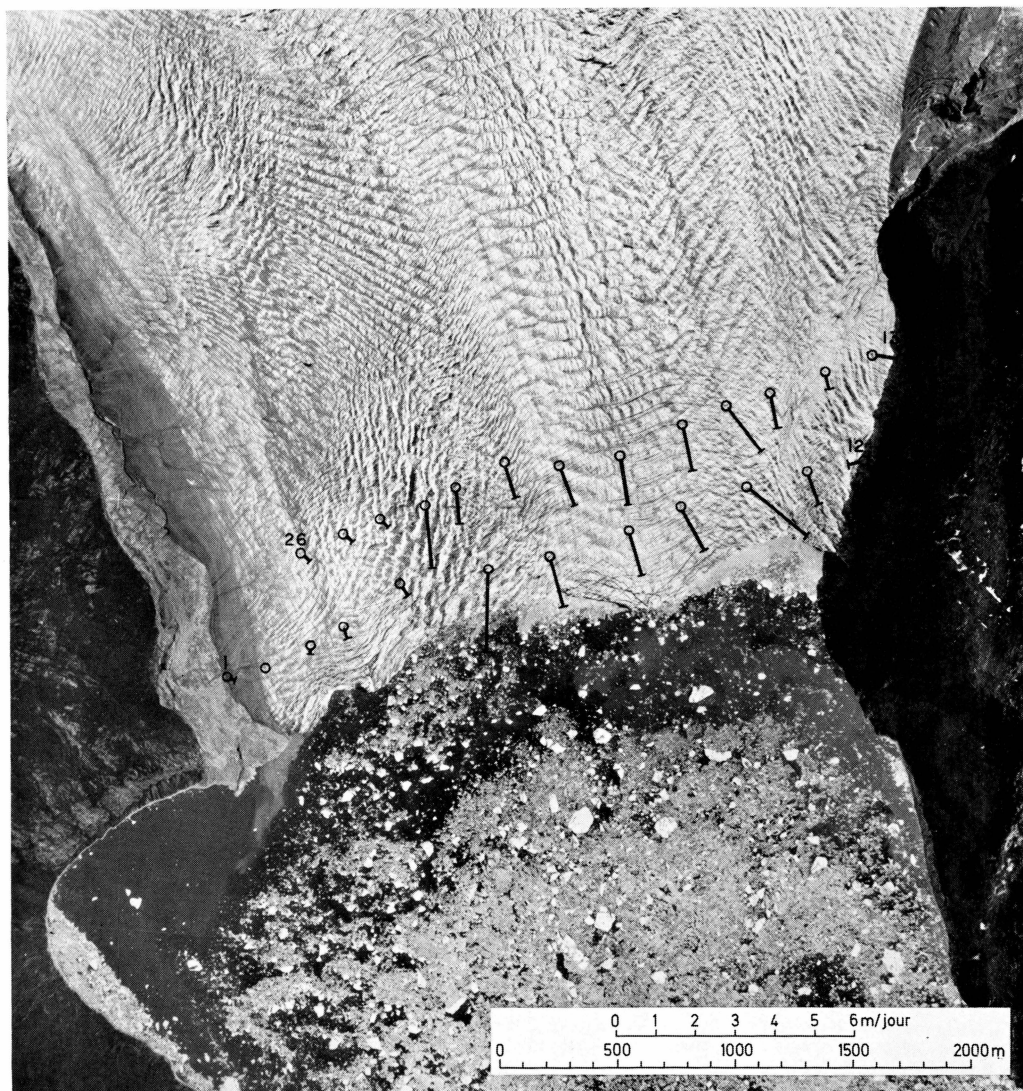


Fig. 5. Sermeq avangnardleq. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/D, 29-6-64 et 273/D, 12-7-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

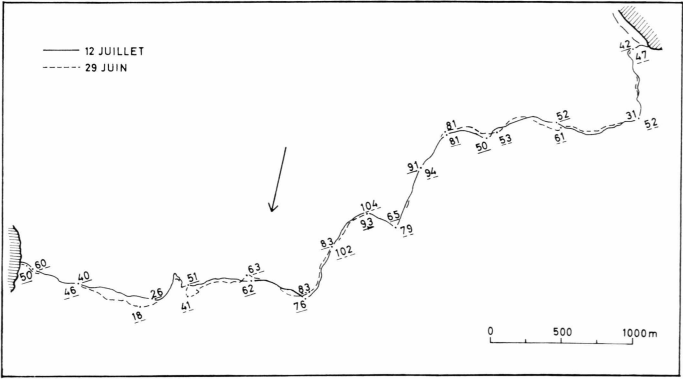


Fig. 6. Eqip sermia, glacier No. 6. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 4. Glacier No. 6: Eqip sermia

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1	1	0.04	− 0.02	0.03
	2	1.82	− 1.37	− 1.20
	3	2.34	− 0.77	− 2.21
	4	2.39	− 0.64	− 2.30
	5	2.46	− 0.41	− 2.42
	6	2.54	− 0.83	− 2.40
	7	1.77	− 0.46	− 1.71
	8	1.93	− 0.02	− 1.93
	9	1.57	− 0.04	− 1.57
	10	1.79	0.25	− 1.77
	11	1.98	0.12	− 1.97
	12	3.59	0.75	− 3.51
	13	3.13	0.62	− 3.07
	14	2.15	0.58	− 2.07
	15	1.76	0.25	− 1.74
	16	0.58	0.32	− 0.48
Profil No. 2	17	0.41	− 0.28	− 0.30
	18	1.41	0.43	− 1.34
	19	2.95	1.86	− 2.29
	20	2.59	0.88	− 2.44
	21	2.35	0.67	− 2.25
	22	1.79	0.31	− 1.76
	23	1.65	0.08	− 1.65
	24	1.93	− 0.09	− 1.93

(Cont. page 26)



Fig. 7. Eqip sermia. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/E, 29-6-64 et 273/E, 12-7-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

Tableau 4 (cont.)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
	25	2.02	− 0.42	− 1.98
	26	2.11	− 0.82	− 1.94
	27	1.47	− 0.55	− 1.36
	28	1.40	− 0.97	− 1.01
	29	0.19	− 0.16	− 0.10
Profil No. 3	30	0.62	0.54	− 0.30
	31	2.19	− 0.07	− 2.19
	32	1.74	1.33	− 1.12
	33	1.58	0.85	− 1.33
	34	2.22	0.88	− 2.04
	35	1.73	0.40	− 1.68
	36	1.82	0.98	− 1.53
	37	2.04	1.02	− 1.77
	38	1.54	0.85	− 1.28
	39	0.66	0.16	− 0.64
Profil No. 4	40	0.56	0.56	0.02
	41	1.39	0.90	− 1.06
	42	2.06	0.90	− 1.85
	43	1.95	0.60	− 1.85
	44	1.57	− 0.03	− 1.57
	45	2.06	− 0.13	− 2.05
	46	2.32	0.84	− 2.16
	47	0.06	0.05	0.03
Profil No. 5	48	0.29	0.28	0.05
	49	0.22	− 0.21	− 0.08
	50	0.51	− 0.31	− 0.41
	51	0.98	− 0.48	− 0.85
	52	1.53	− 1.48	− 0.39
	53	1.01	− 0.46	− 0.90
	54	1.08	− 0.76	− 0.77
	55	0.96	− 0.23	− 0.93
	56	0.39	0.13	− 0.36
	57	0.17	0.17	− 0.02
	58	0.16	− 0.16	− 0.02
	59	0.04	− 0.04	0.01
Profil No. 6	61	0.10	− 0.10	− 0.03
	62	0.29	− 0.27	0.08
	63	0.13	− 0.12	0.05
	64	0.15	− 0.11	0.10
	65	0.15	− 0.11	0.10

Tableau 5. Glacier No. 7 – Kangilerngata sermia – Profils No. 1-2-3-4-8-9
Glacier No. 8 – Sermeq kujatdleq – Profils No. 5-6-7

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1	1	4.74	4.44	– 1.66
	2	4.63	4.36	– 1.55
	3	4.08	3.83	– 1.41
	4	4.31	4.29	– 0.43
	5	4.19	4.14	– 0.62
Profil No. 2	6	0.31	0.16	0.27
	7	1.09	1.05	0.29
	8	2.71	2.71	0.06
	9	3.26	3.23	– 0.45
	10	3.24	3.15	– 0.78
	11	3.62	3.52	– 0.85
	12	3.81	3.68	– 0.99
	13	4.21	3.81	– 1.80
	14	3.69	3.35	– 1.56
	15	1.53	1.46	– 0.44
Profil No. 3	16	0.14	– 0.14	– 0.03
	17	0.15	0.15	0.01
	18	1.96	1.92	– 0.39
	19	2.69	2.65	– 0.50
	20	3.17	3.10	– 0.70
	21	3.17	3.14	– 0.46
	22	2.99	2.98	– 0.29
	23	2.99	2.98	0.17
	24	2.19	2.19	0.19
	25	0.79	0.72	0.32
Profil No. 4	26	0.26	0.02	0.25
	27	0.56	0.56	0.02
	28	1.30	1.30	0.01
	29	1.98	1.92	– 0.48
	30	1.61	1.52	– 0.51
	31	1.56	1.40	– 0.69
	32	1.31	1.26	– 0.37
	33	1.26	1.10	– 0.61
	34	1.26	1.09	– 0.63
	35	0.79	0.62	– 0.49
	36	0.44	0.40	– 0.18
	37	0.21	– 0.21	0.04

Tableau 5 (cont.)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 5	40	0.06	0.05	0.04
	41	0.03	— 0.02	0.02
	42	0.53	0.35	— 0.40
	43	0.14	0.14	— 0.00
	44	0.14	0.13	0.06
	45	0.24	0.21	0.11
	46	0.18	0.15	0.09
	47	0.35	0.34	0.04
	48	0.14	0.09	— 0.10
	49	0.20	0.14	— 0.13
	50	0.20	0.01	— 0.20
	51	4.57	— 0.15	— 4.57
	52	9.24	0.28	— 9.24
	53	16.23	2.38	— 16.05
	54	16.62	2.76	— 16.39
	55	14.64	2.24	— 14.47
	56	12.94	2.59	— 12.68
	57	6.88	2.85	— 6.26
	58	2.32	0.01	— 2.32
	59	1.93	0.79	— 1.76
	60	1.40	0.40	— 1.34
	61	0.59	— 0.06	— 0.59
	62	0.36	0.21	0.29
Profil No. 6	63	0.35	— 0.04	— 0.35
	64	1.27	0.62	— 1.11
	65	3.00	1.82	— 2.38
	66	3.06	0.93	— 2.92
	67	7.03	1.36	— 6.90
	68	13.27	2.32	— 13.06
	69	16.39	2.15	— 16.25
	70	17.34	2.47	— 17.16
	71	16.62	1.97	— 16.50
	72	6.25	0.42	— 6.23
	73	0.21	0.00	— 0.21
Profil No. 7	74	0.45	0.44	— 0.04
	75	0.46	— 0.10	— 0.45
	76	0.92	0.35	— 0.85
	77	1.70	0.97	— 1.39
	78	5.00	3.93	— 3.09
	79	6.42	4.88	— 4.18
	80	8.28	5.47	— 6.21
	81	8.43	5.25	— 6.60
	82	8.08	5.05	— 6.31

Tableau 5 (cont.)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			n eX	en Y
	83	6.00	3.60	— 4.80
	84	3.85	2.30	— 3.09
	85	2.89	1.10	— 2.67
	86	1.70	0.50	— 1.63
	87	1.70	0.35	— 1.66
	88	1.80	0.46	— 1.74
	89	1.99	0.93	— 1.75
	90	1.79	1.06	— 1.44
	91	1.92	1.27	— 1.45
	92	1.21	0.81	— 0.90
	93	0.13	0.12	0.05
	94	0.19	0.11	0.15
Profil No. 8	101	3.13	2.58	— 1.76
	102	3.55	3.05	— 1.81
	103	4.13	3.53	— 2.15
	104	4.20	3.87	— 1.64
	105	4.21	3.91	— 1.54
	106	3.06	2.42	— 1.87
	107	4.01	3.83	— 1.19
	108	3.82	3.80	— 0.28
	109	3.20	3.19	— 0.15
	110	2.64	2.64	— 0.13
	111	1.51	1.62	+ 0.35
Profil No. 9	112	0.15	0.03	0.13
	113	0.42	0.40	0.11
	114	1.22	1.18	0.26
	115	2.32	2.28	— 0.41
	116	2.89	2.77	— 0.84
	117	2.61	2.53	— 0.66
	118	2.65	2.56	— 0.66
	119	2.45	2.42	— 0.28
	120	2.06	2.02	— 0.33
	121	1.44	1.41	— 0.25
	122	0.25	0.08	+ 0.24

Nota: Les vecteurs vitesse des profils No. 8 et 9 tracés en tiretés sur le montage photographique, ont été déterminés par exploitation des missions 272/F et 273/F des 29.6 et 12.7.1964.

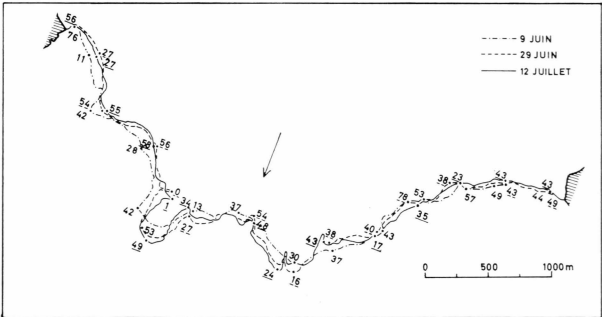


Fig. 8. Kangilerngata sermia, glacier No. 7. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

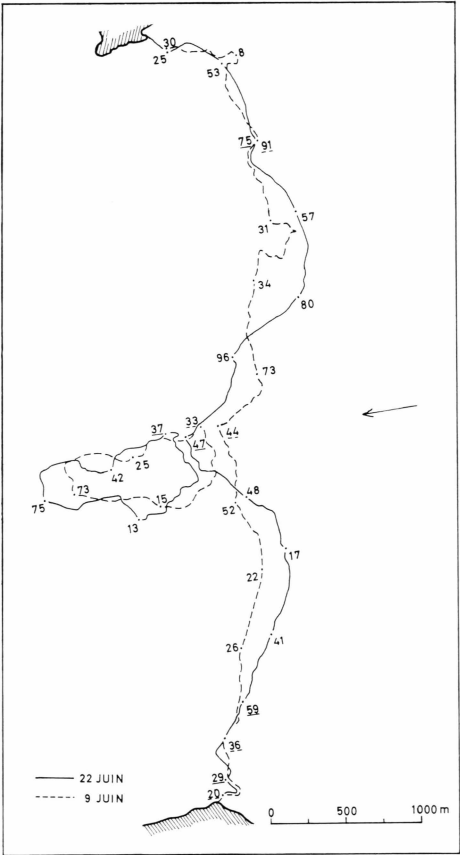


Fig. 9. Sermeq kujatdleq, glacier No. 8. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.



Fig. 10. Kangilerngata sermia, Sermeq kujatdleq. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 km/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/F, 9-6-64 et 273/F, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

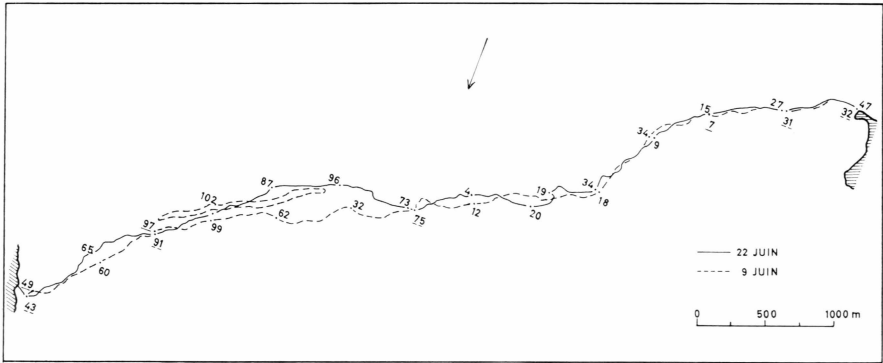


Fig. 11. Sermeq avangnardleq (Torssukátak), glacier No. 9. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 6. Glacier No. 9 – Sermeq avangnardleq
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesses en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesses en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 1.	1	0.30	+ 0.17	+ 0.25	Profil No. 3.	27	0.45	+ 0.43	− 0.14
	2	1.15	+ 1.15	+ 0.12		28	1.18	+ 0.85	− 0.82
	3	1.89	+ 1.81	− 0.56		29	2.37	+ 1.81	− 1.52
	4	3.41	+ 3.13	− 1.36		30	3.14	+ 2.48	− 1.92
	3	4.07	+ 3.77	− 1.53		31	3.88	+ 3.04	− 2.41
	6	5.29	+ 4.78	− 2.27		32	4.26	+ 2.81	− 3.21
	7	5.99	+ 5.57	− 2.22		33	5.14	+ 3.42	− 3.84
	8	6.93	+ 6.32	− 2.84		34	5.48	+ 3.55	− 4.18
	9	7.95	+ 7.50	− 2.64		35	5.21	+ 3.46	− 3.89
	10	8.33	+ 8.08	− 2.02		36	4.60	+ 2.86	− 3.61
	11	7.42	+ 7.28	− 1.41		37	4.19	+ 3.00	− 2.92
	12	4.58	+ 4.52	− 0.74		38	1.70	+ 1.57	− 0.65
Profil No. 2.	13	0.49	+ 0.26	+ 0.42	Profil No. 4.	39	0.54	− 0.16	+ 0.52
	14	0.11	+ 0.07	− 0.08		40	0.68	+ 0.67	+ 0.11
	15	1.11	+ 1.11	0.00		41	1.37	+ 1.00	− 0.94
	16	4.00	+ 3.99	− 0.18		42	2.35	+ 2.06	− 1.14
	17	4.29	+ 4.28	− 0.13		43	2.22	+ 1.86	− 1.22
	18	4.92	+ 4.84	− 0.89		44	2.52	+ 2.14	− 1.34
	19	6.20	+ 6.20	+ 0.28		45	2.51	+ 1.91	− 1.63
	20	7.56	+ 7.21	− 2.28		46	3.51	+ 2.66	− 2.30
	21	8.12	+ 7.99	− 1.45		47	2.87	+ 2.37	− 1.62
	22	9.46	+ 9.46	− 0.98		48	2.90	+ 2.76	− 0.89
	23	9.05	+ 8.98	− 1.21		49	2.89	+ 2.78	− 0.81
	24	7.31	+ 7.02	− 2.03		50	2.73	+ 2.65	− 0.65
Profil No. 3.	25	1.07	+ 0.83	− 0.68		51	1.67	+ 1.37	− 0.96
	26	0.91	+ 0.13	− 0.90		52	0.78	+ 0.72	− 0.31
						53	0.37	− 0.35	− 0.12



Fig. 12. Sermeq avangnardleq (Torssukâtak). Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/G, 9-6-64 et 273/G, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

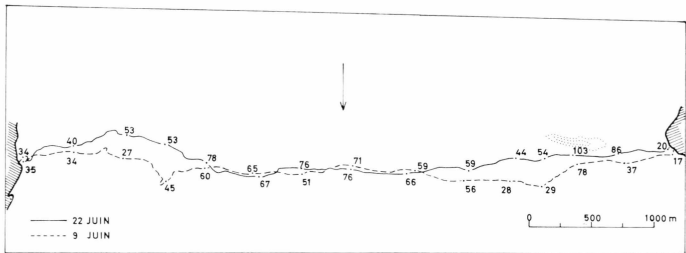


Fig. 13. Store Qarajaq Gletscher, glacier No. 10. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 7. Glacier No. 10 – Store Qarajaq Gletscher
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse en X en Y		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse en X en Y	
Profil No. 1.	1	0.96	0.13	– 0.95	Profil No. 3.	32	14.01	2.42	– 13.80
	2	5.54	– 0.22	– 5.54		33	15.70	3.44	– 15.32
	3	7.54	– 2.13	– 7.23		34	15.96	3.92	– 15.48
	4	9.72	– 2.71	– 9.33		35	16.70	4.36	– 16.12
	5	10.25	– 2.18	– 10.02		36	17.28	4.02	– 16.81
	6	10.70	– 2.54	– 10.39		37	17.21	4.26	– 16.68
	7	10.77	– 4.18	– 9.93		38	17.27	4.02	– 16.80
	8	10.91	– 2.06	– 10.72		39	15.96	2.23	– 15.81
	9	9.08	– 1.18	– 9.00		40	16.23	3.70	– 15.80
	10	6.98	– 1.97	– 6.69		41	13.97	4.18	– 13.33
	11	3.04	0.34	– 3.02		42	13.42	2.30	– 13.22
	12	2.14	0.19	– 2.13		43	10.60	1.98	– 10.41
	13	1.40	0.07	– 1.40		44	8.10	1.25	– 8.00
	14	0.21	– 0.08	0.20		45	5.85	1.22	– 5.72
	15	0.24	– 0.05	0.23		46	1.92	0.57	– 1.83
Profil No. 2.	16	3.78	1.00	– 3.64	Profil No. 4.	47	1.19	– 0.76	0.92
	17	7.85	1.81	– 7.63		48	9.28	2.17	– 9.02
	18	9.12	1.97	– 8.91		49	11.04	2.03	– 10.85
	19	10.24	– 0.51	– 10.23		50	15.99	3.31	– 15.64
	20	12.25	– 1.20	– 12.19		51	16.45	4.33	– 15.86
	21	12.56	– 1.41	– 12.48		52	16.23	3.90	– 15.75
	22	12.71	0.14	– 12.71		53	17.49	4.47	– 16.91
	23	12.65	1.53	– 12.56		54	17.20	3.95	– 16.74
	24	11.29	3.61	– 10.70		55	17.32	3.63	– 16.94
	25	10.16	3.49	– 9.55		56	17.39	3.53	– 17.03
	26	5.87	1.95	– 5.53		57	17.20	3.54	– 16.83
	27	2.72	1.34	– 2.37		58	17.26	2.08	– 17.13
	28	1.09	0.73	– 0.81		59	16.31	3.11	– 16.01
	29	0.09	– 0.05	0.07		60	13.54	2.29	– 13.34
Profil No. 3.	30	1.24	0.15	– 1.23		61	8.90	1.38	– 8.79
	31	8.32	0.79	– 8.28		62	2.73	0.90	– 2.57

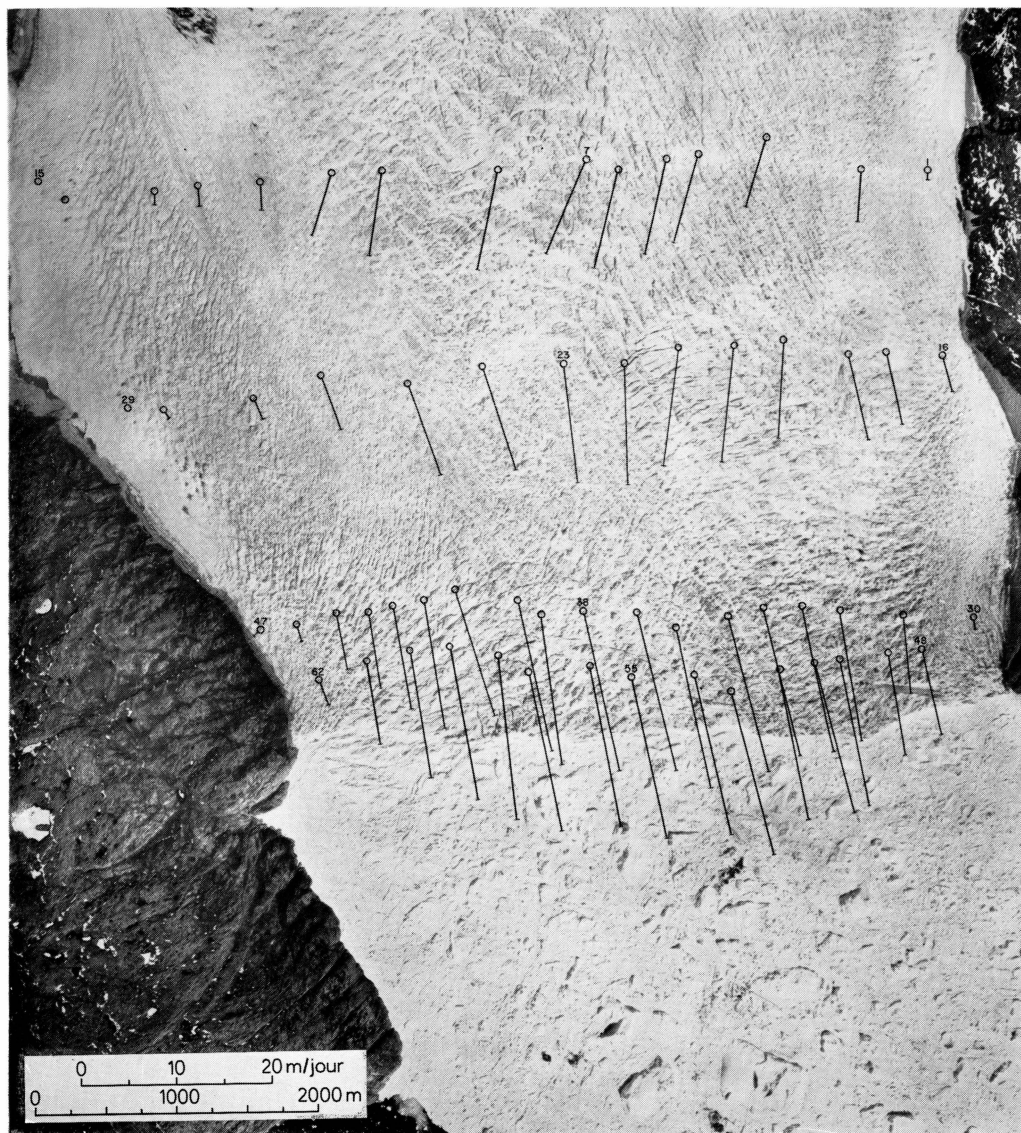


Fig. 14. Store Qarajaq Gletscher. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0–20 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/H, 9-6-64 et 273/H, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

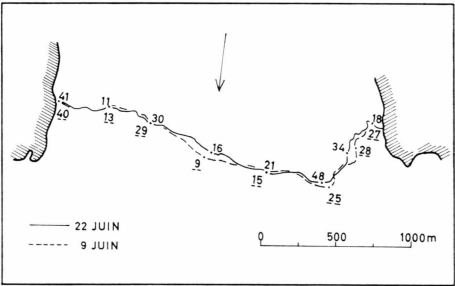


Fig. 15. Lille Qarajaq Gletscher, glacier No. 11. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 8. Glacier No. 11 – Lille Qarajaq Gletscher

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1	1	0.22	– 0.07	– 0.21
	2	0.74	– 0.11	– 0.73
	3	0.78	– 0.13	– 0.77
	4	1.01	– 0.15	– 1.00
	5	1.11	– 0.14	– 1.10
	6	1.33	– 0.29	– 1.30
	7	1.31	– 0.25	– 1.29
	8	1.53	– 0.10	– 1.53
	9	0.73	– 0.12	– 0.72
Profil No. 2	10	0.70	– 0.01	– 0.70
	11	1.42	– 0.10	– 1.42
	12	1.41	0.03	– 1.41
	13	1.34	– 0.07	– 1.34
	14	1.23	– 0.03	– 1.23
	15	1.21	– 0.13	– 1.21
	16	0.93	– 0.38	– 0.85
	17	0.62	0.09	– 0.61
	18	0.24	– 0.10	– 0.21

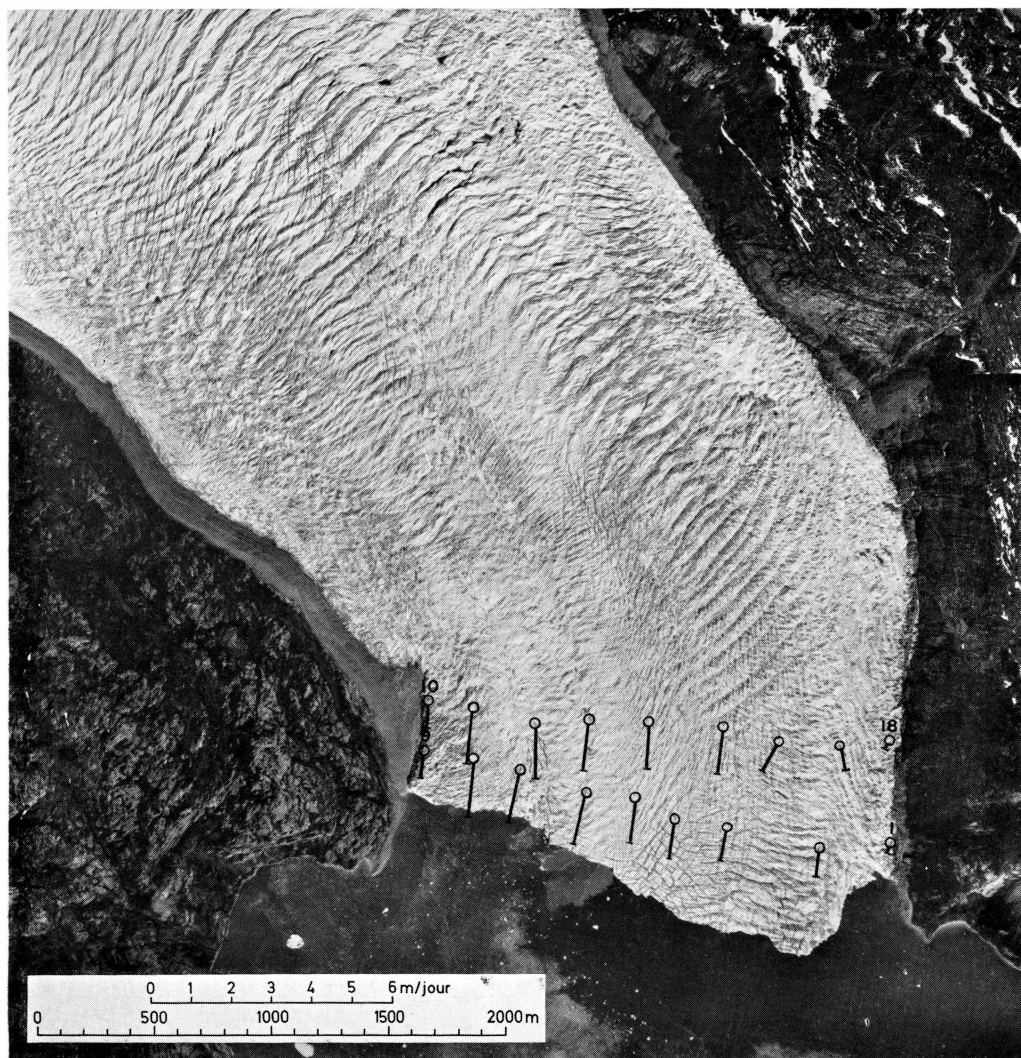


Fig. 16. Lille Qarajaq Gletscher. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/J, 9-6-64 et 273/J, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

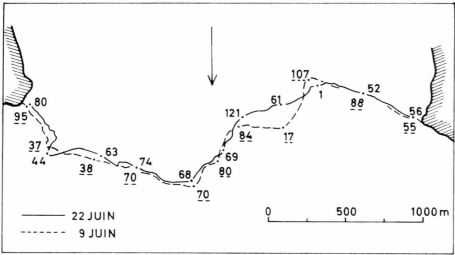


Fig. 17. Sermilik, glacier No. 12. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 9. Glacier No. 12: Sermilik

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bord du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1	1	2.01	0.83	— 1.83
	2	2.19	1.79	— 1.28
	3	2.57	1.81	— 1.82
	4	3.04	2.30	— 1.99
	5	2.93	2.76	— 0.98
	6	4.43	2.27	— 3.81
	7	3.25	2.22	— 2.37
	8	2.99	1.98	— 2.24
	9	2.16	1.46	— 1.59
	10	1.26	1.03	— 0.73
Profil No. 2	11	3.09	0.33	— 3.08
	12	4.09	— 0.21	— 4.09
	13	4.29	0.55	— 4.25
	14	3.77	0.79	— 3.69
	15	2.24	1.45	— 1.70
	16	2.09	1.80	— 1.06
Profil No. 3	17	5.46	— 0.49	— 5.44
	18	1.87	— 0.60	— 1.77
	19	6.22	1.48	— 6.05
	20	5.26	0.47	— 5.24
	21	4.82	0.78	— 4.76
	22	2.91	1.62	— 2.42
	23	0.94	0.59	— 0.74

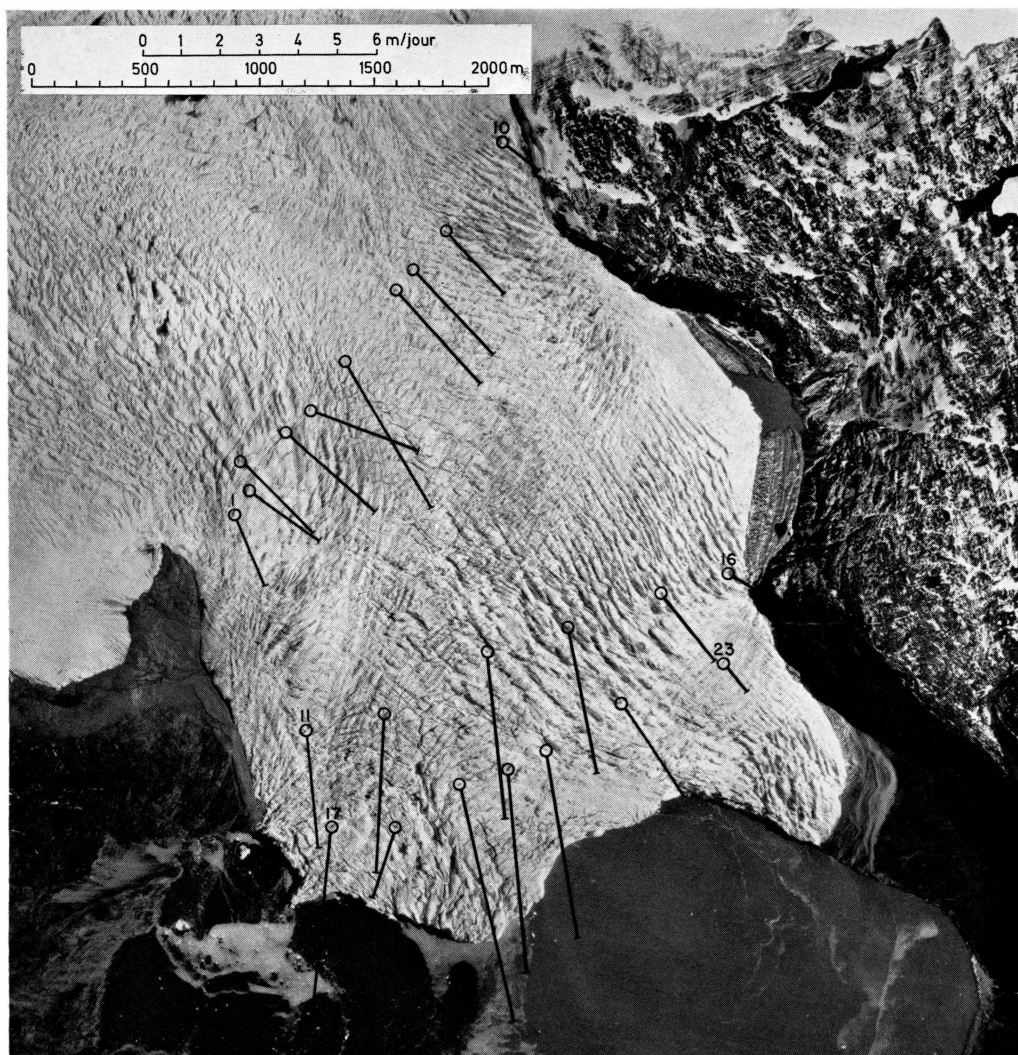


Fig. 18. Sermilik. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0–6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/K, 9-6-64 et 273/K, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

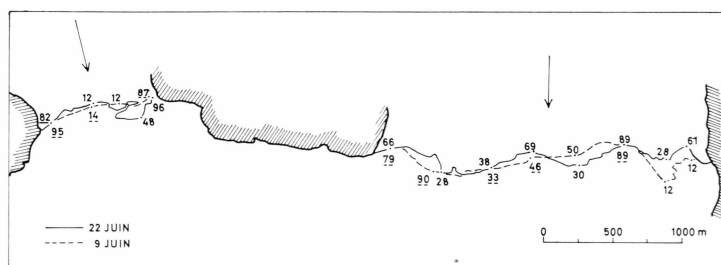


Fig. 19. Kangigdleq, glacier No. 13. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau. 10. Glacier No. 13: Kangigdleq

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnés sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 1	1	1.34	1.25	— 0.49	Profil No. 3	19	1.39	1.04	— 0.92
	2	1.75	1.36	— 1.11		20	3.60	1.67	— 3.19
	3	3.22	1.55	— 2.82	Profil No. 4	21	0.43	0.18	— 0.39
	4	1.78	1.58	— 0.80		22	3.02	1.00	— 2.85
	5	2.25	2.22	0.40		23	4.15	0.94	— 4.05
	6	2.29	1.78	— 1.44		24	4.93	1.56	— 4.68
	7	1.77	1.60	— 0.75		25	5.18	0.93	— 5.09
	8	1.97	1.53	— 1.25		26	4.38	0.88	— 4.29
	9	2.06	1.44	— 1.47		27	3.81	1.51	— 3.50
	10	1.76	1.33	— 1.15		28	2.69	0.92	— 2.53
	11	2.20	1.48	— 1.62	Profil No. 5	29	1.08	0.10	— 1.08
	12	1.30	1.00	— 0.84		30	4.81	0.01	— 4.81
Profil No. 2	13	2.91	0.97	— 2.75		31	4.93	— 0.35	— 4.92
	14	2.64	0.90	— 2.49		32	5.25	— 0.54	— 5.23
	15	2.58	0.04	— 2.58		33	5.59	— 0.84	— 5.52
	16	2.18	0.42	— 2.13		34	4.52	0.27	— 4.51
Profil No. 3	17	2.67	2.66	— 0.24		35	3.44	— 0.03	— 3.44
	18	1.93	1.92	— 0.21		36	2.30	0.18	— 2.29
						37	1.97	0.97	— 1.72



Fig. 20. Kangigdleq. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues de Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/K, 9-6-64 et 273/K, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

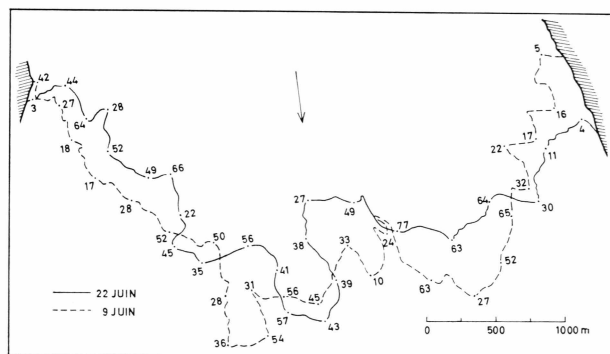


Fig. 21. Sermeq silardleq, glacier No. 14. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 11. Glacier No. 14 – Sermeq silardleq
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 1.	1	0.63	– 0.38	– 0.50	Profil No. 3.	26	8.88	3.34	– 8.23
	2	2.36	– 0.27	– 2.34		27	9.11	2.44	– 8.77
	3	4.37	– 0.73	– 4.31		28	9.32	3.13	– 8.78
	4	4.85	– 0.10	– 4.85		29	9.36	2.72	– 8.96
	5	5.24	– 0.37	– 5.23		30	9.64	2.64	– 9.27
	6	5.27	– 0.06	– 5.27		31	9.19	2.01	– 8.96
	7	5.42	0.19	– 5.42		32	8.37	1.62	– 8.21
	8	5.38	0.55	– 5.35		33	8.39	0.97	– 8.33
	9	4.44	0.86	– 4.36		34	7.59	1.53	– 7.43
	10	4.39	0.92	– 4.29		35	6.95	0.73	– 6.91
	11	3.58	0.26	– 3.57		36	5.22	0.55	– 5.19
	12	1.72	0.13	– 1.72					
Profil No. 2.	13	6.52	2.79	– 5.89	Profil No. 4.	37	8.85	2.37	– 8.53
	14	7.45	2.49	– 7.02		38	9.18	5.05	– 7.67
	15	8.21	2.88	– 7.69		39	9.18	4.84	– 7.80
	16	8.33	2.44	– 7.96		40	9.32	4.73	– 8.03
	17	9.36	2.68	– 8.97		41	9.24	4.42	– 8.11
	18	8.81	2.06	– 8.57		42	9.40	4.58	– 8.21
	19	8.97	1.26	– 8.88		43	9.63	4.49	– 8.52
	20	7.73	1.25	– 7.63		44	10.37	4.45	– 9.37
	21	6.23	0.48	– 6.21		45	9.90	3.16	– 9.38
Profil No. 3.	22	6.92	3.94	– 5.70		46	9.87	3.20	– 9.34
	23	7.66	3.35	– 6.89		47	10.18	2.86	– 9.77
	24	8.40	3.67	– 7.56		48	9.86	3.23	– 9.32
	25	8.44	3.32	– 7.75		49	9.98	2.65	– 9.62
						50	9.29	1.65	– 9.14



Fig. 22. Sermeq silardleq. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/L, 9-6-64 et 273/L, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

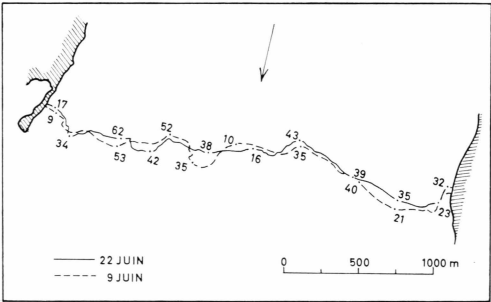


Fig. 23. Perdlerfiup sermia, glacier No.15. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 12. Glacier No. 15 – Perdlerfiup sermia
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse en X en Y	
Profil No. 1.....	1	0.91	– 0.19	– 0.89
	2	2.13	0.57	– 2.05
	3	3.13	– 0.22	– 3.12
	4	3.37	– 0.49	– 3.34
	5	3.03	– 1.00	– 2.86
	6	3.04	– 1.21	– 2.78
	7	2.77	– 1.01	– 2.57
	8	2.52	– 1.01	– 2.30
Profil No. 2.....	9	0.63	– 0.14	– 0.62
	10	0.73	– 0.32	– 0.65
	11	3.26	0.02	– 3.26
	12	2.84	– 0.84	– 2.71
	13	3.98	– 0.62	– 3.93
	14	4.83	0.38	– 4.81
	15	3.95	– 1.17	– 3.77
	16	3.26	– 1.32	– 2.98
	17	2.41	– 1.21	– 2.09



Fig. 24. Perdlerfiup sermia. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-5 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/M, 9-6-64 et 273/M, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

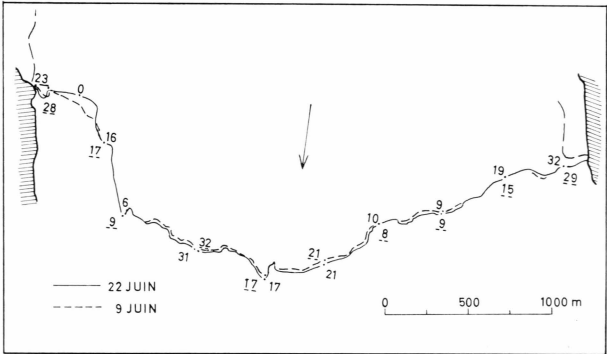


Fig. 25. Kangerdluarssûp sermia, glacier No. 16. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 13. Glacier No. 16: Kangerdluarssûp sermia

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1.....	1	0.95	— 0.44	— 0.84
	2	1.01	— 0.49	— 0.88
	3	0.83	— 0.37	— 0.74
	4	1.13	— 0.58	— 0.97
	5	1.24	— 0.68	— 1.03
	6	1.03	— 0.49	— 0.90
	7	1.10	— 0.49	— 0.98
Profil No. 2.....	8	0.39	— 0.12	— 0.37
	9	0.55	— 0.03	— 0.55
	10	1.10	0.29	— 1.07
	11	1.24	0.97	— 0.78
	12	1.40	0.38	— 1.34
	13	0.75	0.12	— 0.74
Profil No. 3.....	14	0.86	0.26	— 0.82
	15	1.47	0.87	— 1.18
	16	1.28	0.04	— 1.28
	17	1.53	0.40	— 1.48
	18	1.41	0.39	— 1.35
	19	1.61	— 0.29	— 1.59
	20	0.82	0.71	— 0.40
	21	1.03	0.36	— 0.96
	22	0.89	0.17	— 0.88

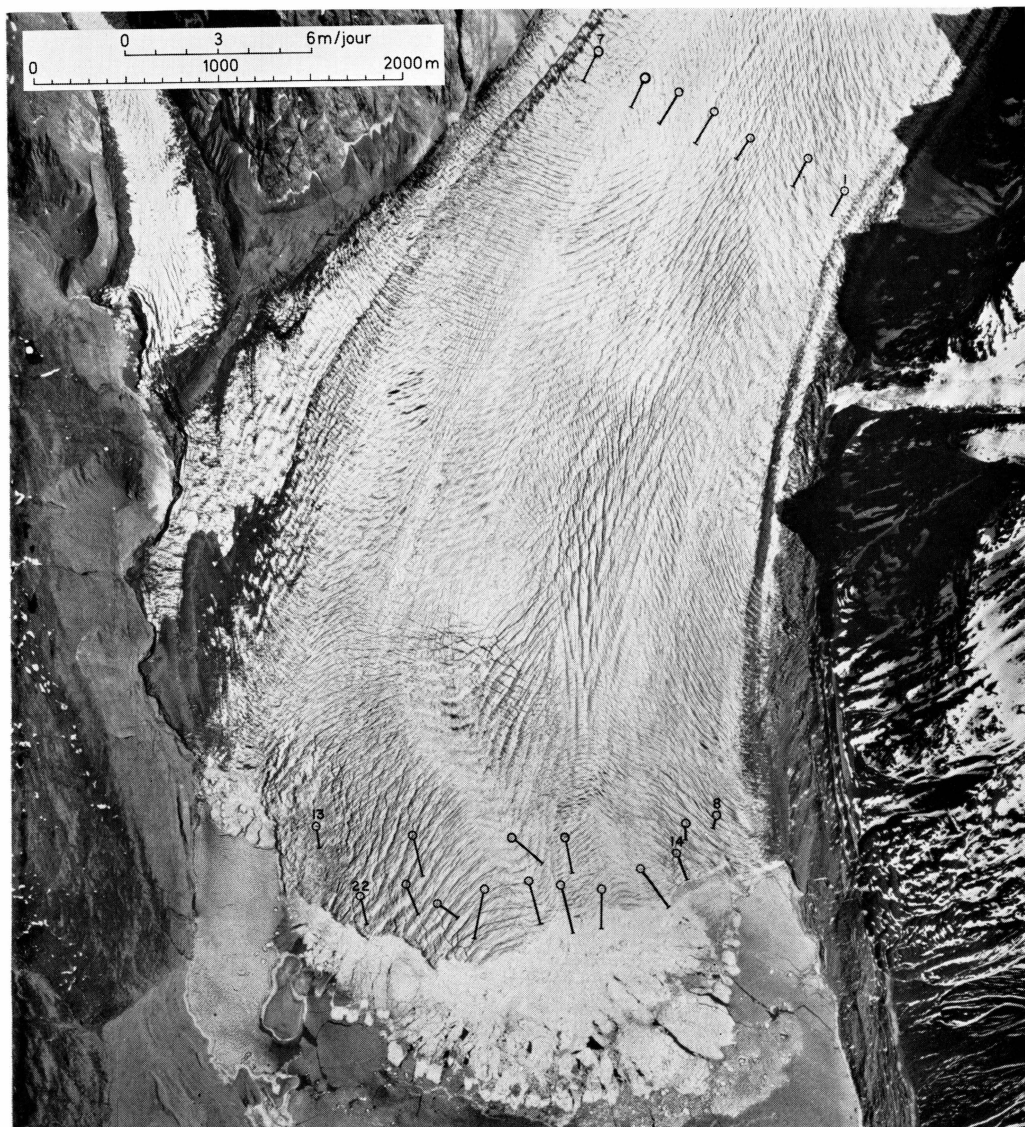


Fig. 26. Kangerdluarssup sermia. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/N, 9-6-64 et 273/N, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

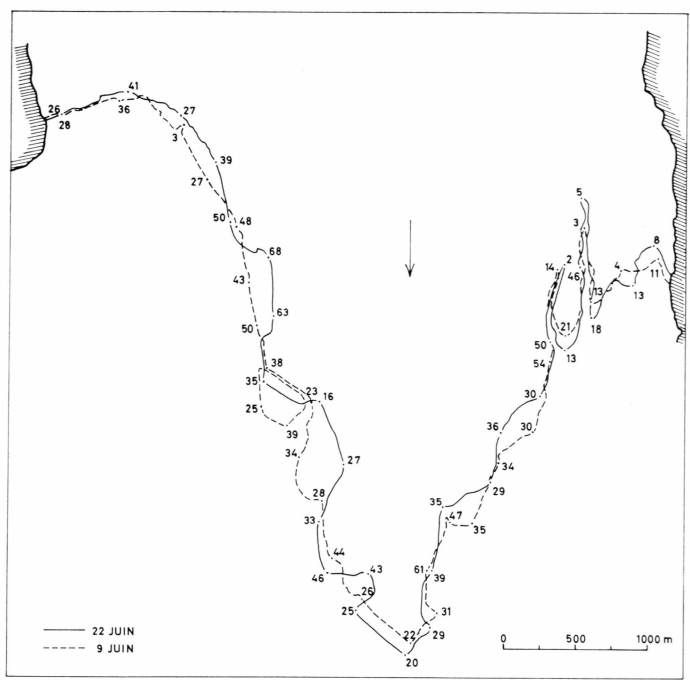


Fig. 27. Kangerdlugssûp sermerssua, glacier No.17. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 14. Glacier No. 17: Kangerdlugssûp sermerssua
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 1.	1	7.52	- 2.50	- 7.09	Profil No. 4.	25	6.64	0.87	- 6.59
	2	6.48	- 2.04	- 6.15		26	5.62	0.65	- 5.69
	3	8.70	- 1.27	- 8.60		27	5.31	- 0.43	- 5.29
	4	7.70	- 2.23	- 7.37		28	3.15	- 0.22	- 3.14
Profil No. 2.	5	8.46	- 0.30	- 8.45		29	0.17	- 0.15	- 0.09
	6	7.47	- 0.81	- 7.43	Profil No. 5.	30	0.17	- 0.06	0.16
	7	8.60	- 0.46	- 8.59		31	0.47	- 0.17	- 0.44
	8	8.17	- 1.38	- 7.04		32	2.95	0.75	- 2.85
	9	7.00	- 1.56	- 6.82		33	5.27	1.45	- 5.07
	10	6.80	- 1.90	- 6.53		34	5.54	1.23	- 5.40
	11	7.73	- 1.88	- 7.50		35	6.19	0.80	- 6.14
Profil No. 3.	12	7.38	- 2.52	- 6.94		36	6.37	1.30	- 6.24
	13	6.82	- 1.28	- 6.70	Profil No. 6.	37	6.34	1.62	- 6.13
	14	6.42	- 0.63	- 6.39		38	6.46	0.63	- 6.43
	15	6.49	- 0.56	- 6.47		39	1.26	- 0.87	- 0.91
	16	6.83	- 0.51	- 6.81		40	4.29	1.59	- 3.98
	17	6.72	- 0.94	- 6.65		41	5.42	2.13	- 4.98
	18	6.47	- 0.80	- 6.42		42	5.58	2.55	- 4.97
	19	7.42	- 0.10	- 7.42		43	6.54	3.20	- 4.65
	20	4.65	1.55	- 4.39		44	6.27	3.20	- 5.39
Profil No. 4.	21	5.17	0.27	- 5.16		45	5.03	2.88	- 4.12
	22	6.60	- 0.08	- 6.60		46	4.68	2.37	- 4.03
	23	6.78	0.44	- 0.76		47	3.88	2.25	- 3.16
	24	7.12	1.13	- 7.03		48	0.30	0.23	- 0.19

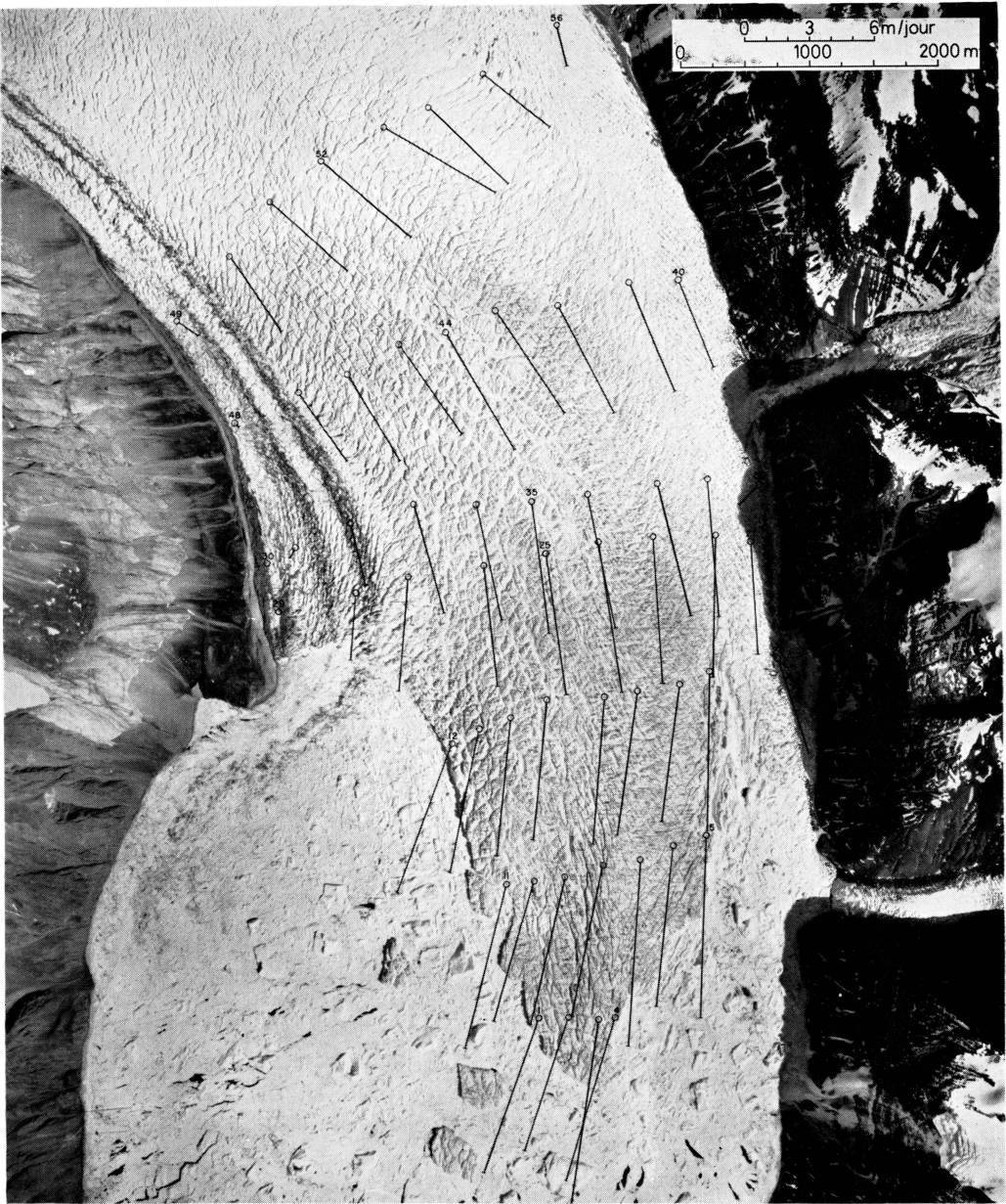


Fig. 28. Kangerdlugssûp sermerssua. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/O, 9-6-64 et 273/O, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

Tableau 14 (cont.)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 7.	49	1.21	0.99	- 0.69	Profil No. 7.	53	5.88	5.07	- 2.98
	50	4.18	2.36	- 3.45		54	5.14	3.70	- 3.56
	51	4.75	3.48	- 3.23		55	3.96	3.07	- 2.51
	52	5.45	4.08	- 3.61		56	1.95	0.53	- 1.88

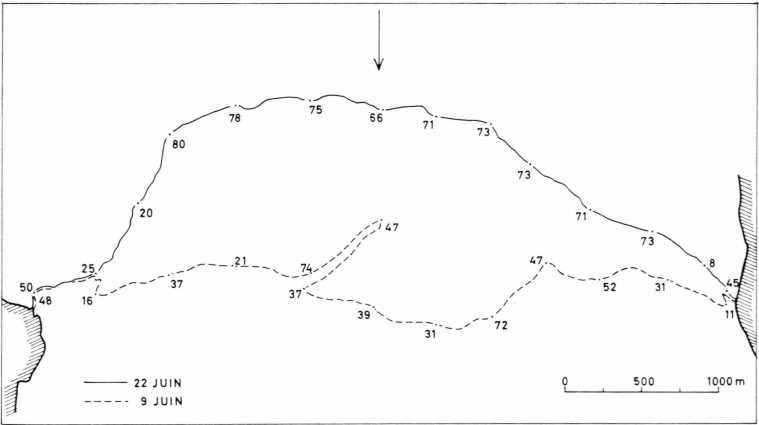


Fig. 29. Rinks Isbræ, glacier No.18. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 15. Glacier No. 18: Rinks Isbræ

Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse		Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y				en X	en Y
Profil No. 1.	1	0.16	— 0.01	— 0.16	Profil No. 2.	17	11.88	2.83	— 11.54
	2	0.68	0.17	— 0.60		18	11.27	2.98	— 10.87
	3	6.63	1.31	— 6.50		19	10.39	3.45	— 9.80
	4	10.86	1.81	— 10.70		20	8.41	3.04	— 7.84
	5	11.13	2.49	— 10.85		21	6.53	2.30	— 6.11
	6	11.85	2.15	— 11.65		22	0.59	0.23	— 0.54
	7	12.38	1.75	— 12.25		23	0.47	0.35	— 0.31
	8	13.03	1.25	— 12.97	Profil No. 3.	24	0.49	0.01	— 0.49
	9	13.47	0.72	— 13.45		25	3.64	1.30	— 3.40
	10	11.85	1.30	— 11.78		26	3.26	1.70	— 2.78
Profil No. 2.	11	1.27	0.27	— 1.24		27	5.95	3.13	— 5.06
	12	1.45	0.33	— 1.41		28	10.76	4.31	— 9.86
	13	9.12	0.52	— 9.11		29	11.77	4.17	— 11.01
	14	12.46	1.24	— 12.40		30	11.87	4.14	— 11.13
	15	12.81	2.29	— 12.60		31	10.85	3.56	— 10.25
	16	12.24	2.81	— 11.91		32	0.28	0.18	— 0.21

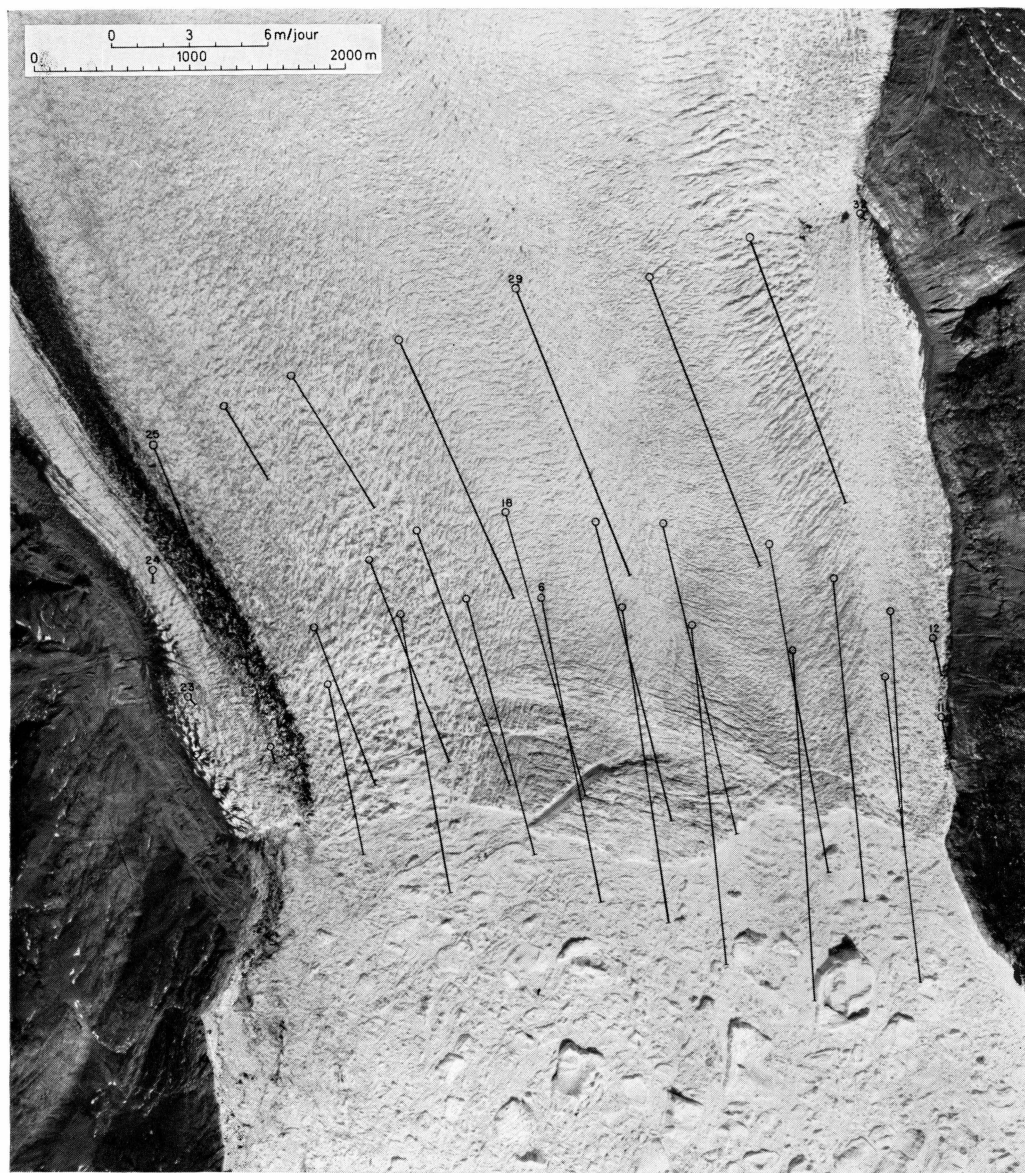


Fig. 30. Rinks Isbræ. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0–6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/P, 9-6-64 et 273/P, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.

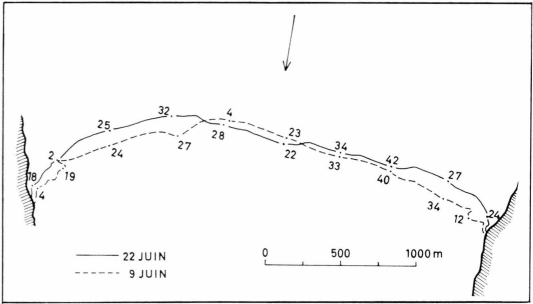


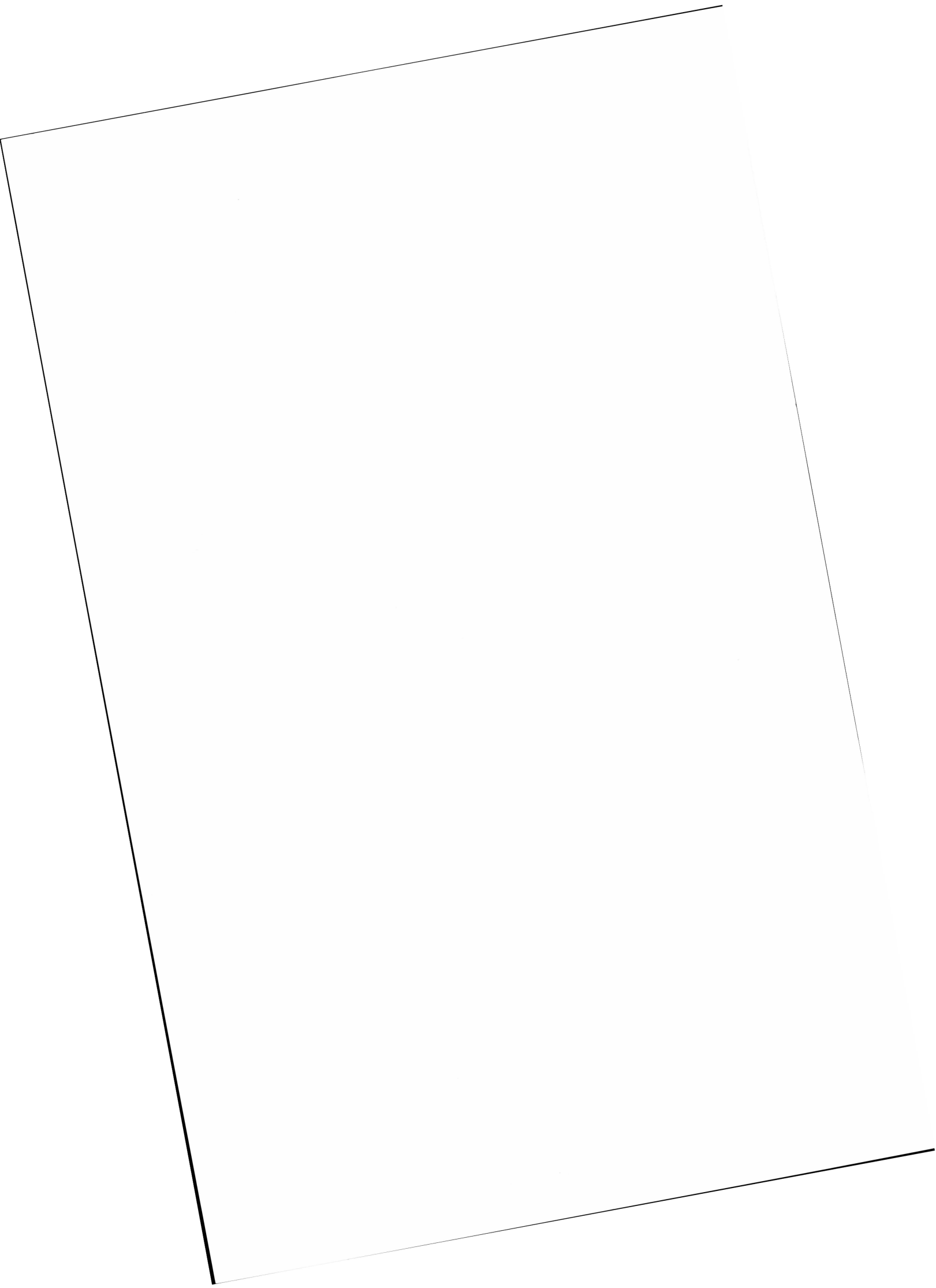
Fig. 31. Imiámako Isbræ, glacier No.19. Positions et hauteurs du front en mètres 1964.

Tableau 16. Glacier No. 19: Umiámako Isbræ
Mesures photogrammétriques des vitesses superficielles
(les axes de coordonnées sont parallèles aux bords du cliché)

Profil	Point	Vitesse en mètres par jour	Composantes du vecteur vitesse	
			en X	en Y
Profil No. 1.....	1	2.84	— 0.61	— 2.77
	2	3.02	0.11	— 3.02
	3	3.43	0.23	— 3.42
	4	4.08	0.17	— 4.08
	5	3.26	0.78	— 3.16
	6	3.73	— 0.09	— 3.73
	7	3.57	— 0.06	— 3.57
	8	3.32	— 0.37	— 3.30
	9	0.84	— 0.28	— 0.79
Profil No. 2.....	10	1.35	— 0.16	— 1.34
	11	3.01	— 0.18	— 3.00
	12	3.32	— 0.08	— 3.32
	13	4.09	— 0.71	— 4.03
	14	3.55	0.13	— 3.55
	15	3.08	0.64	— 3.01
	16	2.74	0.32	— 2.72
	17	2.42	0.19	— 2.42
	18	1.93	0.20	— 1.92
Profil No. 3.....	19	1.66	0.52	— 1.58
	20	2.10	0.86	— 1.92
	21	2.16	0.84	— 1.99
	22	2.34	1.00	— 2.11
	23	2.72	1.63	— 2.17
	24	3.02	1.22	— 2.77
	25	2.94	1.33	— 2.62
	26	2.16	0.56	— 2.09
	27	1.07	0.66	— 0.84



Fig. 32. Umiámåko Isbræ. Vitesses superficielles (échelle des vitesses: 0-6 m/jour). Prises de vues Institut de Géodésie Copenhague. Missions photographiques 272/Q, 9-6-64 et 273/Q, 22-6-64. Mesures photogrammétriques Institut Géographique National Paris.



II. ACCÉLÉRATION DE L'ÉCOULEMENT DES GLACIERS GROENLANDAIS VERS LEUR FRONT ET DÉTERMINATION DE LEUR DÉBIT SOLIDE

PAR
ALBERT BAUER

4. Détermination de la vitesse moyenne le long des profils mesurés – caractéristiques et interprétations glaciologiques

Les résultats des mesures photogrammétriques des clichés pris en 1964 permettent d'effectuer les travaux suivants:

- pour chaque profil, on détermine la vitesse moyenne; elle est obtenue par planimétrie de la courbe des vitesses. Cette méthode graphique donne la vitesse moyenne avec une précision correspondant à la réalité, vu les fluctuations de cette vitesse dans le temps.
- pour chaque glacier, il s'agit ensuite de choisir la vitesse moyenne au front pour le calcul du débit solide; celui-ci est obtenu par multiplication de la vitesse moyenne par la surface d'une coupe frontale du glacier.
- la détermination de la hauteur du front au-dessus du niveau de la mer permet une meilleure estimation de l'épaisseur moyenne.
- la position du front des glaciers permet une estimation de la variation de ce même front lorsque des données antérieures existent; sinon elle constitue une base pour l'étude des fluctuations futures.

Il est, de plus, nécessaire de confronter les résultats obtenus avec ceux publiés sur la base des clichés pris en 1957 et en 1958 (BAUER, 1968 b).

Les données concernant les glaciers No. 1, 2, 3 et 20, non photographiés en 1964, sont pris dans cette même publication.

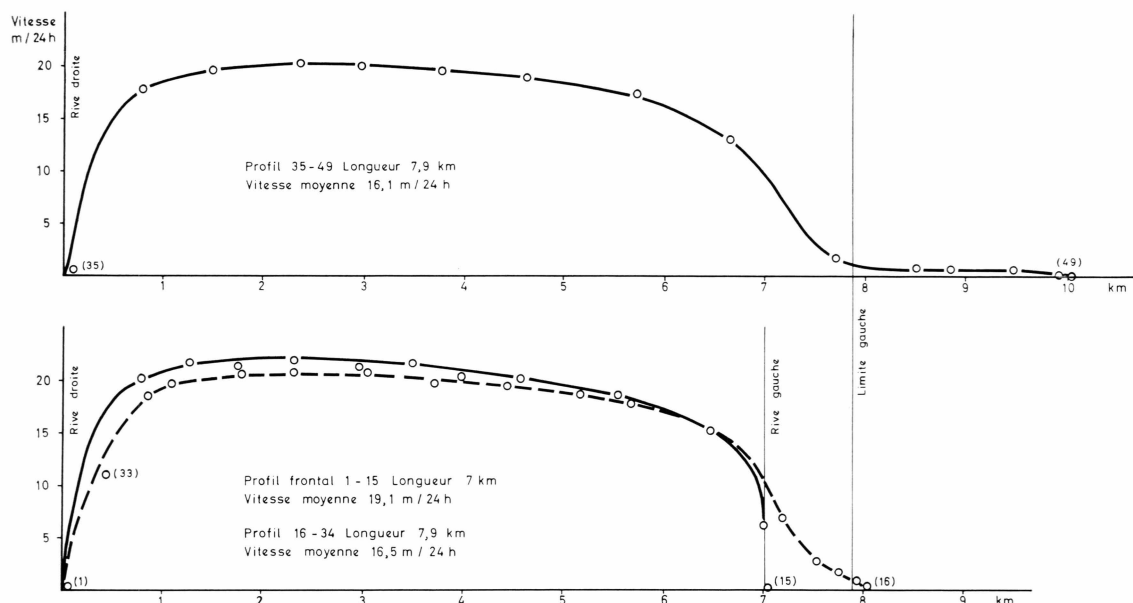


Fig. 33. Jakobshavns Isbræ – vitesses moyennes.

4.1. Jakobshavns Isbræ No. 4

4.1.1. Vitesses moyennes

La partie terminale du Jakobshavns Isbræ est caractérisée par un front très actif séparé du lobe sud plus calme par une zone chaotique matérialisée en gros par la ligne 13-21-44 (Figure 3). Cette ligne est prise comme limite gauche du glacier pour la détermination des vitesses moyennes.

Les vitesses moyennes (dans le sens de l'écoulement) sont les suivantes (Figure 33):

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
35-49	16,1 m/24 h	7,9 km
16-34	16,5 m/24 h	7,9 km
1-15	19,1 m/24 h	7,0 km

Les vitesses étant pratiquement constantes dans la partie la plus active, l'accélération terminale semble due au rétrécissement terminal. Le lobe sud, malgré les apparences, et la direction des vitesses le montre, participe au mouvement général et s'écoule dans le fjord: la meilleure image de ce phénomène est donnée par l'écoulement bordier au sud du point 16 qui n'influence que très peu l'écoulement vers le fjord.

La régularité et la forme des profils de vitesse parlent en faveur d'un écoulement régulier en bloc de l'ensemble du glacier qui ne flotte pas à son front.

Signalons que le Jakobshavns Isbræ est le glacier le plus actif du monde: les considérations précédentes font adopter la vitesse moyenne de 19,1 m/24 h au front.

Par rapport aux clichés de 1958, la forme de la courbe des vitesses est exactement la même. La plus grande vitesse moyenne (19,1 contre 13,1 m/24 h) provient du fait que l'on avait pris une moyenne générale pour un front plus large. L'exploitation actuelle permet de différencier la marche du glacier dans son cours ultime.

4.1.2. Épaisseur moyenne et débit

Les hauteurs du front (Figure 2) montrent que les estimations antérieures ont été trop fortes en ce qui concerne la partie du glacier au-dessus du niveau de la mer. La diminution de l'épaisseur moyenne est négligeable compte tenu de l'imprécision de cette estimation. Nous gardons donc l'épaisseur moyenne de 750 m au front, ce qui conduit à un débit solide de glace de 36,600 km³ par an (soit 32,900 km³/an valeur en eau ou 1045 m³/sec).

4.2. Sermeq avangnardleq No. 5

4.2.1. Vitesse moyenne

Le glacier Sermeq avangnardleq est un petit glacier à faible débit. Les deux profils ont donné une vitesse moyenne pour l'ensemble du front de 1,0 m/24 h. Cette valeur moyenne annule les grandeurs aberrantes provenant des faibles déplacements (Figure 34).

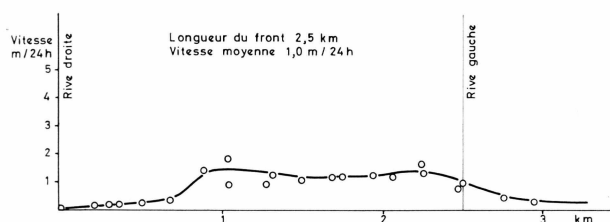


Fig. 34. Sermeq avangnardleq – vitesse moyenne.

4.2.2. Épaisseur moyenne et débit solide

L'épaisseur moyenne est estimée à 150 m. Il en résulte, pour un front de 2,5 km, un débit solide de 0,137 km³/an.

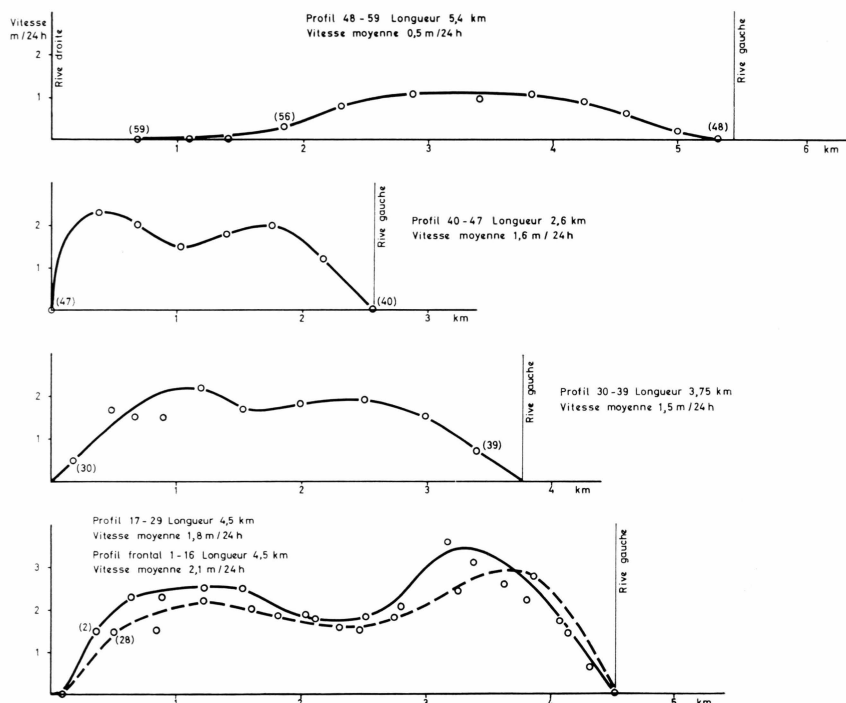


Fig. 35. Equip sermia – vitesses moyennes.

4.3. Equip sermia No. 6

4.3.1. Vitesses moyennes

Les différents profils donnent les vitesses suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
48-59	0,5 m/24 h	5,4 km
40-47	1,6 m/24 h	2,6 km
30-39	1,5 m/24 h	3,75 km
17-29	1,8 m/24 h	4,5 km
1-16	2,1 m/24 h	4,5 km

L'Equip sermia est caractérisé par un lobe nord qui va se perdre dans un petit lac bordier. Quoique les vitesses soient trop faibles pour être déterminées avec un intervalle de temps trop court, il est possible d'individualiser ce courant qui va de 56-59 vers 61-65. Le reste du glacier 48-56 passe le seuil 40-47 pour légèrement s'étaler dans de Quervains Havn. La vitesse moyenne s'accélère, et cela malgré un élargissement du glacier (Figure 35). Malgré quelques valeurs aberrantes de la vitesse, c'est la vitesse moyenne frontale de 2,1 m/24 h

qui doit être prise pour le calcul du débit, car le glacier ne flotte pas à son front.

Une autre caractéristique est l'existence de deux courants individualisés bien visibles sur les trois derniers profils de vitesse. Ces courants conditionnent la forme du front. (Figure 7). Il doit exister un obstacle sous-glaciaire dans le bassin de drainage: une moraine centrale invisible donne naissance à un rehaussement du profil du fjord au centre devant le front du glacier (BAUER, 1955, 1968 b).

La vitesse moyenne au front est de 2,1 m/24 h. Elle est la même que celle mesurée directement en 1959 (BAUER, 1968 a) mais plus faible que celle mesurée sur la base des clichés de 1957 (BAUER, 1968 b) et celle mesurée en 1948-1949 (BAUER, 1955). On ne peut expliquer ces différences (2, 1 à 3,1 m/24 h) qui dépassent la précision des mesures.

4.3.2. Épaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front mesurées Figure 6 confirment les déterminations antérieures qui donnent une épaisseur moyenne de 200 m. Le front du glacier repose sur le fond et ne flotte pas. Pour un front de 4,5 km, le débit solide déduit est de 0,690 km³/an.

4.4. Kangilerngata sermia No. 7

4.4.1. Vitesses moyennes

La Figure 10 donne l'ensemble de la glace qui s'écoule vers la mer: au sud, le Kangilerngata sermia; à l'ouest, le Sermeq kujatdleq (Torssukátak).

Dans la Figure 36-37, nous avons reproduit les profils de vitesse sur la même planche.

Nous voyons ainsi que le courant de glace du Kangilerngata sermia sur le profil amont est bien individualisé par 86-94. Nous voyons aussi que la perte bordière le long du profil 40-50 est négligeable. Ainsi, c'est bien le profil frontal qui doit entrer en ligne de compte pour le calcul du débit.

Les vitesses moyennes sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
86-94	1,3 m/24 h	6,8 km
27-37	1,0 m/24 h	6,4 km
17-26	2,3 m/24 h	4,2 km
6-16	3,0 m/24 h	4,1 km
1-5	3,3 m/24 h	4,1 km

Les autres couvertures exploitées confirment les valeurs des profils frontaux.

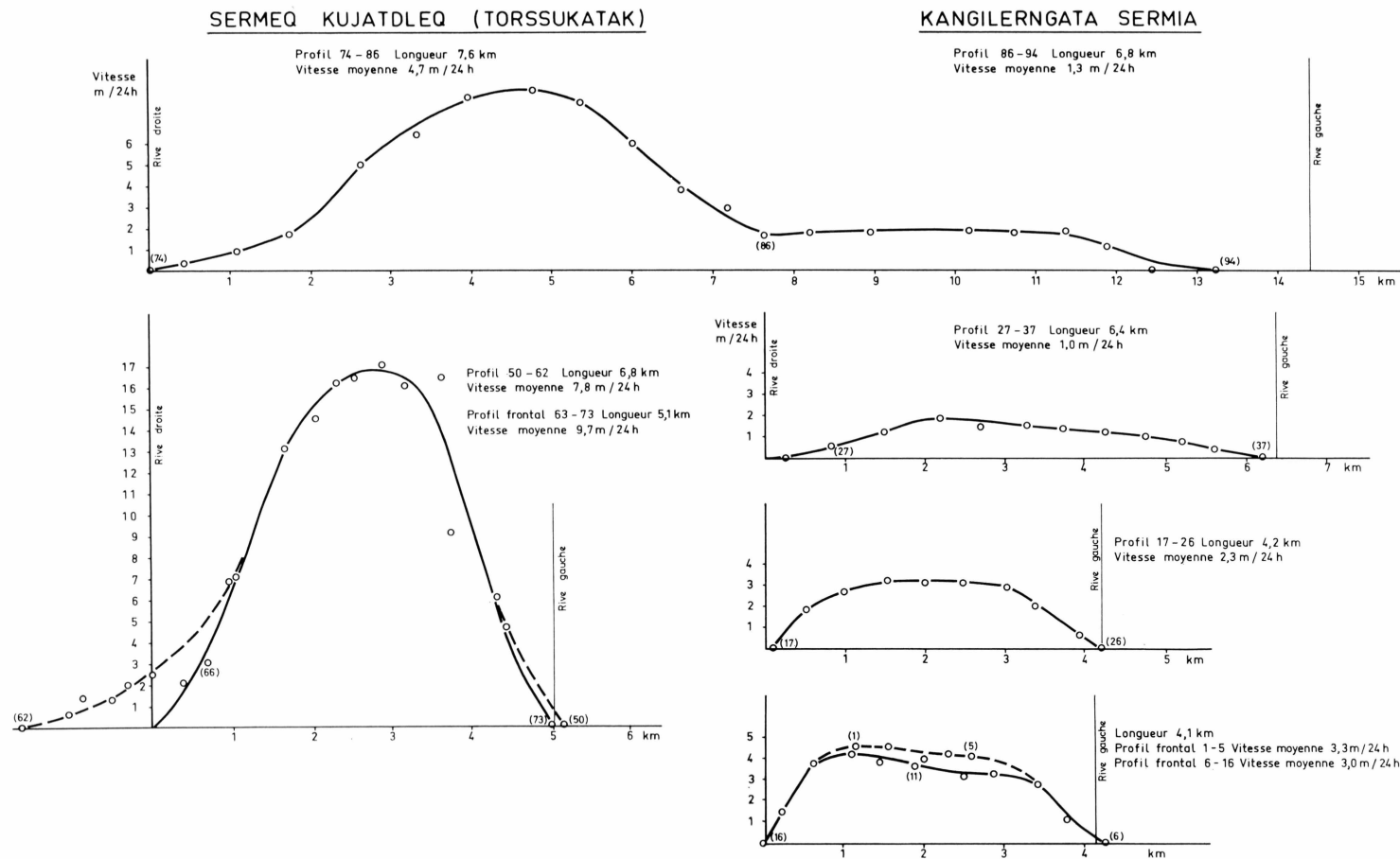


Fig. 36. Kangilerngata sermia – vitesses moyennes.

Fig. 37. Sermeq kujatdleq – vitesses moyennes.

4.4.2. Épaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 8) confirment que le glacier repose sur le fond et ne flotte pas. Ces valeurs ne changent pas l'épaisseur moyenne estimée à 250 m. Pour un front de 4,1 km, le débit solide est de 1,235 km³/an.

L'exploitation des clichés de 1957 a conduit à une valeur plus faible de la vitesse moyenne au front (2,3 m/24 h) parce qu' on a considéré une valeur moyenne pour toute la langue terminale.

4.5. Sermeq kujatdleq (Torssukátak) No. 8

4.5.1. Vitesses moyennes

La Figure 10 montre l'écoulement du Sermeq kujatdleq depuis 86-74 jusqu'au front où il est soumis à une accélération considérable.

Les vitesses moyennes sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
74-86	4,7 m/24 h	7,6 km
50-62	7,8 m/24 h	6,8 km
63-73	9,7 m/24 h	5,1 km

Cette accélération au front est réelle, comme les vitesses dans la partie centrale sont les mêmes et que le front se rétrécit (Figure 37).

4.5.2. Épaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 9) confirment que le front ne flotte pas et repose sur le fond. Nous gardons l'estimation de 600 m comme épaisseur moyenne, quoiqu'elle semble un peu forte. Pour un front de 5,1 km, le débit solide s'établit à 10,834 km³/an.

Comme précédemment, la valeur plus faible de la vitesse moyenne (7,2 m/24 h) obtenue sur la base des clichés de 1957 provient du fait que cette valeur est une moyenne des vitesses pour l'ensemble du front.

4.6. Sermeq avangnardleq (Torssukátak) No. 9

4.6.1. Vitesses moyennes

La Figure 12 montre l'ensemble des profils mesurés sur le Sermeq avangnardleq. Les valeurs sont les suivantes (Figure 38):

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
39-53	2,0 m/24 h	8,7 km
25-38	3,2 m/24 h	6,7 km
1-12	4,6 m/24 h	6,3 km
13-24	5,2 m/24 h	6,3 km

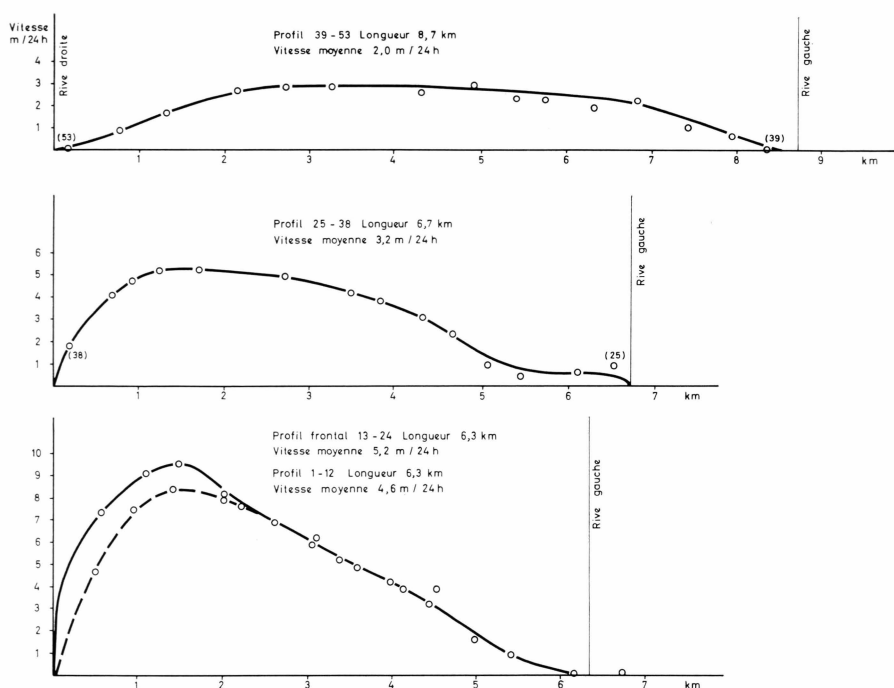


Fig. 38. Sermeq avangnardleq – vitesses moyennes.

La vitesse moyenne au front est du même ordre de grandeur que celle déterminée avant comme moyenne de toutes les vitesses (6,4 m/24 h), quoique la forme de la courbe présente soit plus régulière.

4.6.2. Épaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 11) témoignent en faveur d'un front non flottant pour une épaisseur moyenne estimée à 600 m. Pour un front de 6,3 km, le débit solide s'établit à 7,174 km³/an.

4.7. Store Qarajaq Gletscher No. 10

4.7.1. Vitesses moyennes

Le Store Qarajaq Gletscher (Figure 14) présente, dans son cours ultime, une accélération régulière (Figure 39). Les vitesses moyennes sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
1-15	6,2 m/24 h	6.8 km
16-29	7,8 m/24 h	6,5 km
30-47	12,2 m/24 h	5,1 km
48-62	13,4 m/24 h	5,1 km

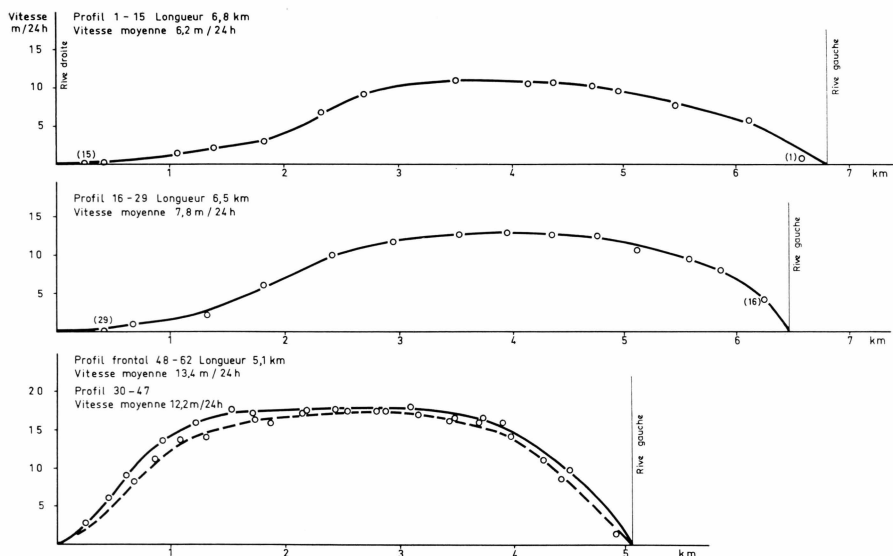


Fig. 39. Store Qarajaq Gletscher – vitesses moyennes.

Vu la régularité des courbes, les déterminations sont excellentes. La vitesse moyenne de 1957 est inférieure (11,6 m/24 h) comme elle représente la valeur moyenne de toutes les vitesses au front. Elle est la même que celle déterminée par DRYGALSKI en 1897 (12,9 m/24 h).

4.7.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 13) montrent que le front du glacier ne flotte pas, avec une épaisseur moyenne estimée à 600 m. Pour un front de 5,1 km, le débit solide s'établit à 14,966 km³/an.

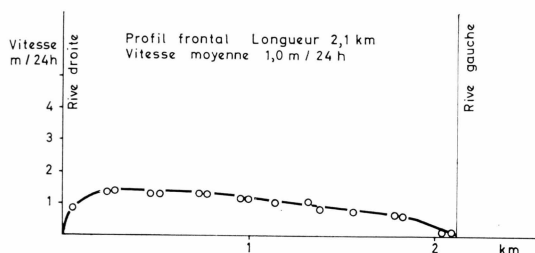


Fig. 40. Lille Qarajaq Gletscher – vitesses moyennes.

4.8. Lille Qarajaq Gletscher No. 11

4.8.1. Vitesse moyenne

Le Lille Qarajaq Gletscher (Figure 16) est une langue peu active dont les deux profils frontaux donnent la même vitesse moyenne (Figure 40), soit 1,0 m/24 h pour une longueur de 2,1 km.

4.8.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Le front ne flotte pas, comme le montrent les hauteurs du front (Figure 15) avec une épaisseur moyenne de 250 m déduite des sondages effectués en 1897 par DRYGALSKI. On en déduit un débit solide de 0,192 km³/an.

4.9. Sermilik Isbræ No. 12

4.9.1. Vitesses moyennes

Le Sermilik Isbræ présente les vitesses moyennes suivantes (Figure 18) matérialisés sur la Figure 41 :

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
1-10	2,5 m/24 h	2,4 km
11-16	2,6 m/24 h	2,5 km
17-23	3,5 m/24 h	2,5 km

Les vitesses ne sont pas très régulières sur tous les profils: on ne peut attribuer ce fait à un front flottant. Il en était de même pour les vitesses déterminées sur les clichés de 1957 qui donnaient une vitesse moyenne bien supérieure (5,2 m/24 h).

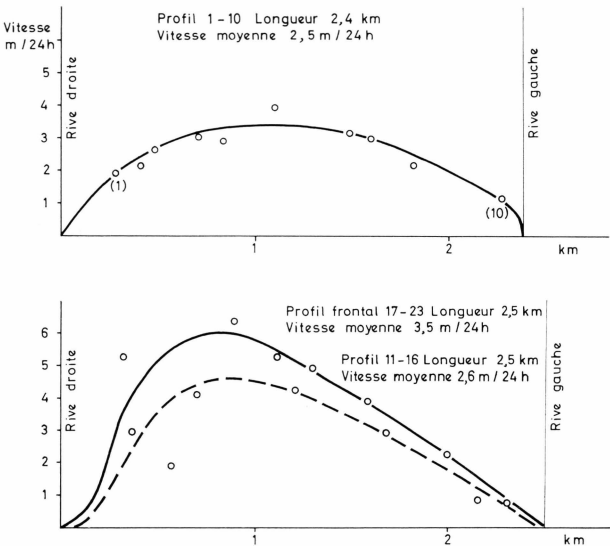


Fig. 41. Sermilik Isbræ – vitesses moyennes.

4.9.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 17) confirment que le front ne flotte pas pour une épaisseur moyenne estimée à 500 m. Pour un front de 2,5 km, le débit solide est de 1,597 km³/an.

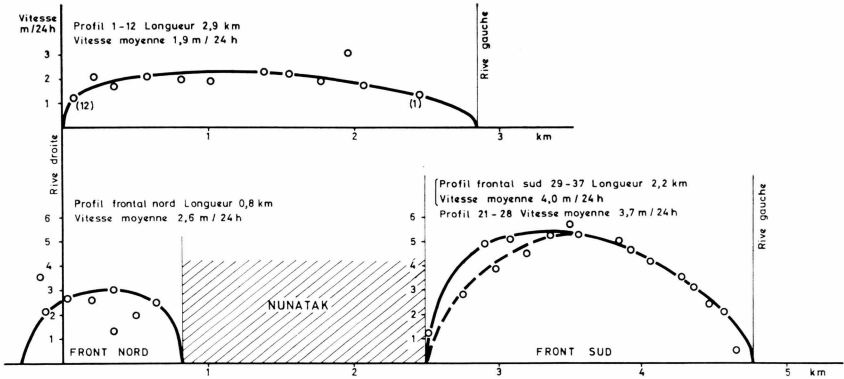


Fig. 42. Kangigdleq – vitesses moyennes.

4.10. Kangigdleq No. 13

4.10.1. Vitesses moyennes

Le glacier Kangigdleq (Figure 20) a la particularité de présenter à son front deux lobes séparés par un nunatak. Les vitesses moyennes (Figure 42) sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
1–12	1,9 m/24 h	2,9 km
Lobe nord		
13–16, 17–20	2,6 m/24 h	0,8 km
Lobe sud		
21–28	3,7 m/24 h	2,2 km
29–37	4,0 m/24 h	2,2 km

4.10.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs des deux fronts (Figure 19) montrent qu'ils ne flottent pas pour des épaisseurs estimées respectivement à 150 m pour le lobe nord et à 300 m pour le lobe sud.

Les débits solides s'établissent comme suit:

Lobe nord	0,114 km ³ /an
Lobe sud	0,964 km ³ /an
Total	1,078 km ³ /an

4.11. Sermeq silardleq (Sigssortartoq) No. 14

4.11.1. Vitesses moyennes

Le glacier Sermeq Silardleq (Figure 22) a un front tel que l'on peut se poser la question si le front flotte ou non. Quel est alors le profil à

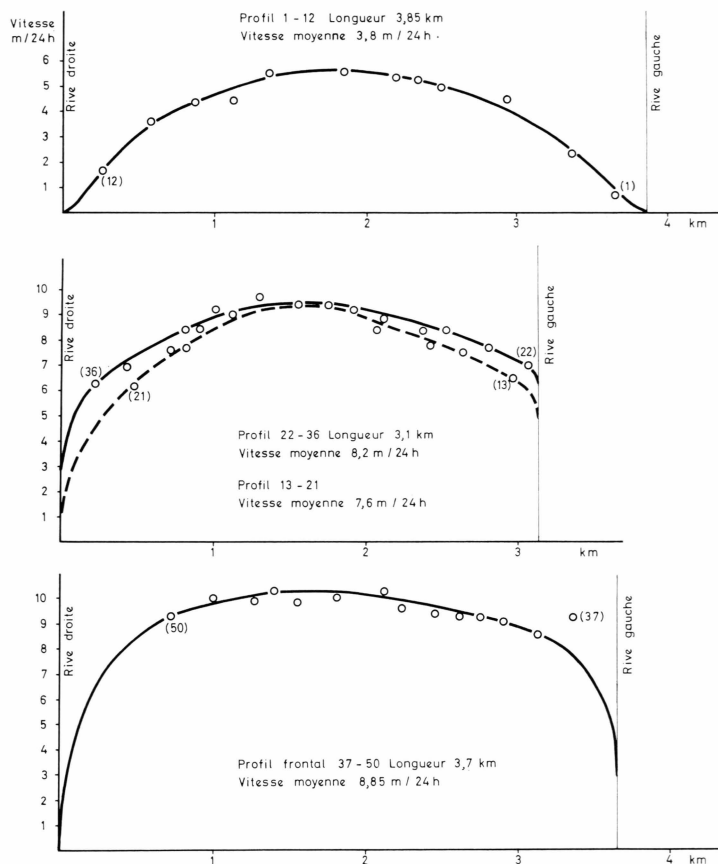


Fig. 43. Sermeq silardleq – vitesses moyennes.

considérer comme frontal pour la détermination de la vitesse moyenne servant au calcul du débit solide? Les profils (Figure 43) donnent les vitesses moyennes suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
1-12	3,8 m/24 h	3,85 km
13-21	7,6 m/24 h	3,1 km
22-36	8,2 m/24 h	3,1 km
37-50	8,85 m/24 h	3,7 km

Les profils sont très réguliers et parlent en faveur d'une bonne mesure des vitesses. La dislocation du front semble provenir d'un élargissement du glacier juste à son front, et malgré cela, la vitesse a augmenté. Elle est exactement la même que celle déterminée sur les données des clichés de 1957, soit 8,9 m/24 h.

4.11.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Pour une épaisseur moyenne estimée à 500 m, les hauteurs du front (Figure 21) montrent que le front ne flotte pas au moins aux points où a été déterminée la vitesse d'écoulement. On doit donc admettre pour vitesse moyenne au front la valeur de 8,85 m/24 h pour un front de 3,7 km. Le débit solide déduit est de 5,976 km³/an.

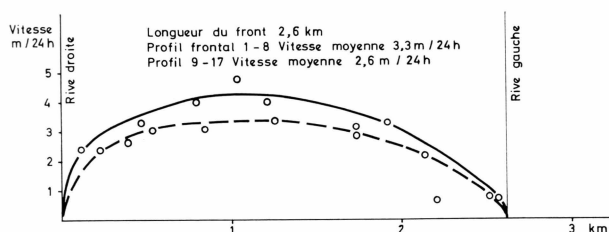


Fig. 44. Perdlerfiup sermia – vitesses moyennes.

4.12. Perdlerfiup sermia (Ingnerit) No. 15

4.12.1. Vitesses moyennes

Le glacier Perdlerfiup sermia présente deux profils frontaux (Figure 24) dont les vitesses moyennes (Figure 44) sont les suivantes :

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
9-17	2,6 m/24 h	2,6 km
1- 8	3,3 m/24 h	2,6 km

La vitesse moyenne au front est supérieure à celle déterminée sur la base des clichés de 1957 (1,6 m/24 h).

4.12.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 23) montrent que, pour une épaisseur moyenne estimée à 250 m, le front ne flotte pas. Le débit solide s'établit à 0,783 km³/an.

4.13. Kangerdluarssûp sermia No. 16

4.13.1. Vitesses moyennes.

Le glacier Kangerdluarssûp sermia est un glacier relativement peu actif dont le lobe frontal s'étale par rapport à sa vallée d'écoulement (Figure 26), d'où les vitesses erratiques au front. Un glacier secondaire vient mourrir à terre, au nord, séparé du glacier principal par une moraine centrale.

Les vitesses moyennes (Figure 45) sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
1- 7	0,94 m/24 h	2,2 km
8-13	0,73 m/24 h	3,3 km
14-22	0,92 m/24 h	3,3 km

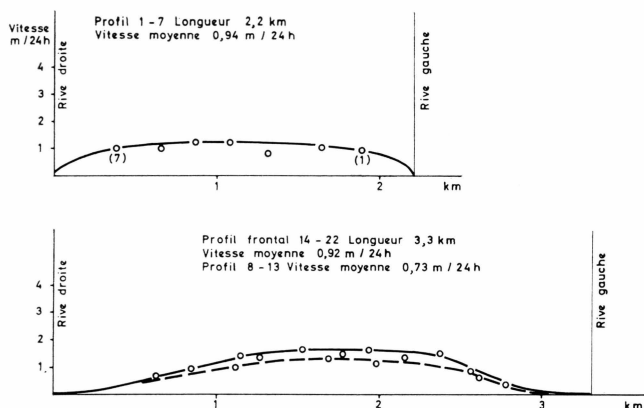


Fig. 45. Kangerdluarssûp sermia – vitesses moyennes.

Ainsi, malgré la décélération due à l'élargissement du glacier, le front subit une faible accélération.

La vitesse moyenne au front est la même que celle déterminée sur la base des clichés de 1957 (1,1 m/24 h).

4.13.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 25) montrent que le front ne flotte pas pour une épaisseur moyenne estimée à 200 m. Le débit solide est de 0,222 km³/an.

4.14. Kangerdlugssûp sermerssua No. 17

Le Kangerdlugssûp sermerssua a fait l'objet d'une étude particulière au cours de l'E.G.I.G. 1959. Un levé hydrographique et hydrologique complet du fjord a été effectué pour l'E.G.I.G. par le V.F.S. « GAUSS ». Une carte détaillée a été réalisée par le Deutsches Hydrographisches Institut, HAMBURG.

4.14.1. Vitesse moyennes

Les profils étudiés (Figure 28) montrent une accélération constante jusqu' à la langue extrême. Les vitesses moyennes (Figure 46) sont les suivantes:

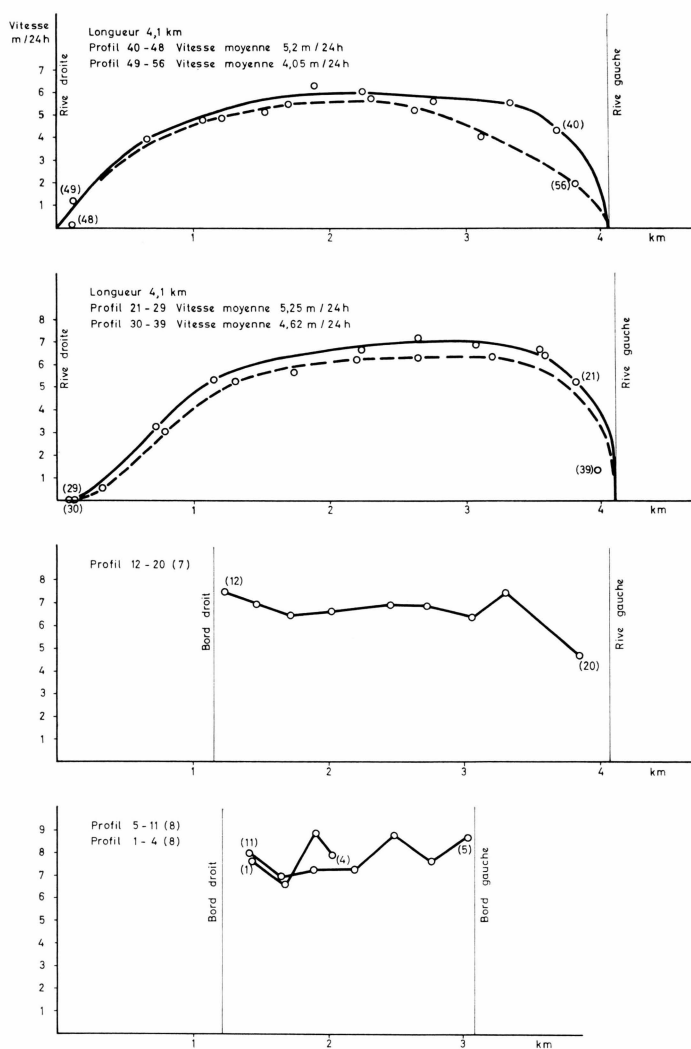


Fig. 46. Kangerdlugssûp sermerssua – vitesses moyennes.

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
49-56	4,05 m/24 h	4,1 km
40-48	5,2 m/24 h	4,1 km
30-39	4,62 m/24 h	4,1 km
21-29	5,25 m/24 h	4,1 km
12-20	7 m/24 h	partie centrale
5-11	8 m/24 h	partie centrale
1- 4	8 m/24 h	partie centrale

La partie centrale de la langue frontale ne flotte pas, comme le montrent les hauteurs du front (Figure 27), mais les grandes vitesses

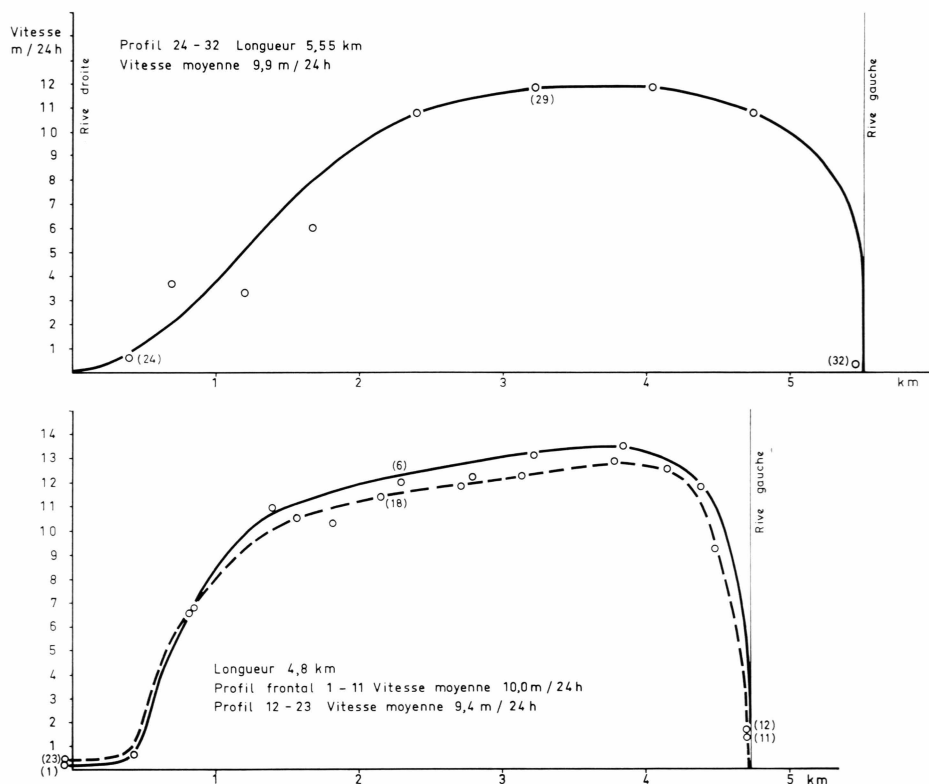


Fig. 47. Rinks Isbræ – vitesses moyennes.

doivent être dues aux vélages latéraux. C'est pour cette raison que nous avons pris comme vitesse moyenne 5,25 m/24 h qui est celle du profil 24–29.

4.14.2. Epaisseur moyenne et débit solide

L'épaisseur moyenne est de 300 m, déterminée par les sondages du V.F.S. « GAUSS » en 1959. On en déduit le débit solide de 2,357 km³/an.

La vitesse moyenne déterminée sur la base des clichés de 1957 était bien plus faible (3,5 m/24 h), car elle représentait la valeur moyenne de toutes les vitesses au front du glacier.

4.15. Rinks Isbræ No. 18

Le Rinks Isbræ est l'un des glaciers les plus actifs du Groenland. Son front est marqué par des vélages spectaculaires (Figure 30).

4.15.1. Vitesses moyennes

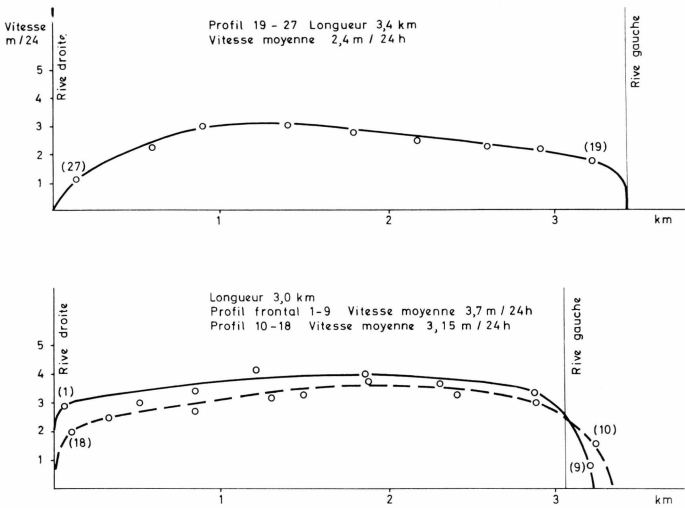
Comme le Jakobshavns Isbræ, les profils montrent un écoulement en bloc sans accélération dans les derniers kilomètres de son cours. Les vitesses moyennes (Figure 47) sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
24-32	9,9 m/24 h	5,55 km
12-23	9,4 m/24 h	4,8 km
1-11	10,0 m/24 h	4,8 km

La forme de la courbe des vitesses et la grandeur de la vitesse moyenne sont les mêmes que celles déduites des clichés de 1957, la vitesse seule étant un peu plus faible (12,2 m/24 h), résultat de la moyenne de toutes les vitesses au front.

4.15.2. Epaisseur moyenne et débit solide¹

Les hauteurs du front (Figure 29) sont un peu inférieures à celles estimées, mais elles ne changent pas l'épaisseur moyenne estimée à 800 m d'après les sondages de SORGE en 1933. Le front ne flotte pas. Le débit solide atteint la valeur de 14,016 km³/an.



48. Umiámáko Isbræ – vitesses moyennes.

4.16. Umiámáko Isbræ No. 19

4.16.1. Vitesses moyennes

L'Umiámáko Isbræ présente sur ses trois profils (Figure 32) une légère accélération vers le front. Les vitesses moyennes (Figure 48) sont les suivantes:

Profil	Vitesse moyenne	Longueur du profil
19-27	2,4 m/24 h	3,4 km
10-18	3,15 m/24 h	3,0 km
1- 9	3,7 m/24 h	3,0 km

La vitesse moyenne au front est plus faible que celle déterminée sur la base des clichés de 1957 (5,1 m/24 h) et la forme de la courbe des vitesses n'est pas la même.

4.16.2. Epaisseur moyenne et débit solide

Les hauteurs du front (Figure 31) montrent que le front ne flotte pas pour une épaisseur moyenne de 350 m déterminée d'après les sondages de SORGE en 1933. Le débit solide est de 1,418 km³/an.

5. Détermination du débit solide des glaciers étudiés
(No. 1 à 20)

Tableau 17.

No. du glacier	Vitesse moyenne m/24 h	Longueur du front km	Épaisseur moyenne m	Débit km³/an
1.....	3,0	5,9	150	0,969
2.....	0,9	5,0	100	0,164
3.....	0,9	2,6	100	0,085
4.....	19,1	7,0	750	36,600
5.....	1,0	2,5	150	0,137
6.....	2,1	4,5	200	0,690
7.....	3,3	4,1	250	1,235
8.....	9,7	5,1	600	10,834
9.....	5,2	6,3	600	7,174
10.....	13,4	5,1	600	14,966
11.....	1,0	2,1	250	0,192
12.....	3,5	2,5	500	1,597
13 sud.....	4,0	2,2	300	0,964
13 nord.....	2,6	0,8	150	0,114
14.....	8,85	3,7	500	5,976
15.....	3,3	2,6	250	0,783
16.....	0,92	3,3	200	0,222
17.....	5,25	4,1	300	2,357
18.....	10,0	4,8	800	14,016
19.....	3,7	3,0	350	1,418
20.....	3,2	3,2	300	1,121
Total...				101,614

Le débit total des vingt glaciers étudiés est donc de $102 \text{ km}^3/\text{an}$ de glace. Comme les vitesses moyennes sont connues avec une meilleure précision que les épaisseurs moyennes dont la plupart est simplement estimée, il est intéressant de confronter vitesse moyenne et épaisseur moyenne (Figure 49).

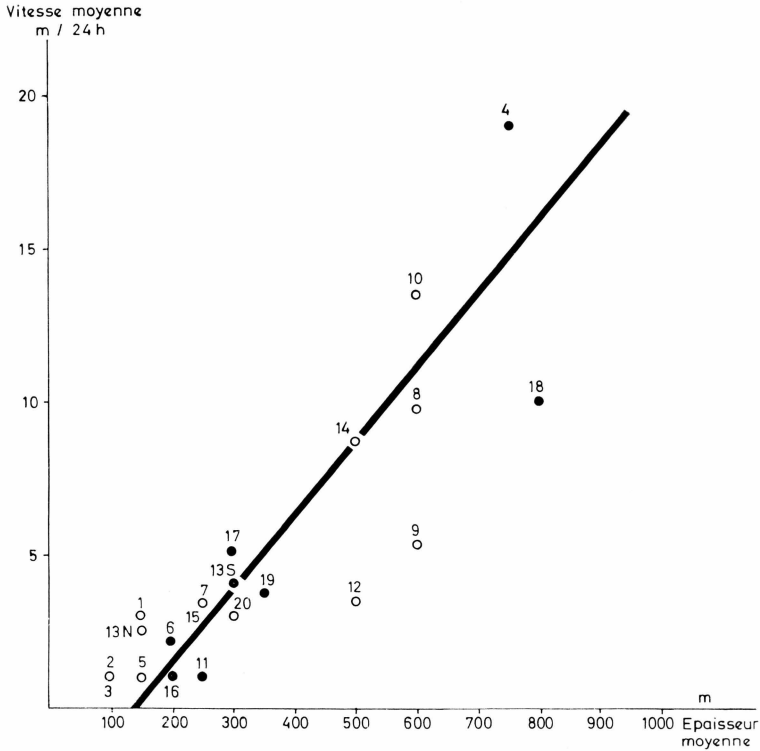


Fig. 49. Diagramme vitesse moyenne/épaisseur moyenne.

On remarque que les glaciers 9 et 12 ont probablement une épaisseur moyenne bien surestimée.

Le glacier 4 (Jakobshavns Isbræ) semble avoir, soit une vitesse trop forte, soit une épaisseur trop faible. L'exploitation des clichés de 1957 ferait pencher pour la première hypothèse quoique, en principe, les mesures photogramétriques des clichés de 1964 soient meilleures. Il est impossible de trancher cette question pour constater finalement les différences entre les vitesses moyennes (13,1 et 19,1 m/24 h) qui doivent être réelles.

Il en est de même pour le glacier 18 (Rinks Isbræ) qui a, contrairement à celui de Jakobshavns Isbræ, soit une vitesse trop faible, soit une épaisseur trop forte. C'est la première hypothèse qui serait vraisemblable si l'on rappelle la vitesse moyenne de 12,2 m/24 h de 1957 centre

10,0 m/24 h de 1964. Comme précédemment, il est impossible de trancher cette question, comme l'épaisseur moyenne de 800 m doit être correcte et comme la vitesse moyenne dans les deux cas est déterminée avec une bonne précision qui ne peut expliquer la différence. On ne peut que constater cette différence des vitesses moyennes de 1957 et de 1964, différence qui doit être réelle.

Pour avoir une idée de la variation du débit solide qu'entraînerait l'alignement sur la droite de corrélation entre vitesse moyenne et épaisseur moyenne, corrélation supposée exacte, de l'épaisseur moyenne des glaciers, nous avons établi le tableau suivant:

Tableau 18.

No.	Vitesse m/24 h	Longueur km	Épaisseur m	Épaisseur théorique	Différence	Débit km ³ /an
1.....	3,0	5,9	150	250	+ 100	0,969
2.....	0,9	5,0	100	200	+ 100	0,164
3.....	0,9	2,6	100	200	+ 100	0,085
4.....	19,1	7,0	750	900	+ 150	43,920
5.....	1,0	2,5	150	200	+ 50	0,183
6.....	2,1	4,5	200	200	0	0,690
7.....	3,3	4,1	250	300	+ 50	1,482
8.....	9,7	5,1	600	550	— 50	9,931
9.....	5,2	6,3	600	400	— 200	4,783
10.....	13,4	5,1	600	700	+ 100	17,461
11.....	1,0	2,1	250	200	— 50	0,153
12.....	3,5	2,5	500	300	— 200	0,958
13 S.....	4,0	2,2	300	300	0	0,964
13 N.....	2,6	0,8	150	250	+ 100	0,190
14.....	8,85	3,7	500	500	0	5,976
15.....	3,3	2,6	250	300	+ 50	0,940
16.....	0,92	3,3	200	200	0	0,222
17.....	5,25	4,1	300	350	+ 50	2,750
18.....	10,0	4,8	800	600	— 200	10,512
19.....	3,7	3,0	350	300	— 50	1,215
20.....	3,2	3,2	300	300	0	1,121
						+ 850
						— 750
						Total... 104,669

Dans l'hypothèse citée, le débit solide total des vingt glaciers étudiés par E.G.I.G. passerait de 102 à 105 km³/an, soit une variation inférieure à 3 %. La détermination de 1957 donnait 90 km³/an, valeur certainement trop faible.

Dans nos anciennes estimations, nous avons chiffré le débit solide des glaciers vëlant dans Disko Bugt et Umanak Fjord à

80 km³/an de glace, et à 240 km³/an de glace la perte totale de l'Indlandsis par vèlage des glaciers. Si nous admettons que notre ancienne estimation du débit solide total était trop faible dans la même proportion, nous devrions admettre un débit total de 310 km³ de glace par an, soit 280 km³/an valeur en eau.

Il en découlerait le bilan de masse suivant pour l'ensemble de l'Indlandsis du Groenland :

Accumulation	+ 500 k ³ m/an valeur en eau
ablation	– 330 k ³ m/an valeur en eau
vèlage	– 280 k ³ m/an valeur en eau
<hr/>	
bilan	– 110 km ³ /an valeur en eau

Cela représente une tranche d'eau de + 0,3 mm/an répartie uniformément sur les mers du globe.

6. Conclusions

L'application de la photogrammétrie à la glaciologie constitue un évènement quand il s'agit de l'étude des glaciers du Groenland. En effet, l'utilisation des méthodes classiques, même de la photogrammétrie terrestre, est sans espoir quant au nombre de glaciers à étudier dans un pays dans l'ensemble inaccessible.

La précision des mesures photogrammétriques de clichés aériens est bien supérieure à celle de la vitesse superficielle proprement dite d'un glacier. En effet, la vitesse est une grandeur variable, même en un même point géographique d'un glacier, pour la simple raison que le glacier lui-même est soumis à des fluctuations saisonnières. Il s'en suit que la précision des mesures photogrammétriques est nécessaire pour être sûr de la grandeur mesurée, mais que l'interprétation glaciologique est indispensable.

Les profils mesurés à la surface de glaciers dans les derniers kilomètres de leur parcours montrent que ni une seule vitesse, ni même un profil transversal de vitesses, ne sont représentatifs pour la connaissance du débit, à moins de connaître la coupe du profil. De plus, au front même, lorsqu'on connaît la coupe frontale, un seul profil n'est souvent pas représentatif : il faut savoir si la langue du glacier flotte sur la mer où si, par suite de conditions locales, son accélération sort de la normale. Il est donc indispensable d'effectuer la détermination de plusieurs profils de vitesse pour choisir. Les travaux présentés en sont la meilleure illustration.

Quant à l'accélération elle-même, l'augmentation que subit la vitesse moyenne vers l'aval est un phénomène connu de longue date

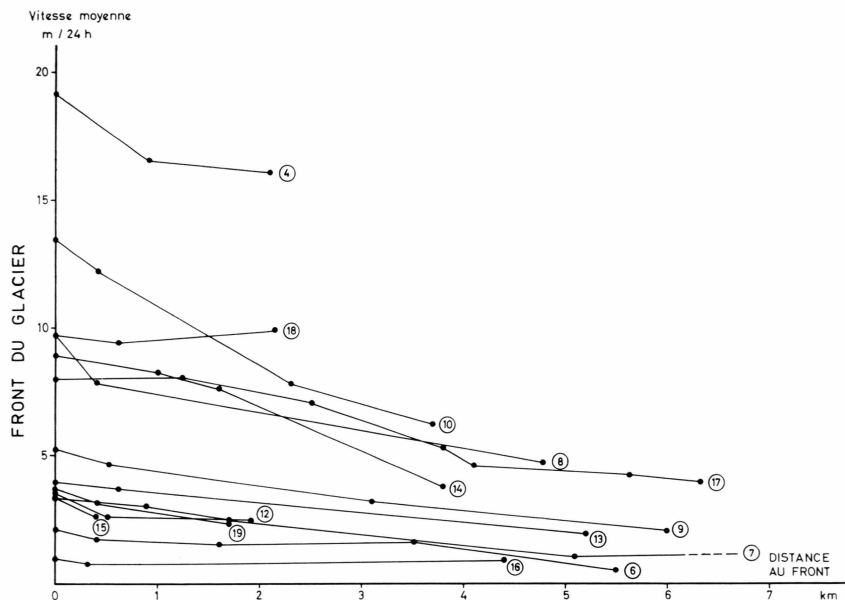


Fig. 50. Accélération de l'écoulement des glaciers vers leur front.

(Figure 50). La conservation de la masse de glace devrait être l'explication fondamentale: le glacier voit son lit s'étrangler avant d'arriver à la mer et son épaisseur diminuer. Les données sont rares. Ainsi nous savons que le Kangerdluarssûp sermia atteint 600 m d'épaisseur à 20 km du front où son épaisseur moyenne n'est plus que de 200 m. Cette diminution d'épaisseur n'est pas uniquement due à l'ablation. L'augmentation de température – température moyenne, eau de fonte intraglacière et eau de mer au front – doit, elle aussi, avoir une influence importante.

Il faut remarquer que l'accélération de l'écoulement est faible près du front pour les fleuves de glace comme le Jakobshavns Isbræ ou le Rinks Isbræ, car la masse de glace de ces glaciers se déplace en bloc ce qui donne une courbe en U caractéristique du profil des vitesses.

De plus, l'accélération de l'écoulement vers le front des glaciers n'est pas accompagnée de ruptures. Les grandes vitesses au front ne sont pas dues au déplacement d'icebergs flottant sur la mer ou sur le point de flotter. En effet, on est pratiquement sûr que tous les fronts des glaciers étudiés ne flottent pas, contrairement à ce que l'on peut rencontrer dans le nord du Groenland ou dans l'Antarctique. La cause en est, d'une part la grande productivité et, de l'autre, les températures relativement élevées. Quand vèlage il y a, l'iceberg formé se détache

nettement du front, même pour des glaciers comme le Sermeq silardleq et le Kangerdlugssûp sermerssua.

Une dernière question se pose en comparant l'exploitation des clichés de 1957 à celle des photographies de 1964. Il est surprenant que les grandes différences de vitesse moyenne se trouvent pour les glaciers à très grandes vitesses comme le Jakobshavns Isbræ et le Rinks Isbræ, alors que ces vitesses sont déterminées avec précision. Pour le moment, il ne nous reste que de constater ces différences; plusieurs couvertures photographiques aériennes répétées étalées pendant une année ou plus donneront une réponse à cette question.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUER, A. 1955. Le Glacier de l'Ege. Actualités Scientifiques et Industrielles, No. 1225, pp. 1–120.
- 1965. Utilisation de la photographie aérienne en Glaciologie. Photographie Aérienne, Panorama Intertechnique, Gauthier-Villars, Paris, Chap. 7, pp. 65–72.
- 1968 a. Le Glacier de l'Ege (Eqip sermia) Mouvement et variations du front (1959). Meddr. Grønland Vol. 174, No. 2.
- 1968 b. Missions aériennes de reconnaissance au Groenland 1957–1958. Observations aériennes et terrestres – Exploitation des photographies aériennes – Détermination des vitesses des glaciers vëlant dans Disko Bugt et Umanak Fjord. Meddr. Grønland Vol. 173, No. 3.