L'écoulement du glacier d'Arolla de 1908 à 1909

Autor(en): **Mercanton, Paul-L.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **46 (1910)**

Heft 171

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-268887

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

L'ÉCOULEMENT DU GLACIER D'AROLLA

de 1908 à 1909

PAR

Paul-L. MERCANTON

(Pl. XI-XV)

Introduction.

Le Comité de la Fondation Agassiz a mis au concours en 1908 et pour le 1er mai 1910 le sujet suivant:

Etude de l'écoulement du glacier d'Arolla. « Le glacier d'Arolla, vallée d'Hérens, Valais, était composé de trois affluents. Deux de ces affluents, le Tsa de Tsan et le Vuibey, se sont rompus et la langue inférieure du glacier n'est plus alimentée que par le glacier du Mont-Collon. Quelles sont les allures de l'écoulement dans ce glacier dont la partie médiane est seule active et dont les zônes latérales sont du glacier mort ? »

Cet énoncé, pour être parfaitement intelligible doit être lu la carte en mains (Atlas Siegfried, section 8, feuille XXII). On y verra que l'affluent actuel du Tsa de Tsan formait, à l'époque du levé cartographique, la partie haute du glacier d'Arolla, qui s'étendait sans interruption du col de Collon jusqu'au voisinage des chalets d'Arolla. On y verra également que les glaciers du Mont-Collon et du Vuibey évacuent les neiges tombées entre les deux Mont-Collon et l'Evêque d'une part, le Pigne d'Arolla et le Col de Chermontane d'autre part ; ils ont donc un bassin d'alimentation commun dont ils ne sont que des effluents à peine distants d'un demi-kilomètre. Toutefois la carte attribuant à

leurs névés les dénominations particulières de glacier du Mont-Collon et glacier du Vuibey, il convient de maintenir ces noms à leurs cours inférieurs.

Le présent mémoire et les documents graphiques qui l'accompagnent ont pour but de répondre à la question posée, mais une réserve essentielle doit-être faite d'emblée à son sujet.

L'objet et les termes de cette question ont été arrêtés par le Comité de la Fondation Agassiz, sur la base d'observations faites en 1907 par le Dr Emile Argand et consignées par lui au Rapport annuel de MM. Forel et Muret sur les variations des glaciers suisses. (Voir E. Argand, Notes sur les glaciers du massif de la Dent Blanche en Valais, § XCVIII, titre III, du 28e Rapport (1907) sur les variations périodiques des glaciers des Alpes, dans l'annuaire du Club alpin suisse pour 1908.)

A teneur de ces notes, le Haut glacier d'Arolla ou Tsa de Tsan, d'une part; et le glacier du Vuibey, d'autre part, ne confluéraient plus, depuis 1907 au moins, avec le glacier d'Arolla proprement dit.

Or un examen attentif des lieux m'a bientôt démontré que si les appréciations de M. Argand étaient partiellement justes en ce qui concerne le Tsa de Tsan, elles ne l'étaient pas pour le Vuibey. En 1908 et 1909 j'ai constaté que :

a) un pédoncule de glace relie encore l'extrémité inférieure du Tsa de Tsan avec le glacier d'Arolla. Ce pédoncule est en vérité étroit, atrophié, peu discernable sous l'abondance des cailloux qui le recouvrent. D'ailleurs la formation en cet endroit d'un nouveau front, signalée par M. Argand, est indiscutable. Fig. 1 et 2.

b) Le glacier du Vuibey est en contact intime et par une large surface avec le glacier d'Arolla. Les langues de glace dont M. Argand parle dans ses « Notes.... » existent bien, mais l'afflux glaciaire principal a lieu par une coulée recouverte de moraine et qu'on peut reconnaître encore à

quelque distance en aval de son confluent avec le glacier d'Arolla.

Il convient, pour être juste, d'ajouter que la tendance à la disjonction des courants affluents et principaux est, dans l'un et l'autre des cas, notoire.

La question se trouvant ainsi, semble-t-il, modifiée dans sa teneur par l'état de choses convenait-il encore d'y porter l'effort de l'investigation ? Je me le suis demandé un moment. A la réflexion il m'a paru que son intérêt n'avait pas diminué du fait que la séparation des glaciers escomptée n'était pas encore complète. En effet une telle rupture de confluence ne saurait être jamais brusque : c'est le terme d'une lente décrépitude des affluents ; dans ces conditions on ne peut admettre que le régime d'écoulement du corps principal en soit changé d'un jour à l'autre. La modification subie est forcément graduelle. Il faut s'attendre à la trouver minime, car le glacier s'adapte peu à peu à son nouveau régime qui est celui d'un courant unique en lieu et place d'un courant complexe ; mais on sait aussi que, tôt après leurs confluence, les composants d'un appareil glaciaire étroit se meuvent solidairement à la façon d'un glacier unique.

Une autre cause doit amoindrir encore l'action retardatrice des masses de glace isolées de leur source et ainsi devenues inertes ; pendant que lentement se faisait la séparation la majeure partie de ces glaces a dû se fondre ; dès lors on ne peut compter que les maigres restes persistants puissent modifier sensiblement le régime de marche d'un glacier fortement alimenté par ailleurs.

C'est bien là l'objection la plus forte à une recherche de cet ordre. Il m'a semblé cependant que la question ne pouvait être tranchée à priori et méritait l'étude expérimentale. L'intérêt futur des recherches glaciologiques militait également en faveur de l'entreprise : si les effets de la rupture de confluence paraissent devoir être minimes on peut s'atten-

dre à ce que ceux de son rétablissement soient autrement intenses parce que ce rétablissement est toujours bien plus brusque. La recherche inaugurée en 1908 au glacier d'Arolla en décrue devient ainsi le premier terme d'un ensemble dont l'étude du même glacier en phase de crue doit être le second.

Enfin toute étude glaciologique sérieuse donne sa moisson de faits intéressants. D'ailleurs tout le matériel était à pied d'œuvre et les dispositions prises pour le travail.

Tels sont les motifs qui m'ont décidé et m'ont guidé dans le choix des opérations.

Celles-ci ont comporté la pose de repères de mouvement sur le glacier même et de repères fixes sur ses rives ; l'établisssement des premiers a été le gros œuvre de la campagne de 1908; la triangulation des seconds, celui de la deuxième campagne (1909) ; enfin le relevé des positions successives des repères mouvants du glacier par rapport aux repères fixes de ses rives d'où j'ai déduit la mesure de l'écoulement glaciaire, a été l'objet commun à toutes deux.

J'examinerai tour à tour dans ce mémoire :

A. Le terrain des opérations ;

B. Le mode opératoire ;

C. Les résultats.

A. Le terrain des opérations.

Il comprend toute la région inférieure et septentrionale du glacier d'Arolla proprement dit, à partir du pied du Mont-Collon, avec, en annexes, ses confluents avec le glacier du Vuibey et le glacier actuel du Tsa de Tsan (Glacier suisse du Tsa de Tsan, gradin supérieur de l'ancien Glacier d'Arolla).

La carte fédérale, revisée en 1877 déjà, malgré des additions ultérieures (1890) ne représente plus le glacier tel qu'il est aujourd'hui. C'est pourquoi j'ai cru bon de porter

sur un agrandissement de cette carte une esquisse de sa topographie actuelle d'après mes documents photographiques et mes mensurations. Pl. I. Cette planche n'a, bien entendu, aucune prétention à une haute exactitude topographique. Un travail de représentation soignée, malgré son évident intérêt, ne pouvait rentrer dans mon programme. Il eût exigé trop de temps et de travail ; ce serait la tâche d'un topographe dessinateur habile à se servir des méthodes photogrammètriques.

Le glacier d'Arolla présente aujourd'hui l'aspect d'un cours de glace fortement encaissé dans un lit bordé de montagnes élevées, aux flancs abrupts, à modelé glaciaire accentué.

Deux systèmes morainiques latéraux, d'inégales puissances, enserrent une coulée de glace centrale tranquille signalée de loin par une succession de « bandes sales » (dirt-bands de Forbes). Ces bandes régulièrement dessinées en ogives sur la glace blanche, partent du bas de la cataracte de l'affluent du Mont-Collon et s'étendent jusqu'au portail glaciaire.

Cette dernière issue, creusée dans la partie nue du glacier d'Arolla, est en retrait marqué sur les zones marginales couvertes de débris. Il en résulte dans le front de la langue glaciaire une échancrure profonde bien visible sur la fig. 3.

Cette échancrure est due à l'attaque plus forte des glaces centrales par les agents d'ablation ; l'absence, en cet endroit, de revêtement morainique superficiel facilite singulièrement leur tâche destructive.

Des deux appareils morainiques latéraux, celui de droite est beaucoup plus développé que l'autre ; aussi bien la partie correspondante du front proémine-t-elle davantage : elle dépasse de quelque 400 m. vers l'aval le portail du glacier et s'étend encore en s'amincissant graduellement jusqu'au lit, maintenant à ciel ouvert, du torrent des

Doves Blanches. Le lobe de gauche s'avance presque jusqu'au couloir torrentiel qui descend de la Serra du Vuibey, à 120 m. environ de la glace blanche.

En remontant le cours du glacier, on constate que le système morainique de la rive gauche résulte de la juxtaposition intime de deux traînées principales. L'une, la plus puissante et qui charrie d'énormes blocs, émane de l'îlot rocheux appelé « Roc noir » qui sépare le glacier du Mont Collon de celui du Vuibey (R. N., Fig. 4). Elle passe devant le front de ce dernier glacier et vient se souder à sa moraine.

L'appareil morainique de la rive droite est plus complexe, plus puissant aussi et plus intéressant pour nous. On y reconnaît également deux traînées principales de débris. L'une, en dedans, émane sans conteste des glaces du Mont-Collon. On la voit surgir graduellement de l'enchevêtrement de crevasses qui découpe le fleuve de glace en une grandiose cataracte de séracs et d'aiguilles. Fig. 4.

Remarquons d'emblée qu'il ne paraît pas s'agir ici d'une moraine latérale proprement dite, mais bien déjà d'une moraine médiane à la vérité très proche de la rive droite du glacier. Cette mise en garde est nécessaire à l'intelligence de la suite.

La deuxième traînée de cailloux provient, sans doute possible, directement du glacier supérieur de Tsa de Tsan. Sa composition est très variée. Des filets de matériaux fort divers s'y montrent côte à côte, à peine bousculés par les avatars de leur cheminement antérieur. Ils sont la continuation, en aval, des moraines du Tsa de Tsan qui figurent sur la carte fédérale, mais refoulées aujourd'hui vers la rive droite.

En amont de leur point de rencontre les deux traînées du Mont-Collon et du Tsa de Tsan ménagent un espace triangulaire de glace relativement propre. Le sommet de ce triangle est en aval, sa base s'appuie à celle d'un autre espace triangulaire, où viennent s'accumuler en un vaste

cône d'avalanches les masses de névé tombées du Mont-Collon même.

Cet espace triangulaire entre les deux moraines est fissuré de crevasses transversales à la pente ; les lèvres des crevasses laissent voir nettement la structure rubanée, mais ce rubanage est vertical et parallèle à la direction de l'écoulement glaciaire, en discordance absolue avec la stratification que prennent dans le cône d'avalanches les masses de glace du Mont-Collon. Fig. 1.

La conclusion s'impose : cette région triangulaire du glacier n'est pas un glacier remanié alimenté par le sommet du Collon, car ces glaces d'avalanche fondent à cette altitude basse ; c'est, ou bien un reliquat des glaces anciennement confluentes des deux glaciers du Mont-Collon, et du Tsa de Tsan, conservées plus longtemps dans cet angle mort, ou bien ce sont les glaces marginales du glacier du Mont-Collon simplement élargies en cet endroit. Cette dernière explication me paraît la plus acceptable. Je réserve toutefois une opinion jusqu'à plus ample informé.

Dès leur rencontre les deux courants de glace constituant l'appareil morainique droit, se différencient nettement. Celui du Mont-Collon, seul alimenté, puissant, compact, entraîne de force l'autre, débilité par sa rupture quasi consommée avec les glaces originelles. Tandis que le premier s'avance d'un cours régulier, presque sans une crevasse, l'autre tourmenté, déchiré, se creuse en entonnoirs, se dissèque en falaises, en crêtes aiguës, jusqu'au terme lointain de son voyage où il s'affaisse épuisé par l'ablation et disparaît sous des monceaux de cailloux.

Ces crevasses en entonnoirs, bien visibles sur la fig. 4, rappellent par leur disposition et leur forme, les fentes qui se produisent dans le cisaillement de certains solides, quand une partie glisse devant l'autre sous l'effort.

La masse bordière du glacier porte les signes irrécusables et de son entraînement forcé et de sa résistance opiniâtre au mouvement.

Quant aux masses amenées par la cataracte glaciaire du Mont-Collon, elles forment actuellement le gros du glacier d'Arolla. Sa partie centrale, toute blanche, est si unie que deux torrents y suffisent à récolter toutes les eaux de fonte superficielles. L'un court en marge de la moraine gauche. L'autre, au milieu même du glacier, serpente, graduellement encaissé dans ses méandres capricieux et tellement grossi par moments qu'il en devient infranchissable. Tout deux se perdent dans de redoutables moulins à l'extrémité du glacier.

J'ai déjà signalé l'existence d'un système de bandes boueuses (dirt-bands de Forbes) sur ce glacier propre. Elles paraissent en relation directe avec les vallonnements qui accidentent le glacier au bas de la cataracte du Mont-Collon, dernières traces des convulsions de la formidable chute. Elles sont régulièrement espacées comme ceux-ci ; j'en ai compté 19 et demi entre les perches d'ablation des lignes verte d'amont et rouge ; elles sont distantes de quelque 24 mètres et larges d'une douzaine. Aisées à distinguer de loin, elles le sont moins de tout près. Il n'est pas facile de décider si les souillures qui les dessinent sont incorporées à la glace et graduellement mises à nu par l'ablation ou si ces bandes ne sont que des cordons d'impuretés accumulées dans les rides du glacier au pied de la cataracte et qui ont survécu à l'effacement de celles-ci. Vraisemblablement les deux effets interviennent, le deuxième à la suite du premier, car là où le ruisseau coupe les bandes, on ne voit guère de matériaux les prolonger dans le sein même du glacier et, d'autre part leur teinte ne s'accentue que peu de l'amont vers l'aval.

En revanche, des matériaux morainiques affleurent en divers points de la rive gauche, près du Vuibey, disposés à l'instar des bandes sales véritables et semblant venir de la profondeur.

L'abord du glacier d'Arolla serait aujourd'hui bien

malaisé pour l'opérateur chargé d'instruments si le sentier créé par le C. A. S. pour le service de la cabane de Bertol ne facilitait beaucoup l'accès des régions voisines du Collon. Jadis, on remontait le glacier dans son milieu et jusqu'au Plan de Bertol même. Il était alors si uni, que le jeune bétail y trajetait sans grand risque entre Arolla et le val d'Aoste. Les progrès de la décrue ont imposé l'ouverture d'un nouveau chemin. Celui-ci longe d'abord exactement le territoire occupé par les glaces en 1819. Il domine le glacier actuel de beaucoup à son début et s'en rapproche par degrés vers l'amont, en courant presque toujours sur les crêtes des vieilles moraines. A mi-chemin celles-ci font place à des parois rocheuses et lisses où le sentier a dû être frayé à coups de mine.

La rive gauche du glacier d'Arolla ne porte pas de voie d'accès, mais dès sa jonction avec le Vuibey, elle est flanquée de gigantesques moraines déposées, vestiges des grandes crues antérieures. Fig. 5. La plus importante descend de la Serra du Vuibey, sur la rive gauche de l'affluent de ce nom, qu'elle côtoie un temps; puis elle tourne brusquement vers le nord, se poursuit horizontalement pendant quelques centaines de mètres et vient se fondre dans un amas de moraines plus basses qui la prolongent en quelque sorte. Ces traînées morainiques bordent l'extrémité gauche du glacier d'Arolla d'un véritable champ de cailloux à travers lequel de nombreux torrents se frayent des lits sans cesse remaniés.

La haute moraine du Vuibey, tout sable et cailloux, avec de loin en loin un gros bloc consolidant la masse, domine de plus de cent mètres la surface du glacier. Son talus extérieur ménage du côté de la montagne un ravin profond d'une vingtaine de mètres, de largeur variable, à fond plus ou moins plat.

La plaine frontale maintenant abandonnée par le glacier d'Arolla, très évasée, très encombrée de cailloux, travaillée

sans cesse par les eaux, ne présente rien que d'usuel. Des vestiges de glace morte y persistaient encore en 1909, appuyés à son flanc droit.

La longueur actuelle du glacier jusqu'à son portail est d'environ 2 kilomètres.

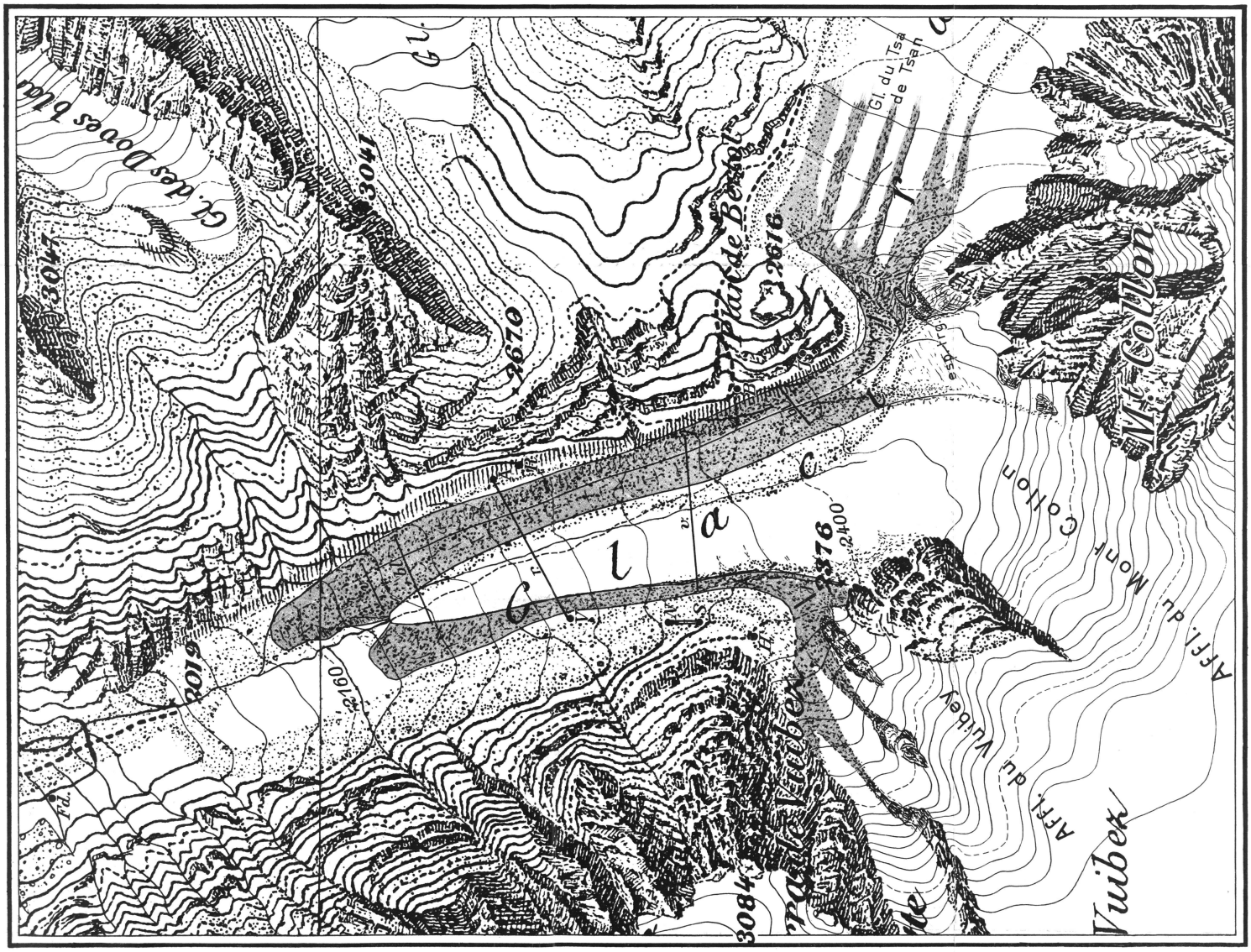
Sa largeur totale varie de 400 à 700 mètres selon l'altitude. Dans sa section moyenne, le glacier a environ 550 mètres, dont une cinquantaine pour la moraine de gauche, quelque 300 m. pour le glacier propre, et environ 200 m. pour l'ensemble morainique de droite.

Deux régions méritent une description détaillée : à savoir les confluents dont le rôle est ici en discussion.

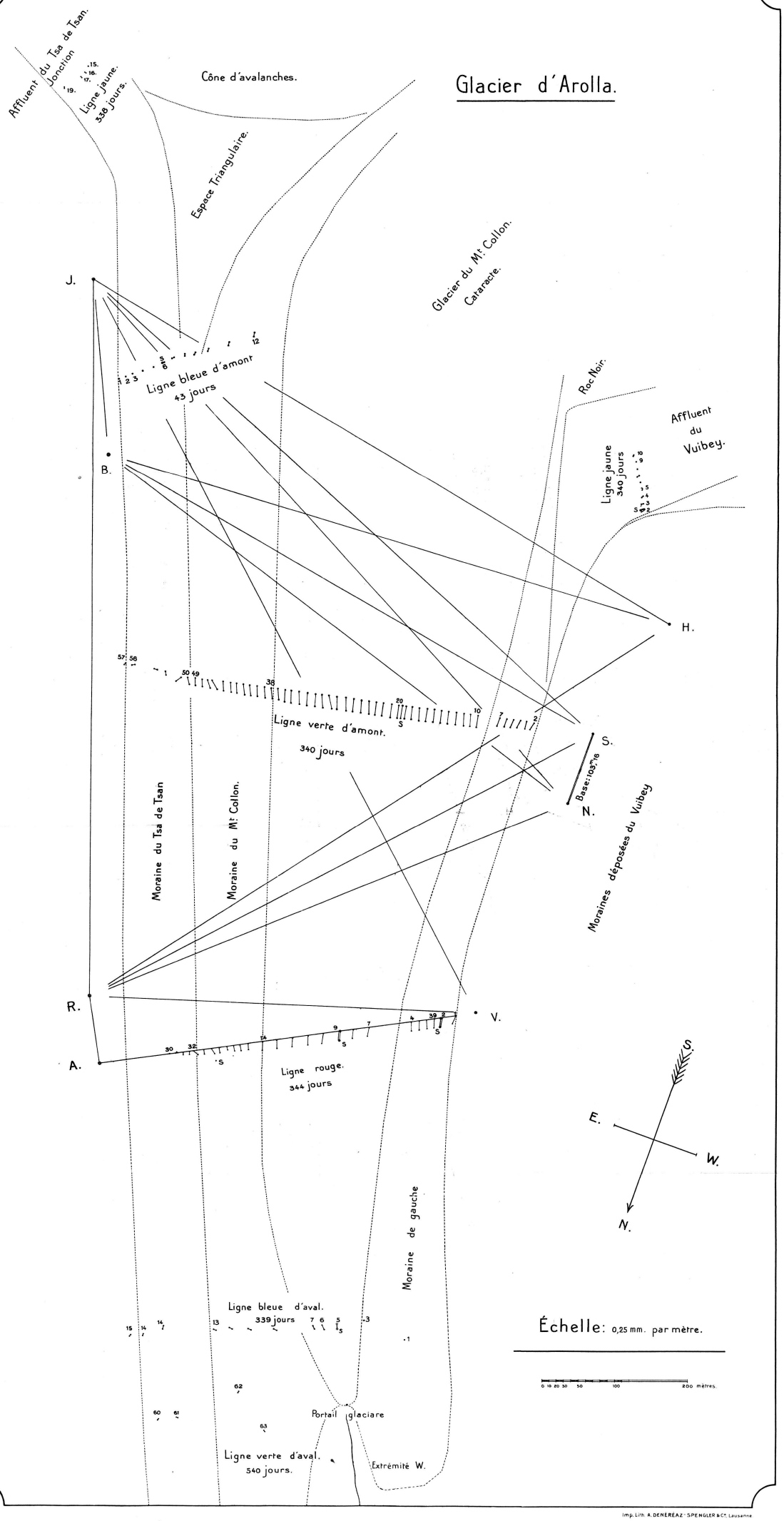
Celui du Tsa de Tsan que j'appellerai désormais la Jonction du Tsa de Tsan est représenté suffisamment par les fig. 1 et 2. Elle montrent à l'évidence la formation d'un front nouveau à l'extrémité du glacier supérieur, et son décollement progressif d'avec les masses infra-jacentes. Toutefois le revêtement de cailloux qui s'étale au-dessous de sa falaise cache un pédoncule de glace d'une trentaine de mètres de largeur encore. Cet isthme se termine brusquement à l'espace triangulaire par une muraille de cailloux peu élevée mais bordée franchement.

Du glacier de Tsa de Tsan (fig. 1) ne signalons que le recul vers l'amont du point d'émergence de ses moraines médianes, bien visible par comparaison avec la carte fédérale. Ce phénomène corrobore les prévisions de la théorie cinématique de l'écoulement glaciaire.

Le glacier du Vuibey, en décroissance manifeste, est encore uni au glacier d'Arolla par un courant de glace resté important grâce au revêtement morainique qui le protège. Ce courant est dû à la juxtaposition des deux bras médians de l'affluent du Vuibey, encore assez bien alimentés. En revanche l'apport du glacier, au sud, est insuffisant à combler le vide qui s'accentue sous le Roc-Noir Aussi faut-il pour y accéder du glacier d'Arolla, descendre quelque peu. Des


Gl. des Doves blan
3047
3041
2670
2616
Gl. du Tsa de Tsah
Gl. de Bertol
Gl. d'Arolla
2376
2400
2160
2019
3084
Aff. du Vuibey
Aff. du Mont Collon
Mt. Collon
Vuibex

Glacier d'Arolla.



Imp. Lith. A. DENÉRÉAZ - SPENGLER & Cie Lausanne

Fig. 1. — La Jonction du Tsa de Tsan et l'Espace triangulaire.

Fig. 2. — Le nouveau front du Tsa de Tsan.

Fig. 3. — Le front du glacier d'Arolla.

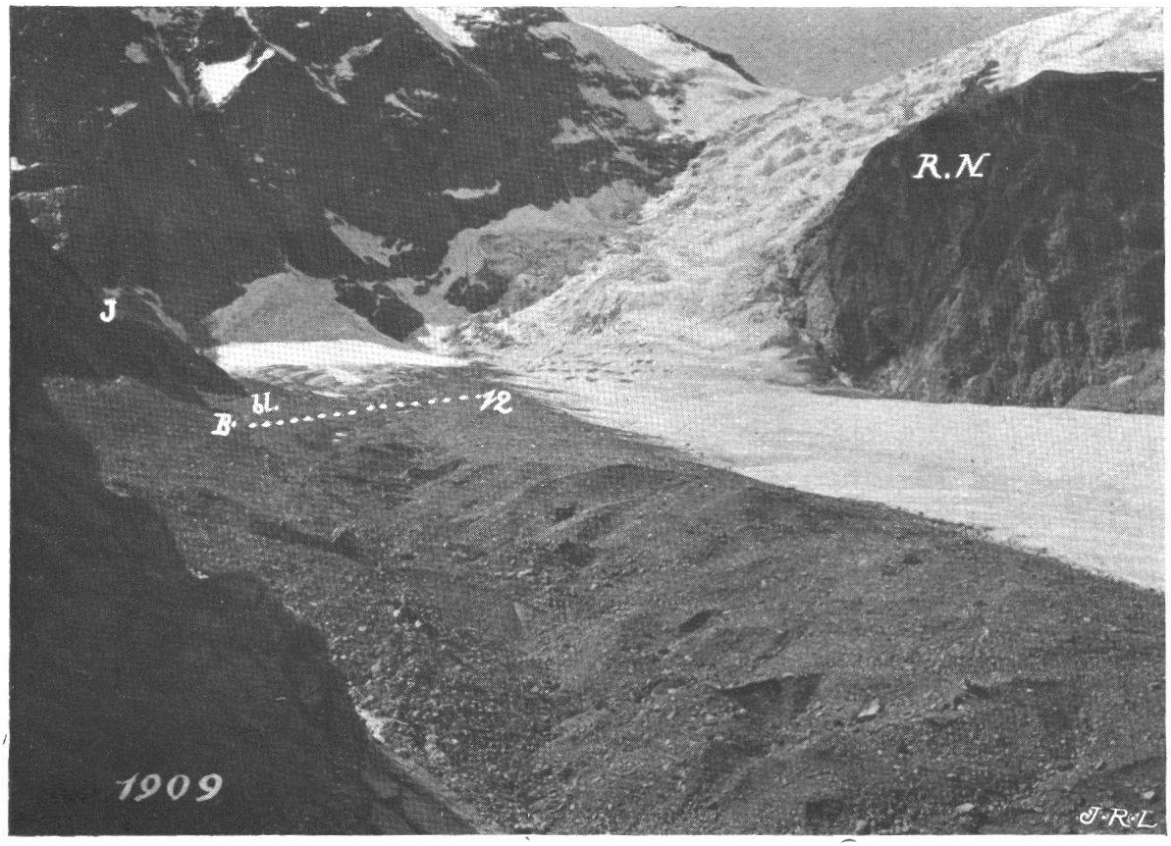


Fig. 4. — L'appareil morainique droit et la cataracte du Mont-Collon.

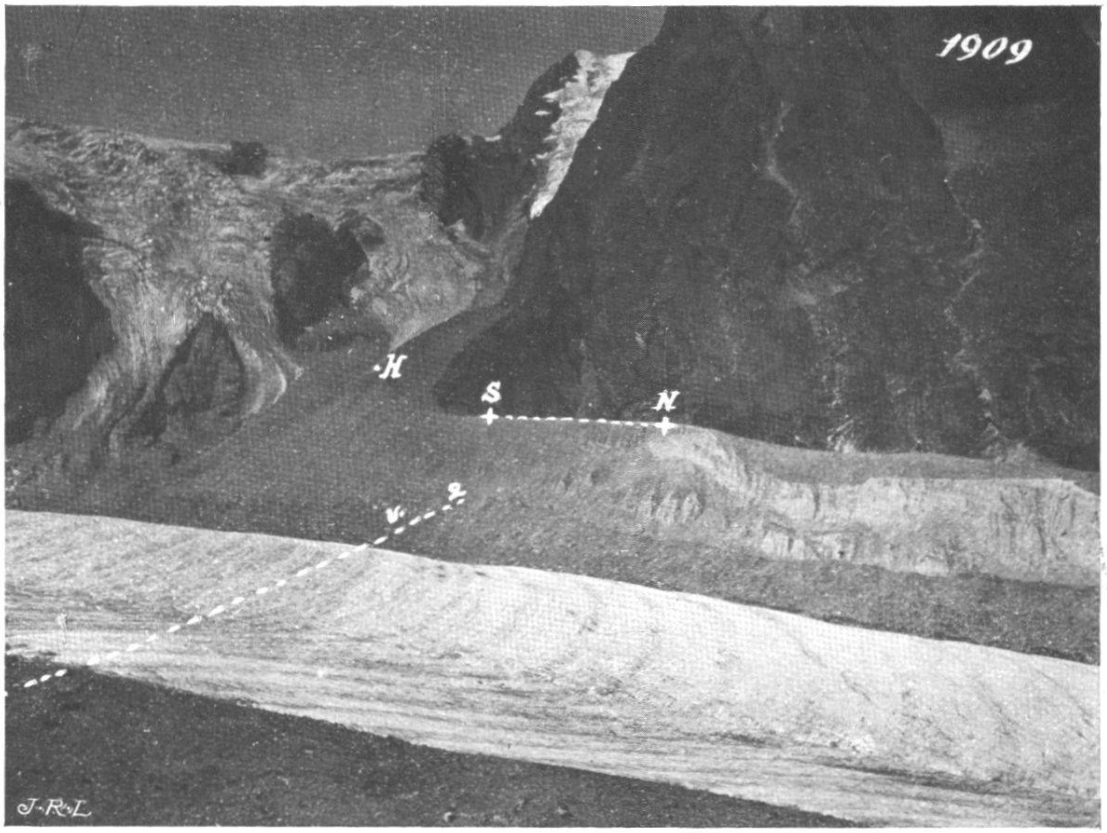


Fig. 5. — Les grandes moraines de gauche et l'affluent du Vuibey.

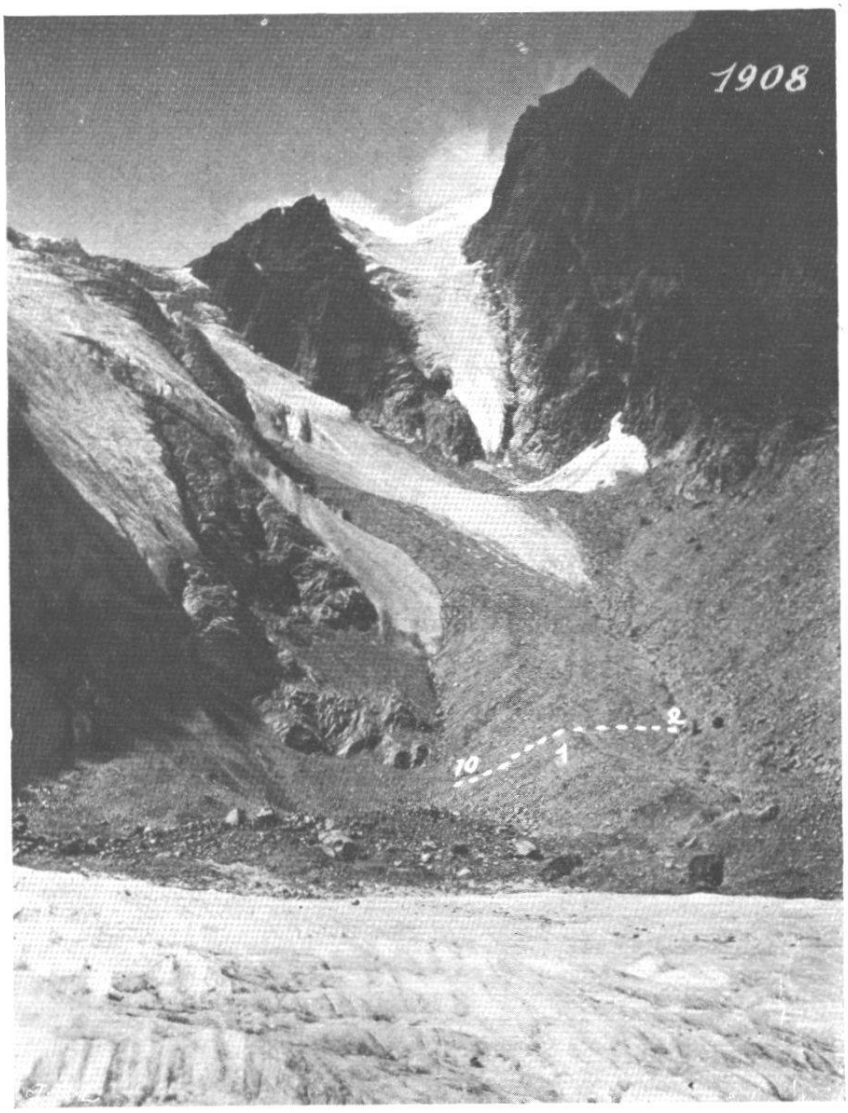


Fig. 6. — La Jonction du Vuibey.

crevasses assez grandes, au confluent des deux glaciers, trahissent la difficulté de l'écoulement. (Fig. 6.)

B. Le programme des travaux et le mode opératoire.

De ce qui précède ressort clairement que le corps glaciaire principal entraîne bien sur ses flancs, surtout sur le droit (oriental) des masses de glace parasites ou censées telles provenant des deux affluents du Vuibey et du Tsa de Tsan. Ces masses sont-elles vraiment passives ? Ne subissent-elles plus de la part des affluents qui leur ont donné naissance, une poussée « a tergo » ? Les pédoncules ne transmettent-ils plus en aval les pressions d'amont? C'était la première question à résoudre. Elle est surtout importante pour le Vuibey. A la Jonction du Tsa de Tsan la formation du nouveau front est assez avancée pour qu'on ose donner à priori une réponse négative.

Aucune supposition ne doit cependant prévaloir sur l'observation directe. J'ai donc institué tant à la Jonction du Tsa de Tsan qu'à la Jonction du Vuibey des lignes de repères.

Ce sont les lignes jaune du Tsa de Tsan et jaune du Vuibey qui sont figurées sur le plan de situation et sur la carte agrandie.

D'autre part il convenait de rechercher, à bonne distance de ces confluents, à bonne distance aussi de la cataracte, pour en éviter les actions perturbatrices possibles, si l'allure de l'écoulement du glacier d'Arolla revêt bien les caractères reconnus chez les glaciers à allure régulière. Ces caractères sont : marche plus rapide au milieu qu'au bord, variation continue de la vitesse avec la distance à la rive, etc. J'ai donc établi deux lignes serrées de repères au travers du glacier. Ce sont les lignes verte d'amont et rouge.

La forme échancrée du front et son prolongement sur le

côté droit par un lobe étendu faisaient espérer encore quelque résultat intéressante d'une étude détaillée de cette région basse. J'ai donc posé une nouvelle ligne à l'extrémité du glacier, la ligne bleue d'aval, et sur le lobe oriental quelques repères espacés formant la ligne verte d'aval.

Ces lignes ont été toutes placées en au mois d'août 1908. En juillet 1909 il m'a semblé utile de les compléter, entre la ligne verte d'amont et la ligne du Tsa de Tsan, par une courte série, la ligne bleue d'amont. Cette nouvelle ligne a été mensurée en septembre 1909 pour la seconde fois. Elle devait faire ressortir les particularités éventuelles de l'écoulement dans cette région.

Pour toutes les lignes les repères étaient des cailloux plats, de quelques décimètres carré, marqués de numéros en couleur. Les lignes verte d'amont, rouge et jaune du Vuibey, ont été dressées au théodolite, les autres au jugé et aussi bien que le permettait le relief accidenté du sol. L'obligation de donner aux repères une situation quelque peu sûre au voisinage immédiat de crevasses béantes explique l'rrégularité de leur distribution sur le bord droit du glacier, là où justement il eût été désirable qu'ils fussent correctement alignés. Cette irrégularité était malheureusement inévitable.

Autant que possible on a espacé régulièrement les repères de 10 m., de 20 m., suivant les besoins. L'espacement initial à la ligne rouge a été réduit de 20 m. à 10 m. pour les segments situés sur les moraines, ceci par l'adjonction après coup de nouvelles pierres.

Ainsi s'explique l'enchevêtrement de la numérotation de cette ligne.

Je ne me dissimule pas les avantages qu'auraient offert pour la sécurité des opérations des perches fichées dans la glace. Mais dans les régions de moraine, où leur stabilité eût été la plus précieuse, le travail de pose eût été considérablement gêné, ralenti, renchéri, par la rencontre in-

cessante des graviers et des blocs pris dans la glace. J'ai moi-même essayé par trois fois et en trois points voisins d'enfoncer un foret dans la glace de la Jonction du Tsa de Tsan sans pouvoir pénétrer à plus de quelques décimètres; chaque fois un caillou finissait par barrer la voie à l'outil. Or les trous en question devraient avoir deux à trois mètres de profondeur pour assurer aux repères une solidité durable.

Ce mode de repérage aurait eu en outre l'avantage énorme de permettre le contrôle simultané de l'ablation et du mouvement superficiel. Ce contrôle est indispensable à qui prétend reconnaître le régime d'écoulement du glacier dans le détail et mesurer cet écoulement même.

J'ai essayé cependant d'obtenir quelques déterminations de ce genre donnant tout au moins une idée de la chose. Dans ce but, j'ai foré, en différents points du glacier au voisinage de pierres numérotées, des trous de sondage qui ont reçu des perches de longueur connue.

Ces trous, larges de 4,5 cm., profonds suivant l'endroit, de 2 à 4 mètres, ont été faits au moyen d'une barre à mine. Cet outil de ma combinaison dérive du fleuret de bois, imaginé et utilisé en Laponie, par M. Axel Hamberg, pour cette sorte de travail. Une solide canne de frêne, bien lisse, de 2 m. de longueur et 3 cm. de diamètre, est armée à une extrémité d'un taillant massif, en acier, ayant la forme en biseau usuelle des fleurets de mineur et une largeur de 4,5 cm.[1] On obtient ainsi une barre à mine légère, commode, résistante, parfaitement efficace pour la perforation du matériel tendre qu'est la glace. Un culot à vis, à son autre extrémité, permet de lui adapter une rallonge. Cette rallonge, de 2. m de longueur également, est munie de la douille filetée correspondante. L'engin se manœuvre à bras comme d'usage, mais, condition essentielle du succès, tou-

[1] L'outil a été construit avec beaucoup de soin et d'intelligence par M. Pilet, mécanicien de l'Université de Lausanne.

jours en employant de l'eau. En effet, si le trou de sonde n'est pas continuellement noyé, la farine de sondage, faite de glace à 0°, regèle aussitôt arrachée et empâte l'outil, empêchant tout avancement. Le va et vient de la barre dans le trou agit à la façon d'un piston dans son corps de pompe et le brassage de l'eau expulse la farine gênante dont la tendance naturelle est d'ailleurs de surnager. Ce brassage n'est jamais si puissant toutefois qu'il parvienne à expulser les graviers et sables tombés dans le trou et il faut prendre bien garde que le ruisselet fournisseur de l'eau nécessaire soit limpide. Le foret en rencontrant du sable ou quelque caillou s'userait sur lui sans profit pour l'avancement et la seule chose à faire alors, à moins qu'on ne parvienne à curer le trou, est de l'abandonner pour en recommencer un autre à côté. Un homme exercé peut fournir un avancement moyen de 4 mètres à l'heure. Deux hommes se relayant ou collaborant arrivent à 4 m. et demi. Fig. 7.

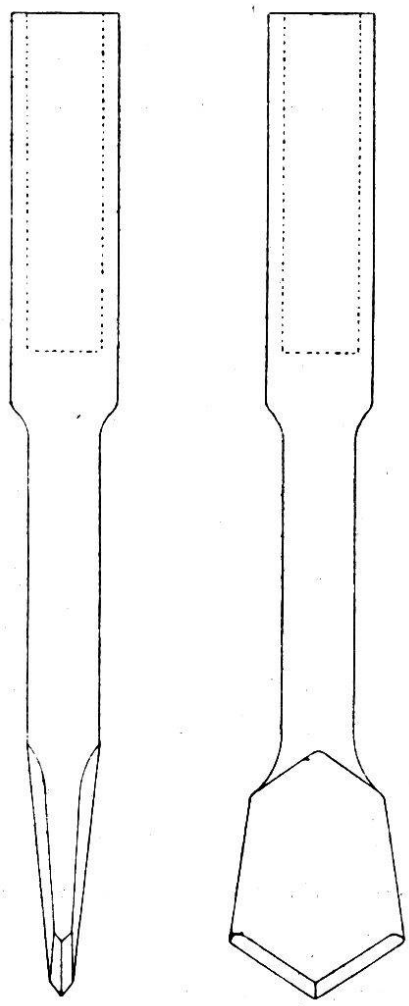


Fig. 7. 1/3 de grand. nat.

Pour mesurer le déplacement des pierres numérotées, on peut employer diverses méthodes qu'il n'y a pas à rappeler ici. Le choix dépendra de la précision à atteindre et tout autant des conditions pratiques du travail et des ressources présentes en hommes, instruments et temps.

Je disposais d'un excellent théodolite de Kern, à retournement complet de la lunette. Son cercle horizontal, de 18 cm. de diamètre donnait au vernier les dix secondes de grade, son cercle vertical, la minute centésimale.

Sa lunette, munie de fils stadimétriques réglés à 1 m. pour 100 m., permettait d'apprécier à 1 km. un écart linéaire de 1 cm. L'instrument, sans son trépied, pesait 23 kg. en état de transport. J'avais en outre une mire pliante de 3 m., graduée en centimètres, un ruban d'acier de 10 m. et les accessoires obligés.

Pour différents motifs d'ordre pratique, et l'excellence de l'instrument principal le permettant, je m'en suis tenu, pour la détermination des positions à la méthode directe de recoupement.

J'ai donc établi, en des points convenablement choisis sur les rives escarpées du glacier, des stations de visée, signalées après le départ du théodolite par des drapeaux rouges installés en permanence et solidement fixés.

Ces stations figurent au plan de situation sous les désignations :

J : Jonction du Tsa de Tsan ;
H : Haut signal du Vuibey ;
B : Sous Bertol ;
V : Bas signal du Vuibey ;
R : Roc entaillé par le sentier de Bertol ;
A : Signal d'alignement des pierres rouges ;
N et S : Extrémités nord et sud de la base.

Ces points sont marqués sur le sol et repérés sur divers points voisins.

La plupart de ces stations sont visibles les unes des autres ; J, B, R, A, sont sur la rive droite, H et V, ainsi que la base, sur la rive gauche. J est dans les rochers sous le Plan de Bertol, immédiatement au-dessus du glacier ; il est facile à retrouver. B est sur un gros bloc de la moraine ancienne au contour du vieux chemin de Bertol. R occupe une plate-forme rocheuse sous laquelle passe le chemin de Bertol, taillé dans le roc. A, utilisé temporairement, était un peu au-dessous, sur la vieille moraine.

Les signaux H et V occupent deux points des grandes

moraines déposées de la rive gauche. Le premier, H, au contour de la haute moraine, un peu au-dessus de sa crête, domine l'affluent du Vuibey, le second, V, en face de R est au bord d'une crête morainique plus basse et rongée d'éboulements. De par la nature même du terrain, ces deux signaux sont moins assurés que les signaux J, B et R contre les injures du temps; H est sur un gros bloc saillant dans la pente, V à même le sol.

Le relevé de ces diverses stations a été fait au théodolite, par tours d'horizon faits de chaque point sur tous les autres points en vue, et, bien entendu, en procédant à une seconde série d'opérations après retournement de la lunette.

Le choix d'une base m'a donné quelque mal. Je me suis résigné à en mesurer une, d'une centaine de mètres, sur la crête régulière et presque horizontale de la haute moraine du Vuibey. Sa mesure pouvait se faire dans d'excellentes conditions et les visées ultérieures des autres stations sur ses extrémités sud et nord également. L'inconvénient principal d'une telle position marginale de la base était le peu d'ouverture des angles qu'elle soutendait pour les autres stations. A cet égard, une base prise sur le glacier même eût été plus favorable, mais cet avantage eût été payé d'autres inconvénients. La multiplication des visées entre la base et les stations en vue, a donné à la triangulation une exactitude largement suffisante. Il ne s'agissait, en définitive dans le présent cas que de comparer, des mêmes points fixes, les positions occupées deux années de suite par les repères mobiles. Une erreur, même forte, dans la localisation topographique des stations serait sans influence sensible sur la mesure des faibles déplacements subis par les repères alignés sur la glace. Bien entendu, le réseau de triangulation a été compensé graphiquement aussi soigneusement que possible.

J'ai songé un instant à le rattacher à la triangulation de

la carte fédérale. Cette opération d'une utilité incontestable pour les recherches à venir, en avait moins pour la présente. Elle eût exigé des moyens dont je ne pouvais disposer et du temps plus encore. C'eût été un grand travail car le glacier d'Arolla est encaissé dans une vallée profonde ; la triangulation doit nécessairement en sortir pour arriver en vue des sommets où le rattachement peut s'en faire. Il sera, d'ailleurs, toujours aisé de procéder ultérieurement à ce rattachement, les emplacements des stations étant repérés et assurés soigneusement sur le terrain.

J'ai limité mon travail dans cet ordre de faits à la détermination des quelques distances nécessaires pour le report du réseau sur l'agrandissement de la carte fédérale. Je ne puis donc indiquer exactement ici la position actuelle du front du glacier non plus que sa cote d'altitude.

L'altimétrie du réseau a suivi le sort de la planimétrie en ce qui concerne le rattachement. Je me suis borné à prendre comme point de départ altimétrique la cote du signal le plus élevé, soit de J, par où j'ai fait passer le plan horizontal de référence des altitudes mesurées. Elles présentent toutes avec J une différence négative.

La base a été mesurée à $^1/_5$ cm. près ; les distances horizontales résultent du calcul avec une erreur inférieure au décimètre ; les déterminations altimétriques ont le même degré de précision.

La position de chaque pierre a été obtenue par recoupement. Un aide, envoyé d'une pierre à l'autre, indiquait le milieu du numéro en y maintenant placé un jalon jusqu'à ce que l'observateur lui fît signe de passer outre. Un autre aide écrivait sous dictée les lectures au théodolite. Enfin, pour éviter des erreurs, le marqueur itinérant notait de son côté le numéro qu'il venait de pointer.

Chaque pierre était ainsi visée d'au moins deux stations choisies autant que possible de manière que toutes les

pierres d'une ligne fussent visibles de ces stations et que les angles de recoupement fussent favorables à la précision. Cela n'a pas toujours été le cas, inévitablement; néanmoins, l'excellence de l'instrument assurait de bonnes mesures, comme en fait foi le dessin du plan de situation où les repères sont figurés sans nulle retouche.

Une cause d'erreur réside dans la nécessité de placer le jalon deux fois sur la même pierre, ce qui ne se fait guère les deux fois exactement de la même façon. Cette erreur est sans importance, sauf pour de petits angles de recoupement, qui ne se sont pas présentés.

Je n'ai utilisé la mire graduée, en lieu et place du jalon, que pour la vérification grossière des distances jusqu'à 300 mètres.

Le tableau ci-dessous, illustré par le plan de situation (Pl. II), donne les éléments principaux du réseau de triangulation compensé, tant pour la planimétrie que pour l'altimétrie.

Stations	DISTANCES EN MÈTRES								Dénivellement par rapport à
	J	B	R	A	V	N	S	H	J
J	0	243,45	994,1	—	1141,7	973,3	931,2	927,5	0
B	243,45	0	—	—	920,0	—	768,5	805,7	— 81,7
R	994,1	—	0	91,9	528,1	709,0	784,2	949,0	— 115,7
A	—	—	91,9		521,2	—	—	—	—
V	1141,7	920,0	528,1	521,2	0	—	—	—	— 154,7
N	973,3	—	709,0	—	—	0	103,2	—	— 79,7
S	931,2	768,5	784,2	—	—	103,2	0	—	— 66,9
H	927,5	805,7	949,0	—	—	—	—	—	— 6,8

C. Les résultats.

Ils sont résumés dans la série de tableaux numériques qui suivent et dans lesquels je n'ai consigné que l'essentiel.

J'ai donné pour chaque pierre, en regard de son numéro d'ordre :

1° la grandeur mesurée de son déplacement horizontal;

2° la grandeur de ce déplacement extrapolée pour l'année entière;

3° la grandeur mesurée de son dénivellement.

Ces valeurs sont données en **mètres.** Les dénivellements correspondent tous à un abaissement du repère. Les lacunes dans la numérotation dénoncent la perte des repères y relatifs. Il est regrettable que ces lacunes concernent précisément les régions du glacier qui nous intéressent le plus; elles ne sont malheureusement pas évitables avec le genre de repères mouvants employé.

Le plan de situation (Pl. II) annexé au présent mémoire est une réduction de moitié, en noir, du plan original au 1 : 2000.

Les pierres y figurent individuellement aux endroits que leur assigne le calcul de leurs positions initiales et finales.

Le plan original lui-même n'a servi à déterminer le cheminement horizontal que des seuls numéros 12 à 50 de la ligne verte d'amont, en mesurant pour chacun sur le dessin même l'écart de leurs deux positions. Comme on peut le voir le déplacement a été des plus réguliers et assez grand pour que l'erreur inséparable d'une telle détermination graphique soit négligeable. Pour la ligne rouge j'ai opéré de la même façon mais sur une épure à grande échelle assurant une précision quatre fois supérieure.

Un tel procédé eût manqué d'exactitude pour les autres pierres dont la marche a été beaucoup plus lente. Je l'ai remplacé par une construction graphique très simple et peu encombrante en dépit de l'échelle très grande de son tracé. Elle se base sur ce fait que pour les petits angles dont les visées sur un même repère varient d'une année à l'autre par suite de son déplacement on a le droit de remplacer l'arc par la tangente, qui se confond pratiquement avec

lui. Dès lors le déplacement total de chaque pierre pourra être considéré comme la résultante de deux trajectoires rectangulaires, l'une coïncidente avec la ligne de visée, l'autre normale à celle-ci. La première représente la variation de longueur de la ligne de visée du repère, l'autre son déplacement angulaire.

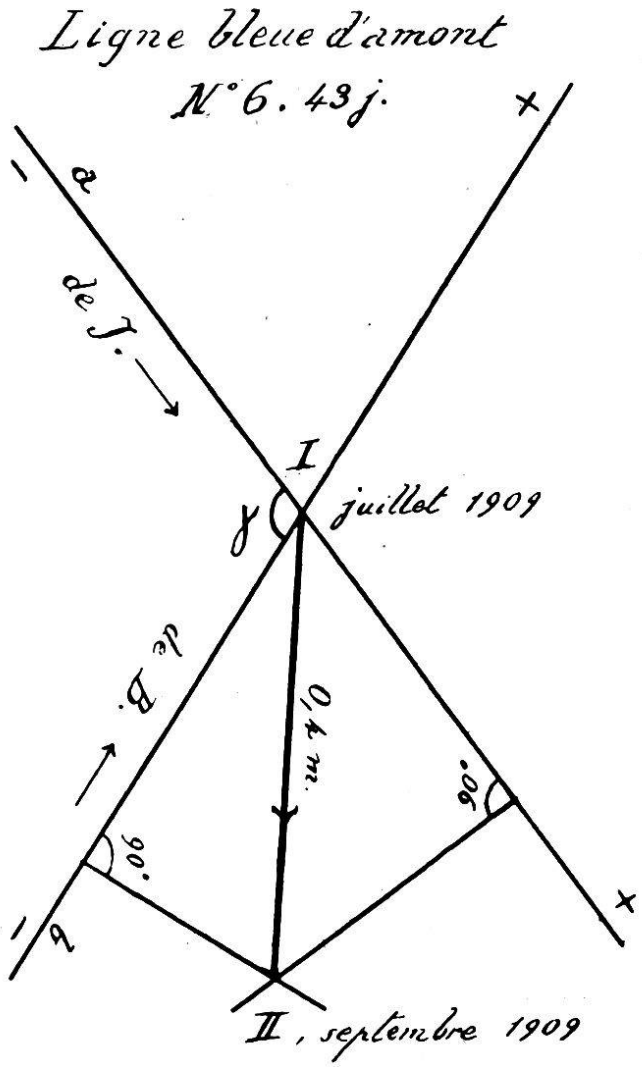


Fig. 8

Si pour chacune des deux lignes de visée, qui des deux stations aboutissent au même repère dans sa position initiale on trace les deux trajectoires rectangulaires à une échelle arbitraire, les deux composantes normales aux lignes de visées se coupent en un point qui est la nouvelle position du repère. Il va sans dire que ce procédé est inapplicable aux grands déplacements de repères relativement rapprochés des stations. Je me suis assuré par le calcul qu'il l'était pleinement dans les cas où je l'ai utilisé. Il est clair que les visées sur les positions initiales et finales des pierres doivent partir des mêmes stations.

L'exemple ci-contre (fig. 8) illustrera ce que je viens de dire.

On commence par tracer soigneusement au rapporteur à partir du point figurant la position initiale I du repère les deux directions *a* et *b* des visées, sous leur angle de

recoupement. Puis on porte sur elles, à l'échelle choisie et dans le sens convenables, suivant qu'elle est positive ou négative, un segment de longueur égale à la variation totale de la ligne de visée et cela pour les deux lignes. Aux extrémités de ces segments on élève les perpendiculaires : elles se coupent au point II cherché.

La construction donne ainsi en grandeur, direction et sens, le cheminement horizontal du repère avec toute la précision requise.

Les déplacements ayant été obtenus pour des laps de temps quelque peu variables d'une ligne à l'autre, j'ai jugé utiles de les ramener à ce qu'ils eussent été pour 365 jours; extrapolation admissible, puisque les intervalles des mensurations, 338 à 344 jours, s'écartaient peu de cette durée normale.

Pour la ligne bleue d'amont observée pendant un été seulement, pareille extrapolation eût été abusive, je lui ai substitué une interpolation donnant les valeurs moyennes de l'avancement journalier. D'ailleurs je me préoccupais moins ici de mesurer le mouvement absolu de la glace que de connaître la répartition locale des vitesses.

Notons enfin que les repères des lignes jaune Jonction du Tsa de Tsan et verte d'aval étaient faites de gros numéros peints sur des blocs énormes afin de les retrouver plus aisément dans la moraine et pour les mettre mieux à l'abri des erreurs que le dérapage des repères entraîne si facilement.

*
* *

Déductions et conclusions. — Il me reste à formuler les conclusions qu'autorisent ces recherches. Je le ferai pour chaque ligne séparément en m'aidant des tableaux numériques et du plan de situation Pl. II. L'agrandissement de la carte fédérale aurait rendu de meilleurs services à cet

égard, si le figuré topographique en avait été moins ancien. En essayant d'y reporter exactement le détail de mes observations j'ai dû me convaincre que ce travail était illusoire.

Ligne jaune à la Jonction du Tsa de Tsan. — Cette ligne de cinq repères devait mettre en évidence les relations éventuelles entre les glaces du Tsa de Tsan actuel et celles du glacier d'Arolla. Si le pédoncule glaciaire où les blocs reposent, transmet encore en aval les pressions d'amont, le cheminement longitudinal des repères doit être appréciable.

Cela n'a pas été le cas: les n° 16, 17 et 19 ont bien subi des déplacements, mais transversaux; les n° 16 et 17 se sont déjetés de 1,1 m. vers le pied du Collon; le n° 19, de 1,2 m., mais à l'opposé, vers le signal de la Jonction. Les n° 15 et 18 n'ont pu être mesurés. Le déplacement de tous les repères dans le sens longitudinal, qui est le sens général de la pente, ont été insignifiants.

Quant aux dénivellements ils ont atteint pour 338 jours, 0,9 m. pour les n° 16 et 17 et 0,2 seulement pour le n° 19.

Ainsi donc le pédoncule glaciaire s'est affaissé sur lui-même sans transmettre en aval les pressions du Tsa du Tsan; on a bien affaire à du glacier mort et M. Argand avait raison du point de vue physique : c'est comme si la séparation des deux glaciers de Tsa de Tsan et d'Arolla était accomplie.

Il ne m'a pas été possible, en dépit d'efforts renouvelés, de fixer sur cette ligne aucun repère d'ablation, la glace était trop pétrie de cailloux.

Ligne jaune Jonction, 1908-1909.

Nos	Déplacem. horizontal 338 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 338 jours	Nos	Déplacem. horizontal 338 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 338 jours
15	—	—	—	17	1,0	1,1	0,9
16	1,0	1,1	0,9	19	1,2	1,3	0,2

Ligne jaune du Vuibey. — Cette ligne s'est manifestement transportée « in globo » vers l'aval, dans le sens général de la pente. Ses pierres qui reposent sur la moraine médiane dont il a été question au chapitre A, sont descendues vers le glacier d'Arolla, en divergeant quelque peu de part et d'autre de la crête morainique. Pendant ce temps l'ablation enlevait 1,6 m. de glace autour de la perche enfoncée entre les n° 2 et 3, qui eux-mêmes s'abaissaient de 0,9 et 1,1 m. La perche était bien prise par le gel dans son trou mais un ruisselet voisin pourrait bien avoir exagéré en ce point la valeur de l'ablation. Je m'abstiendrai donc de fonder aucune déduction sur une observation aussi sujette à caution.

La langue septentrionale de l'affluent du Vuibey transmet donc encore au glacier d'Arolla tout proche la poussée des glaces supérieures. La rupture de confluence n'est donc pas achevée.

Ligne jaune Vuibey, 1908-1909.

Nos	Déplacem. horizontal 340 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 340 jours	Nos	Déplacem. horizontal 340 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 340 jours
1	—	—	—	6	0,75	0,75	1,1
2	0,2	0,2	0,9	7	0,95	1,0	0,9
4	1,0	1,1	1,1	8	0,3	0,3	0,4
4	2,2	2,4	0,5	9	0,3	0,3	0,8
5	0,85	0,85	1,0	10	0,5	0,5	0,6

Ligne bleue d'Amont. — Cette ligne supplémentaire, tardivement posée, chevauchant l'appareil morainique droit à la hauteur où s'en fait la concentration, promettait et a donné des renseignements utiles. Dans cette région en effet la vieille moraine du Tsa de Tsan vient se souder à la moraine droite du glacier du Mont-Collon en réduisant graduellement l'espace dénudé que j'ai dénommé sur le plan : espace triangulaire.

Les numéros 1 à 7 de la ligne bleue reposent sur la mo-

raine du Tsa de Tsan, les numéros 8 et 9 sur l'ultime pointe de l'espace triangulaire, les 3 derniers numéros sur la moraine du Mont-Collon ; le numéro 12 assez distant du numéro 11 est au contraire voisin de la région centrale nue du glacier principal.

Sur toute la ligne, à l'exception des numéros 1 et 2, dont les déplacements n'ont pas excédé l'erreur d'observation possible, la vitesse du cheminement a été en croissant régulièrement et rapidement de la rive vers le milieu du glacier. La vitesse maximale observée celle, du n° 12, est a plus forte que j'aie eu à enregistrer. Elle a atteint 54 mètres par an (en extrapolant). Quelques centaines de mètres en aval, sur la grande ligne verte, la vitesse n'a pas dépassé 20,1 m. par an.

Ligne bleue d'amont, juillet-septembre 1909.

Nos	Déplacem. horizontal 43 jours	Déplacem. horizontal journalier	Abaissem. 43 jours	Nos	Déplacem. horizontal 43 jours	Déplacem. horizontal journalier	Abaissem. 43 jours
1	0,1	0,002	0,0	7	0,9	0,02	1,1
2	0,1	0,002	0,2	8	1,2	0,03	1,5
3	0,3	0,006	0,4	9	2,35	0,05	1,7
4	0,2	0,004	0,5	10	3,0	0,07	2,0
5	0,45	0,010	1,2	11	4,5	0,10	1,4
6	0,4	0,009	0,9	12	6,5	0,15	2,1

Ligne verte d'Amont. — Sa déformation graduelle prouve la régularité très grande de l'écoulement du glacier dans la région centrale de son cours et cela sur toute sa largeur.

Il est, en revanche, très difficile de conclure en ce qui concerne la zone marginale de droite. Cette zone, la plus intéressante, est malheureusement aussi la seule où la stabilité des repères n'ait pu être assurée suffisamment, par suite du désordre de la surface glaciaire. La direction comme la grandeur du déplacement varient énormément dès le n° 51 au n° 57, repère terminal de la ligne sur la

rive droite. Le désarroi est complet dans ce petit segment et toute conclusion serait imprudente.

Sur la moraine de gauche, l'allure du glacier est plus régulière. Les numéros 2 à 7 y sont posés. L'appareil morainique de droite supporte les numéros 38 à 57, avec le numéro 50 à la limite de ses deux constituants du Tsa de Tsan et du Mont-Collon. Les autres numéros couvrent la partie nue du glacier.

Grande ligne verte, 1908-1909.

Nos	Déplacem. horizontal 340 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 340 jours	Nos	Déplacem. horizontal 340 jours	Déplacem. horizontal annuel	Abaissement 340 jours
1	—	—	—	29	18,0	19,3	2,6
2	11,9	12,7	1,8	30	18,4	19,7	2,5
3	10,4	11,1	3,15	31	17,4	18,6	2,2
4	10,4	11,1	4,25	32	17,6	18,8	2,4
5	12,9	13,8	3,5	33	16,8	18,0	2,35
6	12,3	13,2	2,2	34	17,6	18,8	2,3
7	12,5	13,4	2,55	35	17,2	18,4	2,3
8	—	—	—	36	16,6	17,8	2,1
9	—	—	—	37	15,4	16,5	3,4 (ruisseau)
10	16,3	17,4	2,85	38	14,2	15,2	2,35
11	16,5	17,6	2,9	39	14,4	15,4	2,6
12	17,0	18,2	2,6	40	14,6	15,6	2,4
13	17,0	18,2	2,5	41	14,4	15,4	2,35
14	17,6	18,8	2,5	42	14,4	15,4	1,5
15	17,6	18,8	2,5	43	13,2	14,1	2,2
16	18,0	19,3	2,4	44	12,6	13,5	2,1
17	17,6	18,8	2,4	45	12,8	13,7	2,2
18	18,0	19,3	2,8	46	12,8	13,7	2,0
19	17,0	19,1	3,0	47	11,4	12,2	2,1
perche	17,8	19,1	?	48	10,4	11,1	2,2
20	17,8	19,1	3,0	49	10,0	10,7	1,3
21	18,6	19,9	3,0	50	9,6	10,3	2,0
22	18,4	19,7	3,0	51	9,5	10,2	—
23	18,4	19,7	2,8	52	—	—	—
24	18,4	19,7	3,0	53	5,2	5,6	3,35
25	18,8	20,1	2,1	54	3,9	4,2	0,3
26	18,0	19,3	2,7	55	—	—	—
27	17,0	18,2	2,7	56	0,2	0,3	0,1
28	17,8	19,1	2,85	57	0,6	0,7	0,2

Une perche d'ablation y a été placée entre les numéros 19 et 20. Elle a marqué 3,2 m. de fusion, alors que le dénivellement à son voisinage n'atteignait que 3,0 m. Cet

écart est trop faible pour que j'en fasse état à la légère. Peut-être le gonflement apparent du glacier en ce lieu est-il toutefois une réalité.

Ligne rouge. — Cette ligne traverse le glacier d'un bord à l'autre, un peu obliquement; ses numéros 1 à 6 sont sur la moraine de gauche, les numéros 13 à 20 sur celles de droite, avec le numéro 33 entre les deux composants de l'appareil morainique.

A la première inspection du plan et des tableaux de chiffres, une particularité intéressante se fait jour. La ligne rouge, toute droite en 1908, apparaît en 1909 nettement formée de deux segments « décrochés » l'un par rapport à l'autre, juste à l'endroit où la moraine de droite touche le glacier nu. Le segment qui escalade le rempart morainique marche « in toto » environ moitié moins vite que l'autre. Plus exactement les vitesses moyennes de ces deux segments sont entre elles comme 8,4 est à 14,4. Ce rapport est égal à 60 % environ.

Pareillement le dénivellement moyen du segment ralenti est moindre que celui de l'autre : 3,1 à 4,1 soit 75 % environ.

En outre une légère divergence se manifeste de part et d'autre de la crête de la grande moraine gauche du complexe. Cette crête couronne la traînée de cailloux du Mont-Collon, celle du Tsa de Tsan étant déjà fort affaissée à la hauteur de la ligne rouge .

Nous retrouverons pareille divergence des repères à la ligne bleue d'aval et je dirai à ce moment mon sentiment à ce sujet.

Cette différence d'allures de l'écoulement entre les deux moitiés d'un glacier dans une même section transversale est intéressante. Je ne l'ai vu signalée nulle part dans la bibliographie glaciaire. Les cas en sont sans doute rares dans les Alpes. Peut-être sont-ils bien autrement fréquents

dans les régions glaciaires hyperboréennes. Les grands glaciers spitzbergiens, ceux de Nordenskiöld, de Sefström de von Post par exemple, dans l'Isfjord, en offriraient vraisemblablement de nombreux cas et des plus intéressants. Si nos glaciers alpins composites se comportent dans leur cours inférieur comme un fleuve de glace unique cela tient, je pense, à ce que leur resserrement dans un lit étroit fait perdre aux affluents une individualité qu'ils conserveraient bien mieux dans un lit largement ouvert.

Dans le cas spécial qui nous occupe, il me paraît que la configuration du glacier en aval de la ligne rouge a le rôle principal. En effet, tandis que les glaciers de la partie centrale et nue du glacier n'ont à refouler devant elles que les masses relativement faibles et tôt fondues qui dominent le portail glaciaire, les glaces marginales de droite sont retardées par les masses encore considérables du lobe morainique oriental en avant du point d'issue de la Borgne.

Trois trous de sonde étaient répartis sur la ligne rouge. La perche du premier, sur la moraine gauche entre les numéros 2 et 39, a été retrouvée au printemps 1909 écrasée sous un gros bloc et n'a pu servir.

La deuxième, sur le glacier nu, entre les numéros 9 et 10 a marqué, pour 344 jours une ablation de 2,45 m. mesurée verticalement, tandis que la surface s'abaissait en réalité de 4,1 m.

Au troisième trou, un peu en aval du numéro 33, sur la moraine de droite et sous 10 cm. de menu gravier, l'ablation a atteint 1,25 m. seulement, dans le même temps. Je n'ai pas pour cet endroit la valeur de l'abaissement superficiel mais au numéro 33 il a été de 2,2 m.

A propos de ces perches d'ablation, il convient de remarquer ici, que toutes celles érigées dans le glacier nu, étaient à fin juillet 1909 libres dans leur trou; toutes les perches des moraines étaient encore absolument enchâs-

sées dans de la glace dure, sans trace de fusion. L'épaisseur du revêtement morainique n'y dépassait cependant guère 0,2 à 0,3 m.

Ligne rouge, 1908-1909.

Nos	Déplacem. 340 jours	horizontal annuel	Abaissement 340 jours	Nos	Déplacem. 340 jours	horizontal annuel	Abaissement 340 jours
1	12,1	12,8	3,3	14	12,6	13,3	4,45
2	13,4	14,2	6,8	36	7,5	7,9	2,8
39	15,0	15,9	—	15	9,8	10,4	2,4
3	11,1	11,6	—	35	9,9	10,5	3,2
38	12,9	13,7	3,65	16	8,4	8,9	2,5
4	12,9	13,7	3,3	34	7,5	7,9	2,6
7	13,9	14,7	4,15	17	9,5	10,1	3,0
8	14,5	15,4	4,3	33	8,3	8,8	2,2
9	14,7	15,6	4,1	18	8,2	8,7	4,25
10	15,3	16,2	3,9	32	7,0	7,4	2,9
11	14,5	15,4	4,0	19	6,1	6,5	3,15
12	13,6	14,4	3,6	31	5,4	5,7	4,9
13	13,5	14,3	3,8	20	—0,3	0,3	—0,2

Ligne bleue d'aval. — Elle a perdu, en 1909 les trois pierres qui jalonnaient, en 1908, la moraine de gauche, devenue un chaos de crevasses et de bourbiers. Les numéros 5 à 7 se sont maintenus heureusement sur la pente accentuée du front (22°) du glacier nu ; les autres, posés sur la moraine sont tous restés en vue, à l'exception du numéro 12, enseveli probablement dans quelque fondrière. La région où il gisait est en effet un vrai dédale de crêtes et de vallonnements à relief atténué par la décrépitude finale de l'appareil glaciaire.

Tous ces repères avancent lentement et s'abaissent d'une façon notable. Ils marquent une tendance à se mouvoir du côté où la pente les entraîne. Les repères situés sur le flanc occidental de la grande moraine (du Mont-Collon) se déplacent du côté de l'échancrure du front, toute proche.

Ces déplacements sont-ils l'indice d'une poussée au vide de la glace morainique qui ralentie longitudinalement par

les masses antécédentes subirait un écoulement transversal appréciable? Cela est bien probable. Cependant le dérapage des blocs sur les flancs inclinés de la moraine expliquerait également pareille divergence. La question ne peut être tranchée que par l'emploi comme repères de perches fixées dans la glace. L'intérêt d'une telle recherche est évident.

L'ablation a été contrôlée sur le glacier nu, au voisinage du numéro 5. Elle a été de 4,2 m., mesurés verticalement, tandis que, dans le même laps de temps, l'affaissement de de la surface atteignait 4,9 m.

Ligne bleue d'aval, 1908-1909.

Nos	Déplacem. 339 jours	Horizontal annuel	Abaissement 339 jours	Nos	Déplacem. 339 jours	Horizontal annuel	Abaissement 339 jours
6	6,5	7,0	4,9	11	2,3	2,5	2,0
7	5,1	5,5	4,6	12	—	—	—
8	3,6	3,9	3,5	13	6,0	6,5	2,3
9	3,3	3,5	2,6	14	1,0	1,1	0,2
10	2,8	3,0	1,8	15	0,9	1,0	0,3

Ligne verte d'aval. — Les quatre numéros se sont aussi déplacés lentement vers l'aval. La vitesse a atteint 3,4 m. encore pour le repère extrême numéro 63, avec un dénivellement de 2,2 m.

L'ablation n'a pu être mesurée.

Ligne verte d'aval 1908-1909.

Nos	Déplacem. 340 jours	horizontal annuel	Abaissement 340 jours	Nos	Déplacem. 340 jours	horizontal annuel	Abaissement 340 jours
60	—	—	—	62	2,4	2,6	1,9
61	1,4	1,5	0,65	63	3,2	3,45	2,2

Conclusions. — En résumé l'étude, dont j'ai présenté ici les résultats, semble assez soignée et systématique, pour qu'on puisse leur faire quelque crédit. A la vérité ils répondent peu nettement à la question posée: j'ai dit tout au début mon sentiment sur ce point.

Divers indices, en particulier l'existence des crevasses en entonnoir au bord droit du glacier laissent entrevoir un freinage du courant central par les masses marginales demeurées de la dernière crue; les valeurs faibles de l'avancement mesuré pour les repères qui y sont placés corroborent cet indice. Le tout est fort indistinct.

Le mérite principal de ce travail, s'il peut en avoir un, sera d'avoir préparé les voies à de nouvelles et plus utiles mensurations en période de crue. A cet égard, il serait désirable qu'on pût sans trop attendre rattacher à la carte fédérale les stations utilisées pour en fixer définitivement la position et qu'une série de clichés photogrammétriques nous conserve la physionomie actuelle du glacier en vue de comparaisons ultérieures.

Les mesures de l'écoulement sur la ligne rouge nous ont mis en présence d'une anomalie dont l'étude détaillée serait digne d'intérêt.

La divergence des cheminements de part et d'autre de la crête morainique serait également matière à investigation approfondie.

Enfin le tableau comparatif ci-dessous des valeurs corres-

	Désignation des points	Abaissement total mesuré		Ablation mesurée à la perche voisine	Différence en faveur de l'ablation
1908-1909	Ligne jaune Vuibey	n° 2	0,9 m.	1,6 m.?	+ 0,7 m.?
	» verte amont	n° 19	3,0 m.	3,2 m.	+ 0,2 m.
	» rouge I	n° 9	4,1 m.	2,45 m.	— 1,65 m.
	» » II	n° 33	2,2 m.	1,25 m.	— 0,95 m.
	» bleue aval	n° 5	4,9 m.	4,2 m.	— 0,7 m.
1909	Ligne bleue amont (43 jours)	n° 6	0,9 m.	0,75 m.	— 0,15 m.

pondantes de l'ablation et du dénivellement, bien que pauvre, suggère sur la déformation de la surface glaciaire des réflexions qu'il serait désirable d'étayer de mesures plus nombreuses. Tandis que sur la ligne verte d'amont, il semble que la surface ait subi un effet de relèvement à

l'encontre de l'ablation (0,2 m.), sur les lignes rouge et bleue d'aval, un affaissement de 1,65 m. et 0,7 m. s'est ajouté à l'action destructive de la fusion.

En terminant, je dois mentionner encore la trouvaille, à une vingtaine de mètres du portail glaciaire, sur la rive gauche de la Borgne et à la lisière même des glaces proéminantes de la moraine gauche, d'un énorme tronc de mélèze. Son fût, long de 11,50 m. avait 1,58 m. de pourtour à 6 m. et 1,30 m. encore à 2,30 m. du petit bout. Ce tronc était encore partiellement engagé sous la moraine. A son voisinage gisaient deux autres troncs de mélèze également, moins gros et dont l'un était brisé, mais non fragmenté, en deux endroits. Ces trois fûts étaient complètement écorcés et dépouillés de leurs branches. Il est difficile de leur assigner une provenance certaine. Ils peuvent avoir été amenés là par le glacier même, le long de sa rive gauche, ou plus vraisemblablement, avoir été entraînés par les torrents de la Serra du Vuibey et recouverts par le glaces d'une extension antérieure. Un fait demeure, c'est qu'on ne trouve aujourd'hui plus aucune végétation forestière sur les pentes qui dominent le glacier de ce côté-là.

Les échantillons de bois que j'ai prélevés ont été déposés au musée sylvicole de l'Ecole polytechnique fédérale par les soins de M. E. Muret, inspecteur des forêts de l'Etat de Vaud. Je l'en remercie.

J'adresse mes remerciements aussi au Directeur du bureau topographique fédéral, M. le colonel Held, qui a bien voulu mettre à ma disposition tous les renseignements indispensables à ce travail ainsi qu'à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne qui m'a obligeamment prêté les instruments nécessaires.

Lausanne, avril 1910.