

J- 69

PER

J-69

FE
8



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 6
NUMÉRO 8
MAI 1968



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Le Jeune Scientifique, revue de vulgarisation scientifique, est publié par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS) et est subventionné par le ministère de l'Éducation de la province de Québec.

RÉDACTION

Léo Brassard
directeur
Roger H. Martel
secrétaire de rédaction

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Léo Brassard
Pierre Couillard
Denis Jacob
Roger H. Martel
Roland Prévost
Marcel Sicotte
Jacques Vanier

COLLABORATEURS

Jean-A. Baudot
Alain Bonnier
Michel Ferland
Roger Fischler
J.-André Fortin
Jean-Guy Fréchette
Raymond-M. Gagnon
Guy Gravel
Miroslav M. Grandtner
Edouard Kurstak
Gaston Moisan
Paul-H. Nadeau
Raymond Perrier
Bernard J.R. Philogène
Roland Prévost
Jean-René Roy
Jacques St-Pierre
Madan Lal Sharma
Raymond Van Coillie
Jacques Vanier
G.-Oscar Villeneuve

Volume VI, no 8

mai 1968

SOMMAIRE

- 169 La magnétosphère, gigantesque enveloppe magnétique de la terre
- 174 Le Palais de la Découverte de Paris
- 176 La pêche aux crevettes dans le Québec
- 180 Les glaciers
- 190 Induction mathématique... et boulets de canon

En supplément: sommaire du VIe volume.

Photo-couverture: une vue du glacier Bugaboo en Colombie-Britannique. Nous sommes heureux de présenter à nos lecteurs, en page 180-189 de ce numéro, une intéressante étude de M. J. D. Ives, d'Ottawa, l'un des éminents spécialistes canadiens des phénomènes glaciaires. Depuis son arrivée au Canada en 1954, le Dr Ives a entrepris des recherches particulières sur les glaciers du nord du Labrador et de l'île de Baffin. Photo Jack Long de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.

Abonnements

Le volume annuel commence en octobre et se termine en mai, soit 8 numéros. Abonnement individuel: Canada, \$3.00; étranger, \$3.50. Abonnement annuel de groupe-étudiants, soit 15 abonnements ou plus à une même adresse: \$2.00 chacun. Vente au numéro, 50 cents.

Adresse

Rédaction et abonnements: case postale 391, Joliette, (Québec), Canada. Tél.: (514) 753-7466.

Notes

Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire.
Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur © ACFAS, 1968.
Le Ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication. Port payé à Joliette.
Tous les articles sont classifiés dans l'*Index analytique*, Presses de l'Université Laval, Québec.

PER
J-69
5

La MAGNÉTOSPHERE

gigantesque enveloppe magnétique de la terre

par Jean-René ROY

Le vent solaire

L'espace interplanétaire avec ses 50 à 150 particules par centimètre cube (cm^3) constitue un vide extrêmement poussé, si on le compare aux 3×10^{20} particules par cm^3 qui peuplent l'air que nous respirons; même les vides artificiels les plus poussés de nos laboratoires les plus modernes contiennent encore plusieurs millions de molécules d'air par cm^3 .

Mais la faible densité du milieu interplanétaire permet aux forces électromagnétiques d'avoir une influence prédominante, surtout grâce au fait que ces quelques particules par unité de volume sont des ions d'hydrogène, d'hélium et autres, particules chargées électriquement. A l'échelle du système solaire, l'ensemble des particules forme le *vent solaire*, extension de l'atmosphère du Soleil, plus précisément de la couronne. Ce vent solaire provient des gigantesques bouffées d'ions émises continuellement par les explosions sur le Soleil. Les vitesses des particules se distribuent de 670 000 à 1 700 000 milles à l'heure; remarquons que pour la physique des hautes énergies, ces vitesses sont très lentes. La densité, la vitesse du vent solaire demeurent en étroite dépen-

dance du cycle d'activité du Soleil (cf *Bientôt, le Soleil en crise*, L. J. S. avril 1968.) La température des particules peut atteindre un million de degrés F.; mais « température » représente ici l'énergie cinétique des particules individuelles; c'est plutôt une mesure du degré d'agitation. Les bourrasques de plasma solaire ne voyagent pas en ligne droite; elles doivent obéir aux caprices des lignes de force magnétiques qui infestent l'espace. L'intensité du champ magnétique interplanétaire qui contrôle et dirige ce trafic de particules varie de 5 à 15 gamma et même plus selon les conditions météorologiques solaires; un champ d'une dizaine de gamma est très faible en regard du champ magnétique de la Terre plus de mille fois plus considérable. Les sondages des satellites ont montré que les lignes de force partant du Soleil, s'incurvent dans l'espace de la même façon que les jets d'eau qui jaillissent du tourniquet servant à arroser nos gazons; cet effet est dû à la rotation du Soleil combinée au mouvement d'éloignement radial du plasma.

Le Soleil est par le plasma qu'il éjecte une source de radiations extrêmement importante. On nomme ces radiations *rayons cosmiques solaires*; par temps de soleil calme, l'énergie de ces rayons est de 1.5 millier d'électron-volts (eV). Mais que survienne une éruption chromosphérique de gran-

de taille, les particules deviennent de vrais bolides atteignant 10 milliards d'eV. Peut-être direz-vous que ces chiffres sont infimes en regard des 10^{19} eV dont sont munis certains rayons cosmiques d'origine galactique? N'oubliez pas que la progéniture du Soleil, apparemment moins dangereuse, est un milliard de fois plus abondante que celle provenant de notre galaxie. Pour fixer nos idées quant à la grandeur d'un « eV », rappelons que pour produire l'énergie d'une lampe de 25 watts libérée durant une heure, un proton nécessiterait 550 sextillions d'eV (5.5×10^{23}); toutefois, soulignons que le nombre d'électrons utilisés pour chauffer le filament de tungstène de notre ampoule dépasse celui des molécules d'eau qui dévalent les chutes Niagara durant le même intervalle de temps. Lors des fortes indigestions du Soleil, les flots de particules émis produisent une nette baisse (jusqu'à 15%) du rayonnement cosmique galactique; ce phénomène appelé *effet Forbush* oscille selon un cycle de 27 jours (la durée d'une rotation solaire) et résulte des déviations infligées aux particules galactiques par les champs magnétiques puissants mais éphémères du milieu interplanétaire.

La Terre, un îlot magnétique

Le vent solaire filant dans l'espace peut rencontrer toute

L'auteur du texte et des dessins, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique spécialisée à la Faculté des Sciences, Université de Montréal.

sorte d'obstacles. En plus des appareils scientifiques qui l'espionnent, poussières, comètes, astéroïdes et surfaces des planètes subissent directement ce bombardement. Deux excentriques cependant sont dotés de parapluie : la Terre et Jupiter. Grâce à leur structure interne, ils s'entourent d'un champ magnétique de dimensions considérables.

Le champ terrestre qui oriente l'aiguille de toute boussole, a une intensité variant entre 0.7 et 0.25 gauss (1 gauss correspond à 100 000 gamma). Depuis fort longtemps, son existence est connue; les érudits chinois connaissaient et utilisaient la boussole dès 2 700 avant Jésus-Christ. Néanmoins, même après cinq millénaires, l'origine du champ géomagnétique pose à la géophysique un problème extrêmement complexe et jusqu'ici insoluble de façon satisfaisante.

L'aimant le plus simple est un *dipôle* : barre d'un matériau magnétique présentant deux pôles de signes opposés (négatif-positif ou sud-nord). En 1852, Wilhelm Weber suggérait que chaque atome d'un matériau magnétique se comportait à la façon d'un minuscule aimant ayant ses propres pôles nord et sud. La magnétisation totale s'expliquait par l'alignement de la majeure partie de ces infimes dipôles dans une même direction. Au

début du siècle (1905), le célèbre physicien français, Paul Langevin, expliqua de façon définitive le magnétisme atomique par la révolution des électrons autour du noyau; ce mouvement d'une charge électrique fait naître un *moment magnétique*. Un peu comme dans l'hypothèse de Weber, le magnétisme surgit à l'échelle macroscopique, lorsque plusieurs de ces moments sont alignés parallèlement.

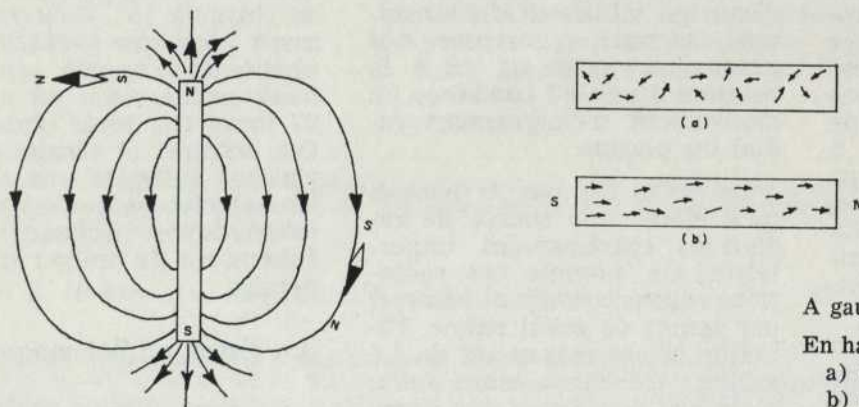
L'aiguille de la boussole, elle-même magnétique, s'oriente dans le champ magnétique terrestre, couplant son extrémité sud (négatif) au nord (positif) géomagnétique. Le noyau de la Terre paraît être constitué de matériaux liquéfiés et très denses comme du fer en fusion. Tel un énorme dynamo, la rotation de la Terre peut générer dans sa partie la plus fluide des courants électriques formidables produisant des champs magnétiques complexes; ceux-ci s'alignent selon l'axe de rotation. En fait, si on imagine la Terre comme un dipôle magnétique, celui-ci est incliné de 11° par rapport à l'axe de rotation de notre globe.

Nous avons vu qu'au sol le champ varie entre 70 000 gamma aux pôles et 25 000 à l'équateur. A une altitude de 2 500 milles le vent solaire doit affronter un champ de 10 000 gamma comparativement aux 5 à 15 gamma de l'espace in-

terplanétaire. Pour les particules, c'est un véritable obstacle qu'elles doivent contourner.

Autopsie du champ géomagnétique

La *magnétosphère* (telle que nous nommerons maintenant cette gigantesque enveloppe où le champ géomagnétique est prépondérant), affiche une structure beaucoup plus élastique qu'un simple obstacle solide et non déformable; loin d'être une sphère, sa forme varie selon les conditions du milieu interplanétaire régi par le Soleil. La magnétosphère apparaît comme une gigantesque goutte d'eau très étirée dans la direction anti-solaire. Du côté du Soleil, le plasma frappe de plein fouet le champ magnétique terrestre, créant une véritable *onde de choc*; le phénomène se produit un peu comme la perturbation créée par la proue du navire qui fend l'eau ou par l'écoulement rapide de l'eau rencontrant un obstacle. Le vent solaire se divise et s'écoule autour de la grande cavité magnétique enrobant la Terre; tout se déroule de façon analogue à l'onde de choc créée par l'écoulement supersonique d'un gaz compressible autour d'un objet solide, tel un avion supersonique ou sa maquette d'essai en soufflerie. *Le vent solaire, doté d'une vitesse supersonique par rapport au champ géoma-*



A gauche : champ d'une tige aimantée.
En haut : alignement des atomes dans
a) une tige magnétisée;
b) une tige non magnétisée.

gnétique, lui donne donc sa forme hydrodynamique caractéristique.

En jetant un coup d'oeil aux schémas, vous constatez que la couche extérieure de la zone de turbulence forme l'onde de choc qui a pour effet de chauffer et de perturber la région juste à l'arrière. Suivant cette zone tampon de turbulence, composée de plasma de haute énergie, nous trouvons la magnétopause épaisse de quelques centaines de milles marquant la frontière à partir de laquelle le champ terrestre est maître absolu.

Nouvelles frontières

Les satellites des générations *Pionnier*, *IMP* et *Explorer* battant pavillon américain ont situé assez tôt la frontière de la magnétosphère à environ 40 000 milles dans la direction du Soleil, soit dix fois le rayon de la Terre environ. Perpendiculairement à cette ligne, dans la direction du mouvement orbital terrestre autour du Soleil, la magnétosphère déploie un diamètre de 160 000 milles. Cependant, du côté obscur, la cartographie de la cavité magnétique a été plus difficile et beaucoup plus complexe à élaborer. Ce n'est que tout dernièrement, grâce aux incursions des *Pionniers* VI et VII, qu'on a pu localiser l'extrémité de la magnétosphère à une distance record de 3 500 000 milles de la Terre (500 fois le diamètre terrestre). En fait, comme l'a expliqué le Dr Wolfe, responsable de l'expérience, ce n'est pas exactement la magnétosphère qui a été délimitée, mais plutôt son extrême pointe et sa zone turbulente.

Quoique les phénomènes situés à 3.5 millions de milles se déroulent de façon très complexe, leur association au champ géomagnétique ne laisse aucun doute. Il est très probable que cette frontière extrême varie suivant le cycle d'activité solaire. A cet endroit domine une vaste zone de tur-

Figures A, B et C

Les trois importantes figures qui suivent présentent successivement la magnétosphère de façon plus détaillée :

- A—regard sur la magnétosphère complète;
- B—vue détaillée de la magnétosphère dans le voisinage de la Terre;
- C (p. suivante) —vue de la partie la plus interne et la plus rapprochée : les ceintures de radiation Van Allen.

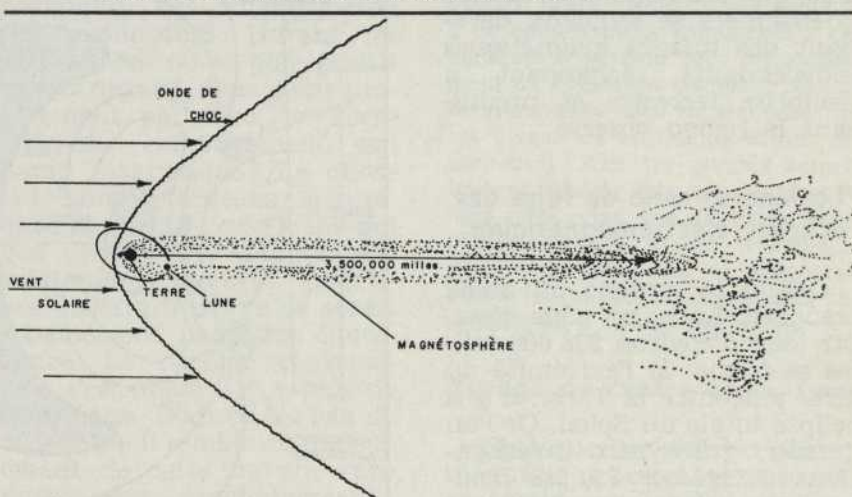


Figure A

La magnétosphère, immense enveloppe magnétique de la Terre qui perturbe l'espace interplanétaire, s'étend du côté opposé du Soleil à une distance de près de 3.5 millions de milles (14 fois la distance de la Terre à la Lune; le Soleil est à environ 93 millions de milles). Ce long cylindre magnétique d'un diamètre maximum de 160 000 milles se termine par une vaste zone de turbulence; remarquez la ressemblance du phénomène avec l'écoulement supersonique d'un fluide compressible comme l'air autour d'un avion se déplaçant plus rapidement que le son : onde de choc, zone turbulente, etc.

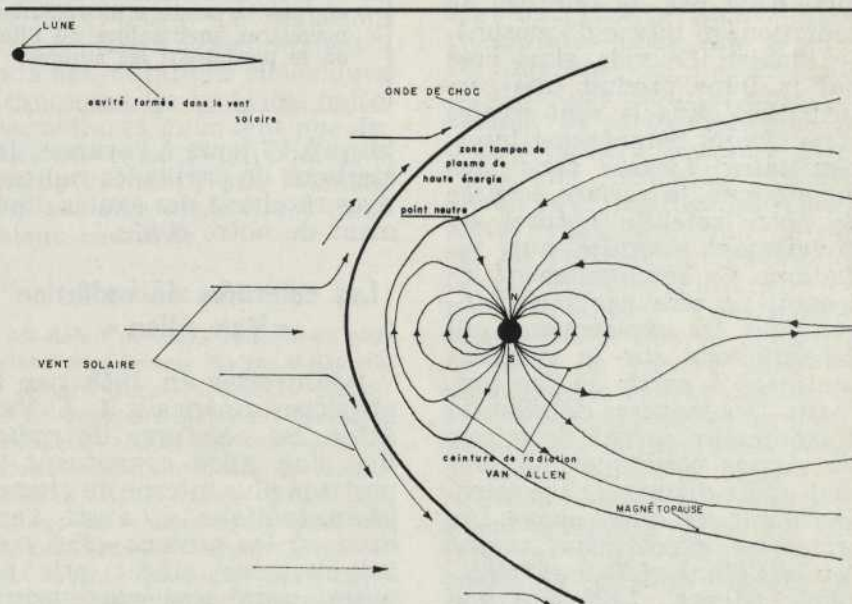


Figure B

De la même façon qu'elle produit un cône d'ombre, la Lune présente du même côté une cavité de 100 000 milles de longueur dans le vent solaire; la Lune n'a pas de champ magnétique.

Entre l'onde de choc et la magnétopause (couche à partir de laquelle le champ terrestre devient prédominant), une région tampon de plasma à hautes températures forme une zone de turbulence. Lors de leurs collisions avec l'onde de choc, les électrons du vent solaire voient leur température grimper de 200 000° F à 1 500 000° F. Le vent solaire rencontre le champ magnétique de la Terre comme un obstacle qu'il doit contourner.

bulence qu'on a tenté d'expliquer par la faiblesse du champ magnétique. Ce dernier ne peut suffire à endiguer les ruées du vent solaire. Il est de plus possible que des régions de la magnétosphère se scindent, devenant des nuages magnétiques indépendants, échappant à l'emprise terrestre et produisant le remou observé.

La lune se mêle de faire des éclipses électromagnétiques

Quand la lumière du Soleil frappe la Lune, un cône d'ombre long d'environ 238 000 milles se forme; si l'extrémité du cône rencontre la Terre, il y a éclipse totale du Soleil. Or l'an dernier, grâce aux investigations d'*Explorer 35*, les hommes de science confirmaient qu'une cavité conique analogue de 100 000 milles de longueur se produisait dans le vent solaire.

La Lune, contrairement à notre planète privilégiée, ne possède pas de champ magnétique; donc pas de ceinture de radiation, ni même d'ionosphère lunaire. Le vide ainsi créé par la Lune produit une perturbation dans le vent solaire et le champ magnétique interplanétaire. Laissée sans abri magnétique, la surface éclairée de notre satellite naturel est directement soumise aux radiations. Ce bombardement incessant ne sera pas sans danger pour les explorateurs qui débarqueront sur le nouveau continent à partir de l'an prochain. Des mesures de sécurité draconiennes seront de mises; les rayons cosmiques ne sauront guère distinguer un astronaute humain d'une pierre. Les premières expéditions auront lieu lors d'une période extrêmement critique: 1969 sera une année de crise, le Soleil atteignant son maximum d'activité. Déjà le système d'alarme est partiellement en place; il s'agit des satellites interplanétaires *Pionniers* disposés de façon à observer la face non visible du Soleil. Ces balises cosmiques peuvent nous avertir

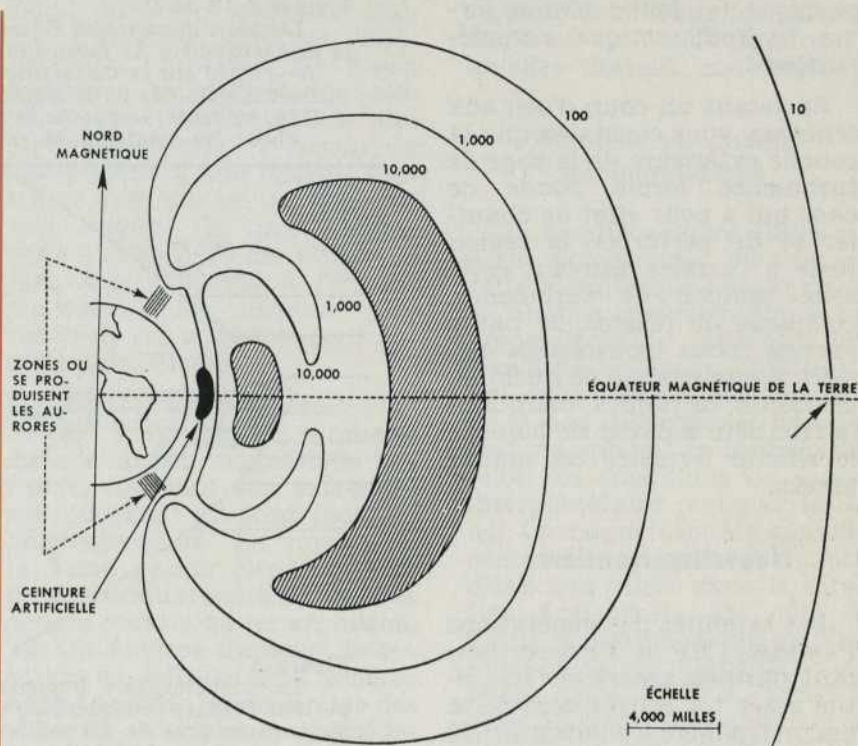


Figure C

Coupe des ceintures de radiation Van Allen. Dans cette coupe verticale, les lignes joignent les points où la radioactivité est de la même intensité. Les deux surfaces hachurées représentent les régions où les radiations sont les plus intenses, tandis que la zone en plein marque la ceinture de radiation artificielle créée lors des expériences nucléaires américaines de l'île Jonston en 1962. Remarquez l'endroit où se produisent les aurores.

jusqu'à 17 jours à l'avance, des éjections de particules radioactives résultant des sautes d'humour de notre étoile.

Les ceintures de radiation « Van Allen »

Découvertes en 1958 par le physicien américain J. A. Van Allen, les *ceintures de radiation Van Allen* constituent la partie la plus interne du champ géomagnétique, et aussi, l'endroit où les protons (85%) et les électrons (15%) pris au piège, sont accélérés jusqu'à des énergies très élevées et dangereuses. La composition et la forme des zones Van Allen obéissent à une foule de fluctuations compliquant l'étude de l'origine et du processus d'approvisionnement des ceintures. En décembre 1967, Van Allen présentait une élégante

théorie qui permet aux particules de très basses énergies du vent solaire de s'infiltrer dans les bandes de radiations; cette pénétration s'opère grâce à la génération d'un potentiel électrique de 50 000 volts créé de part et d'autre par le frottement du vent solaire sur la magnétosphère.

Emboutillant des particules qui acquièrent des énergies jusqu'à 100 millions d'eV, les bandes Van Allen cernent la Terre comme un tore radioactif géant. Elles s'étendent à partir de 1 000 milles jusqu'à 30 000 milles de notre planète, avec deux maxima d'intensité l'un à 2 000 milles, l'autre à 10 500 milles; ces deux maxima identifient la ceinture intérieure et extérieure. Les aurores boréales sont dues à l'excitation des molécules de l'atmosphère à partir de 75 milles

d'altitude, par les décharges de particules provenant des ceintures de radiation. On ignore pourquoi, si ce n'est pour jeter plus de confusion, les satellites OGO ont détecté des aurores beaucoup plus abondantes dans l'hémisphère nord que dans le sud. Autre casse-tête à résoudre.

Le géomagnétisme en déroute?

En quelque dix ans, l'astronautique nous a ouvert un champ d'investigation insoupçonné. L'environnement magnétique de la Terre est un monde qui revêt une extrême importance. Sa nature et son comportement sont primordiaux pour les voyages de l'homme dans l'espace, les interactions Soleil-Terre, les télécommunications et pour de nombreuses sciences allant de la géophysique à la biologie.

Au cours des dernières décades, les géophysiciens ont réussi à mettre en évidence que le champ magnétique s'était inversé 9 fois depuis 3.6 millions d'années; les pôles magnétiques ont changé radicalement de signe, le pôle sud devenant pôle magnétique nord et vice-versa. Ce phénomène plutôt fantastique a pu être mis en évidence par le fait suivant: lorsque les roches volcaniques en fusion se refroidissent et se solidifient, les minéraux magnétiques qu'elles contiennent s'alignent, comme de minuscules boussoles, suivant la direction que le champ magnétique terrestre avait à l'époque. Comme les éléments d'une mémoire d'ordinateur électronique, ces minéraux jouent le rôle de véritables mémoires magnétiques permanentes. Grâce à cette fixation, est née l'étude de l'évolution du géomagnétisme durant l'histoire de la Terre, le *paléomagnétisme*.

Ces renversements du champ magnétique à tous les 400 000 ans ont sûrement sur la magnétosphère des répercussions à la fois surprenantes et intéressantes. Mais on ne connaît pas grand chose de la cause ni

du cycle de ces fluctuations brutales. L'étonnant est que l'intervalle dans la transition des polarités semble très court: 5 000 ans. A l'échelle du temps géologique, ces changements sont instantanés. Durant les 5 000 années où le pôle positif devient négatif, donc passe probablement par zéro, la Terre perd-elle complètement son champ magnétique? La chose est très importante, car si la réponse était oui, l'enveloppe qui nous protège des dangereuses radiations solaires et galactiques disparaîtrait; ce ne serait probablement pas sans conséquence. Le dernier renversement s'est opéré il y a près de 600 000 ans. D'après les lois de probabilité, il semble qu'un événement de cette nature s'annonce pour prochainement: peut-être dans 10 000 ans, 100 ans, peut-être d'ici quelques heures.

Si le champ bascule, c'est 5 000 ans sans écran ou presque, contre le bombardement cosmique, que toute la biosphère et l'humanité devront subir. Les doses de radiations ainsi accrues augmenteraient le taux des mutations biologiques. Néanmoins, les évidences paléomagnétiques indiquent que durant les transitions polaires, le champ garderait une intensité tout au plus égale à 1/5 de la valeur courante.

Première alarme

Au début de mars 1967, deux physiciens américains, Keith McDonald et Robert Gunst, nouveaux prophètes de malheur, mettaient en garde l'humanité contre un black-out imminent impliquant toute la magnétosphère. Après avoir scruté des données du champ magnétique remontant jusqu'à l'année 1670, les deux savants ont évalué que l'intensité du champ terrestre a périclité de 15% durant les trois siècles écoulés. A ce rythme, dans 2 020 années — ce qui nous porte vers l'an 3 990 —, le champ se sera entièrement évanoui. L'heure d'un nouveau revirement du champ géomagnétique est sonnée.

Les deux physiciens, sans jeter de malédiction, insistent sur le caractè-

re catastrophique que prendrait l'intense bombardement cosmique sur notre atmosphère. En plus d'en traîner mutations biologiques et éliminations d'espèces animales et végétales, notre planète serait soumise à de considérables changements climatiques: période de refroidissement ou regain de chaleur? Nul ne le sait encore. Les conséquences de cet assaut de radiations seront désastreuses. Mais les progrès actuels laissent espérer que nous surmonterons cette crise. Qui dit qu'en 3 990, l'homme n'aura pas la technologie pour contrôler toute la magnétosphère, et même en substituer une artificielle si l'autre fait défaut?

Voyage au centre de la Terre

Tant que l'origine du champ magnétique terrestre demeure sans explication précise, nous ne pourrions prévoir ni expliquer le comportement de la « carapace » magnétique de la Terre; cette carapace qui n'est pas seulement une simple enveloppe élastique, mais un champ de force magnétique pénétrant toute matière et agissant sur chaque atome. L'astronautique nous aide à jeter énormément de lumière sur la structure environnante du champ; la cartographie de la magnétosphère fournira sûrement aux théoriciens les éléments pour justifier ou rejeter leurs hypothèses. Pour ce qui est de l'origine du champ, il faudra explorer l'intérieur de notre planète, investigation plus difficile que la conquête de Mars ou Jupiter. Mais les séismologues savent déjouer la nature, et, sans envier les héros de Jules Verne dans son « Voyage au centre de la Terre », ils peuvent avec le temps arriver à cartographier dans ses détails les plus significatifs le cœur de cette 3e planète du système solaire que nous habitons.

Bibliographie

- BOISCHOT, A. *Le Soleil et la Terre*, Presses Univ. de France, coll. Que sais-je, no 1233, 1966, 125 p.
- CAHILL, L.J. *The Magnetosphere*, « Scientific American », mars 1965.

COX, A., D. BRENT and R. R. DOELL. *Reversals of the Earth Magnetic Field*, « Scientific American », février 1967.

HINES, C.O. *Physics of the Earth's*

Upper Atmosphere, Prentice-Hall, 1965, 434 p.

ROY, Jean-René. *Les satellites observatoires géophysiques*, « Le Jeune Scientifique », déc. 1966, pp. 49-52.

ROY, Jean-René. *Bientôt, le Soleil en crise*, « Le Jeune Scientifique », avril 1968, pp. 156-163.

Le Palais de la Découverte de Paris

centre d'enseignement populaire des sciences

Le 24 mai 1937, le Palais de la Découverte était inauguré par le président de la République. Jean Perrin, prix Nobel, membre de l'Institut, en avait été l'âme; son but était « de faire comprendre à tous le rôle prépondérant de la recherche et de la découverte scientifiques dans l'évolution du progrès, d'éveiller la curiosité du public pour la science, de susciter des vocations chez les jeunes de tous les milieux. Pour cela, il avait fallu réaliser une exposition vivante où devraient être répétées, sous une forme spectaculaire, mais avec la plus grande rigueur, les découvertes fondamentales de la science ».

L'autorité de Henry de Jouvenel, ancien ambassadeur et ministre de l'Education nationale, l'appui de Henri Laugier, la collaboration désintéressée des plus grands savants et professeurs, le concours de la grande industrie, toute cette collaboration avait permis les plus grands espoirs.

Le Palais de la Découverte allait, en effet, connaître un immense succès: un million de visiteurs le 5 septembre, deux millions le 30 octobre; certains jours, l'affluence atteignait près de 40 000 visiteurs! Les chefs d'état et de gouvernement venus à Paris à cette occasion, lui rendaient visite et tous témoignaient de leur admiration.

A la suite de ce grand succès, le gouvernement décidait, en 1938, de transformer le Palais de la Découverte en établissement permanent; d'abord rattaché au Centre National de la Recherche Scientifique, il devenait plus tard, le 6 janvier 1940, un Institut de l'Université de Paris.

En mai 1967, le Palais de la Découverte célébrait son 30^e anniversaire. Au cours de ces trente années, il a

traversé de sombres périodes et en particulier celle de la guerre, mais il n'a, par contre, jamais cessé de suivre la ligne tracée par son créateur. L'originalité de sa conception fut très rapidement connue et appréciée dans le monde entier et de nombreux visiteurs étrangers, responsables d'établissements culturels scientifiques de même vocation sont venus

et viennent encore pour s'inspirer de ses méthodes.

Il a, en effet, été le premier à présenter au grand public, sur une vaste échelle, d'une part, les expériences fondamentales à l'origine des grandes découvertes et, d'autre part, les acquisitions les plus récentes de la connaissance humaine. Dans l'esprit

A l'occasion de l'Expo 67 nous avons vu naître à Montréal un imposant ensemble d'institutions vouées à l'enseignement populaire des sciences: le Planétarium Dow, l'Aquarium Alcan, en plus des « pavillons thématiques » et des pavillons de quelques pays qui rivalisaient d'ingéniosité et de zèle pour présenter les plus récents progrès des sciences et des techniques. Nous croyons que l'intérêt du public a jusqu'ici largement justifié l'opportunité de tels centres d'information dans une ville comme Montréal.

La continuité de l'exposition « Terre des Hommes » va sûrement favoriser l'expansion de ces musées vivants ou même susciter d'autres projets semblables. Il serait, nous semble-t-il, fort intéressant de voir se former bientôt un comité ou un organisme qui coordonnerait des démonstrations et des expositions dans l'un et l'autre de ces centres, surtout à l'intention des jeunes. Il est maintenant inadmissible qu'une métropole ne puisse permettre à ses citoyens de suivre concrètement les étapes des progrès scientifiques contemporains, à l'aide de tous ces moyens d'une valeur inestimable. La ville et, en voie de conséquence, les régions environnantes et même

la province entière pourraient en bénéficier.

Reconnaissons que depuis plus de trente ans il ne s'était pas encore créé de grands centres d'information scientifique populaire, si l'on admet le Jardin botanique de Montréal dans cette catégorie d'institutions. Le « Jardin » faisait figure d'audacieux pionnier dans les années 1935-36... De l'extérieur, on pouvait même croire que l'initiative avait été regrettée! Sans doute de nombreux facteurs expliquent le ralentissement des années suivantes, mais il faut se réjouir et tirer le meilleur parti possible de cette nouvelle foi envers ces moyens d'information et d'éducation. C'est sûrement là l'un des plus authentiques bienfaits de l'Expo 67.

C'est dans ce contexte qu'il nous paraît intéressant de publier cette brève description du « Palais de la Découverte » de Paris qui fête son 30^e anniversaire en mai 1967. Une grande institution qui jouit d'une réputation internationale et qui pourrait certainement inspirer tous les responsables des pavillons spécialisés et des autres centres qui partagent les mêmes buts.

La Rédaction

de Jean Perrin, cette mission avait un double but : « répandre dans le public le goût de la culture scientifique en même temps que les qualités de précision, de probité critique et de liberté de jugement que développe cette culture et qui sont utiles à tout homme, quelle que soit sa carrière ».

Pour qu'il puisse remplir efficacement sa mission, il était indispensable que le Palais de la Découverte bénéficie de l'aide et des conseils des savants, professeurs et chercheurs. C'est pourquoi, chaque année, se réunissent des Comités scientifiques auxquels appartiennent des membres éminents de l'enseignement, de la recherche et de l'industrie. Ces comités, un par grande discipline (mathématiques, astronomie, physique, chimie, sciences de la terre, biologie, médecine) examinent les projets de nouvelles expériences, de nouvelles expositions et d'une façon plus générale des nouvelles activités que reflètent les plus récents progrès de la science.

De nombreuses charges incombent donc aux différents services. Il faut, en effet, effectuer des recherches pour d'abord mettre au point les expériences relatives aux projets retenus. Ces recherches sont effectuées dans les laboratoires propres au Palais de la Découverte; les appareils sont étudiés puis construits dans ses ateliers sous la direction de ses ingénieurs. Il s'agit en effet de présenter *en fonctionnement*, non seulement les appareils qui ont conduit les savants vers la découverte des grands principes, mais aussi des montages plus récents qui permettent d'améliorer la précision des résultats.

Ces expériences sont ensuite présentées par le personnel du service culturel, choisi en fonction de ses titres et aussi de son aptitude à exposer des sujets scientifiques. Il s'agit d'abord de présenter le principe des expériences de telle façon que soit clairement dégagé le cheminement de la pensée scientifique qui a conduit à la découverte de la loi, du principe qui en est l'aboutissement, puis de réaliser l'expérience elle-même dans des conditions de clarté, de précision, de concision, qui doivent retenir l'attention de chacun des visiteurs quel que soit son niveau de culture. A toutes ces expériences, le

visiteur est associé le plus souvent possible; il peut lui-même participer à l'expérience, il peut aussi, s'il le désire, résoudre seul un problème. Par exemple, dans la salle d'électricité, des expériences sont conçues de telle façon qu'il peut savoir s'il a bien compris un principe et un phénomène, en établissant lui-même le circuit correct choisi dans toute une gamme correspondant aux diverses possibilités. Une salle est équipée de tables de manipulations où un problème de mathématiques ou de physique est posé. Le visiteur manipule lui-même et bénéficie éventuellement de l'aide du responsable de la salle.

Pour les jeunes, un effort particulier est fait. L'initiation des jeunes à la pensée scientifique doit en effet être considérée comme l'une des tâches les plus importantes du Palais de la Découverte. C'est ainsi que des séances de travaux dirigés ont été organisées, en physique, en chimie, en biologie, etc.; des sorties, des visites de laboratoires industriels ou universitaires, des excursions d'intérêt géologique, minéralogique, biologique, sont organisées avec le concours de professeurs bénévoles de l'enseignement supérieur.

Cette activité du Palais de la Découverte basée sur l'expérimentation est complétée par la présentation d'expositions scientifiques temporaires sur des sujets d'actualité.

En dehors de ces activités, le Palais de la Découverte comprend aussi dans sa mission l'organisation de cycles de conférences : *conférences générales* présentées par des chercheurs, professeurs, ingénieurs parmi lesquels on peut citer de grands noms de la science; *conférences spécialisées* présentées par des membres de grands organismes; *conférences d'initiation* présentées par le personnel du service culturel, et *conférences d'information* illustrées d'expériences sur des sujets d'actualité à l'intention des « Maisons des Jeunes et de la Culture », des associations culturelles, etc., de la région parisienne ou de la province.

L'organisation de séances de cinématographie scientifique tient également une grande place dans le programme d'activité générale. Le film scientifique est en effet un moyen éducatif d'un très grand intérêt et dans certains cas, il est irremplaça-

ble; le Palais de la Découverte s'attache à présenter les meilleures productions françaises et étrangères qui connaissent actuellement un développement remarquable. Chaque année, quelques pays étrangers sont invités à présenter une sélection de leurs meilleurs films scientifiques ou éducatifs.

Bien entendu, un soin particulier est réservé à l'accueil du visiteur. Le bureau d'accueil tient à sa disposition une documentation générale sur l'activité du service culturel; des visites en groupes, visites guidées sont organisées; à la bibliothèque, le visiteur trouve des collections de livres scientifiques, des livres de vulgarisation, des revues et, à la photothèque, de nombreux documents scientifiques.

Actuellement, plus de 400 000 visiteurs, plus de 100 000 élèves accompagnés de leurs professeurs sont reçus au Palais de la Découverte qui devrait pouvoir en recevoir bien davantage. Dans l'esprit de Jean Perrin, le Palais de la Découverte devrait être le germe d'une grande Maison de la science, d'une grande université populaire; malheureusement, les ressources qui lui sont affectées sont toujours très nettement insuffisantes pour qu'il puisse remplir efficacement cette grande mission. Cette situation est d'autant plus regrettable que nous assistons depuis quelques années à une accélération prodigieuse des progrès de la science dont la conséquence est un bouleversement total de nos conditions d'existence. Il ne fait pourtant aucun doute que dans cette grande compétition internationale du développement scientifique, il est devenu indispensable, d'une part, de faire connaître au grand public l'importance des problèmes qui se posent avec toutes les conclusions heureuses ou malheureuses qui en découlent, et, d'autre part, d'attirer les jeunes vers des carrières scientifiques dont dépend maintenant étroitement le développement économique de toute nation.

Cet article est une adaptation d'un texte de A. J. ROSE, directeur du Palais de la Découverte, Paris.

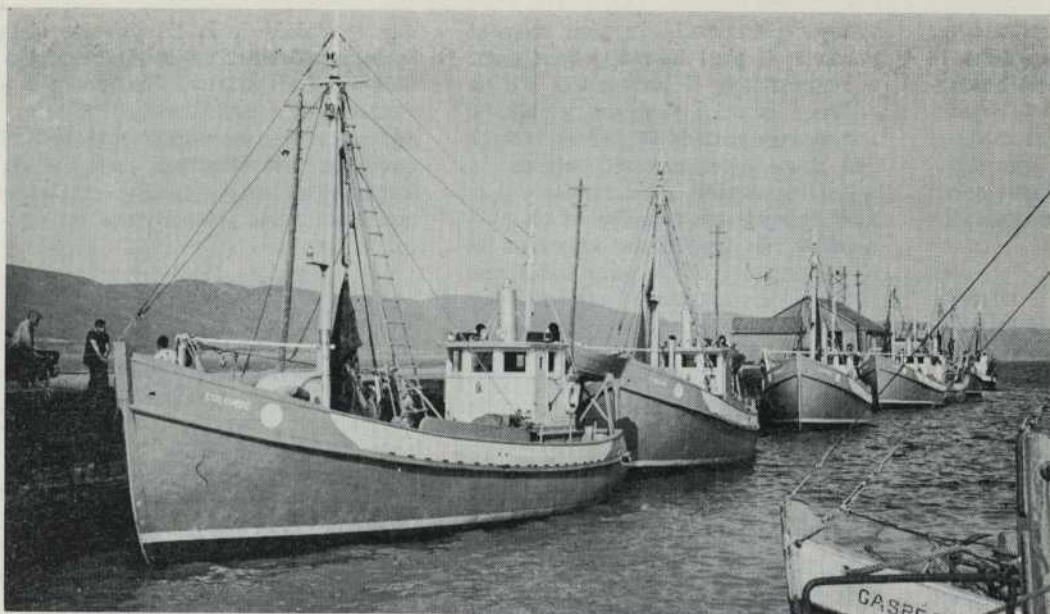


Fig. 1. Type de chalutier utilisé pour la pêche aux crevettes. Ces bateaux de 60 pieds, jaugeant 40 tonneaux, peuvent effectuer des voyages de cinq ou six jours et rapporter une moyenne de 4 à 5 000 livres de crevettes.

Photo-reportage:

La pêche aux crevettes dans le Québec

par Pierre TRUDEL
et Richard COUTURE

Un exemple de collaboration où les recherches académiques pures et les recherches appliquées sont au service de la communauté.

En 1964, la Direction des Pêcheries du ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec confiait aux auteurs, respectivement de l'Université Laval et du BAEQ (Bureau d'Aménagement de l'Est du Québec), la responsabilité d'un programme de recherche sur les crevettes. La poursuite des recherches appliquées par les différents services du ministère intéressé, au cours des années suivantes, permet maintenant aux producteurs du Québec de mettre sur le marché un produit d'excellente qualité qui fait les délices des consommateurs.

Parmi les 23 espèces de crustacés décapodes nageurs qui habitent l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, seule *Pandalus borealis* possède maintenant un intérêt commercial; on la dési-

gne en français sous les noms de Grande Crevette rose ou encore Salicoque rosé. Cette crevette vit en bancs sous les fonds de boue molle à plus de 100 brasses de profondeur (600 pieds). Bien que l'on rencontre *P. borealis* dans tout le golfe Saint-Laurent, les principaux bancs de pêche présentement exploités sont situés au sud de Sept-Iles. La récolte s'avère très intéressante: d'après les chiffres du Bureau de la statistique du Québec, section des pêcheries, les quantités débarquées depuis le début de l'exploitation sont les suivantes:

Année	Quantités débarquées (lbs)	Valeur au débarquement (\$)
1965	29 000	9 860
1966	229 000	45 870
1967	599 400	111 596

Ces chiffres sont les témoins d'une industrie née grâce aux recherches en biologie marine. Un des auteurs a d'ailleurs présenté une thèse sur la biologie des crevettes à l'École des Gradués de l'Université Laval.* L'étude des facteurs

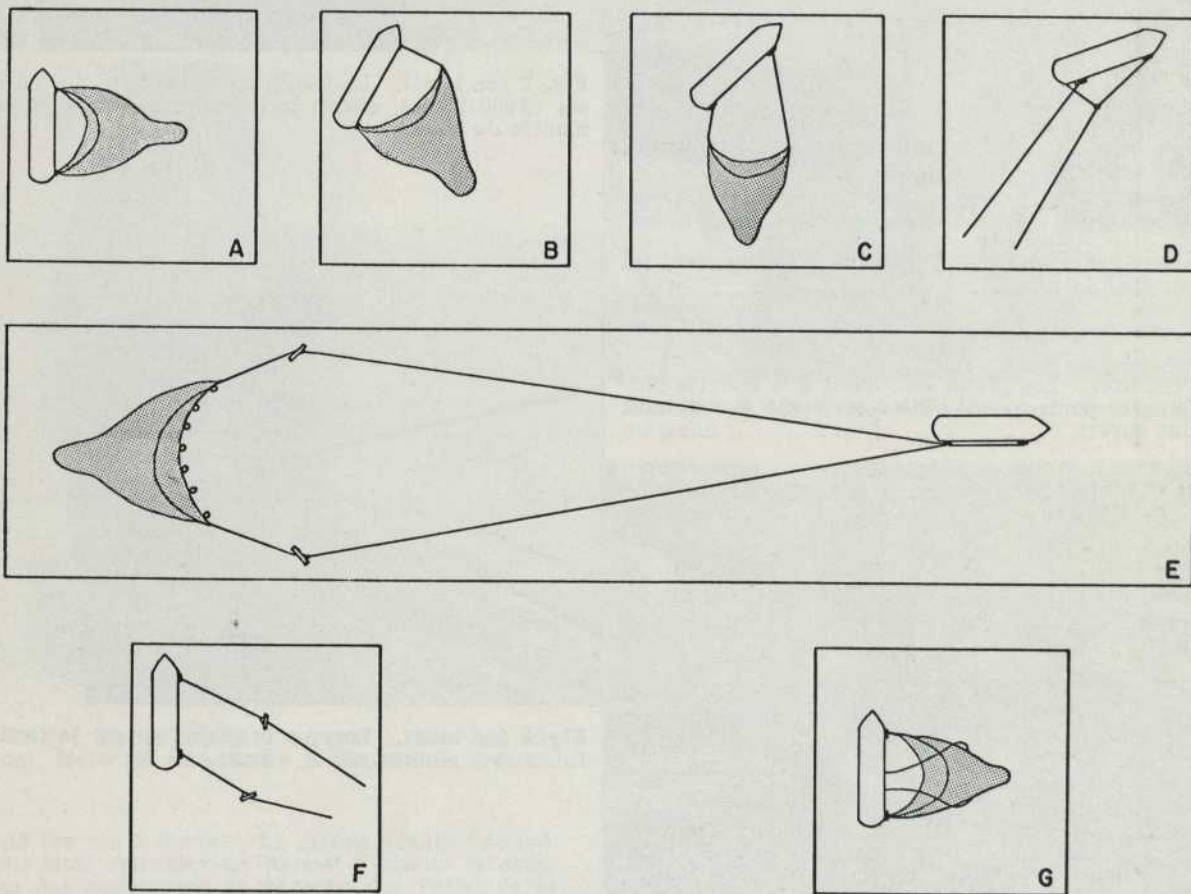
Les auteurs, Pierre Trudel, M. Sc., et Richard Couture, M. Sc., sont au Département de Biologie de l'Université Laval, Québec. Les photographies ont été gracieusement fournies par la revue *Pleines Voiles*, extraites du volume 25, no 2, février 1968.

écologiques qui influencent nos populations de crevettes servira à l'établissement d'un program-

* Mentionnons, à l'intention de nos lecteurs intéressés, la parution prochaine de l'étude « Les crevettes des eaux côtières du Québec, taxonomie et distribution », par les mêmes auteurs, dans *Le Naturaliste Canadien*, probablement dans le numéro de juillet 1968, volume 95. La Rédaction.

Fig. 2 (en bas).

- A. Le navire à l'arrêt, le chalut est mis à l'eau du côté du vent.
- B. Le chalutier se déplace lentement vers la droite et le chalut s'éloigne du bateau.
- C. Les portes sont attachées aux funes et mises à la mer.
- D. Une fois le chalut sur le fond, les funes sont attachées à l'arrière du navire et seront maintenues par la « main ».
- E. Vue en plan du chalut et du navire lors du touage.
- F. Pour la remontée le navire doit se placer à travers, dans le vent.
- G. Le chalut est remonté à bord.



me rationnel d'exploitation commerciale conservant ainsi à cette ressource naturelle renouvelable son dynamisme et sa rentabilité. Ce reportage illustre la façon dont est recueilli le matériel nécessaire à ces études.



Fig. 3 (en haut). Il est important de bien nouer la poche du chalut ou le « cod-end ».

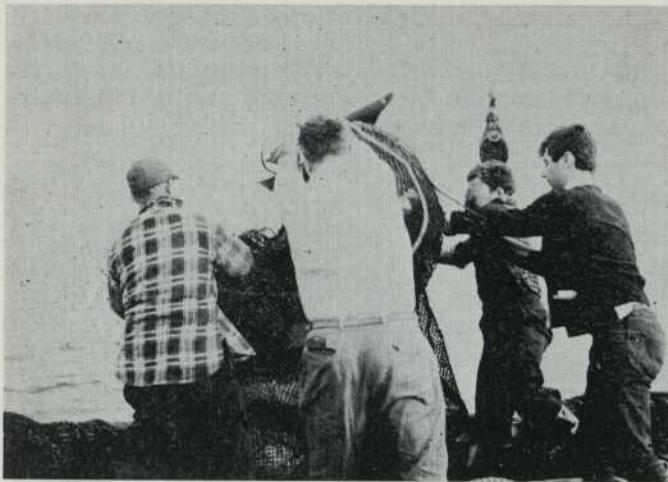


Fig. 4 (en haut). Le chalut est mis à l'eau.

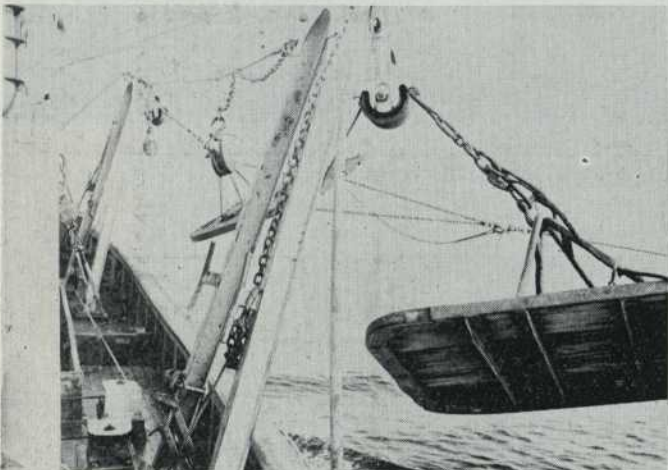


Fig. 5 (en haut). A tribord, les potences supportent les funes (câbles de touage).

Fig. 6 (en bas). Les portes sont mises à la mer (la photo montre la porte avant). Elles serviront à maintenir le chalut ouvert.

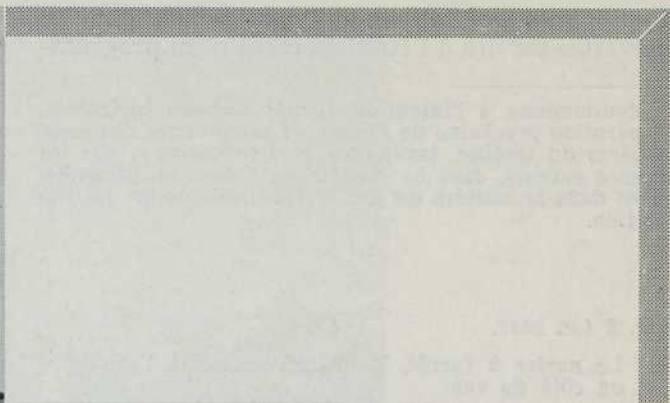
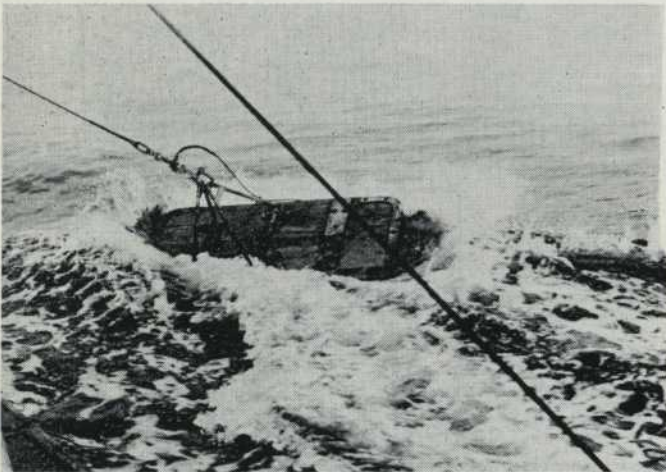


Fig. 7 (en haut). Le treuil, d'une capacité de 500 brasses (3 000 pieds), assure la descente régulière et la remontée du chalut.



Fig. 8 (en haut). Lorsque le chalut est sur le fond, les funes sont réunies par la « main » de fer.

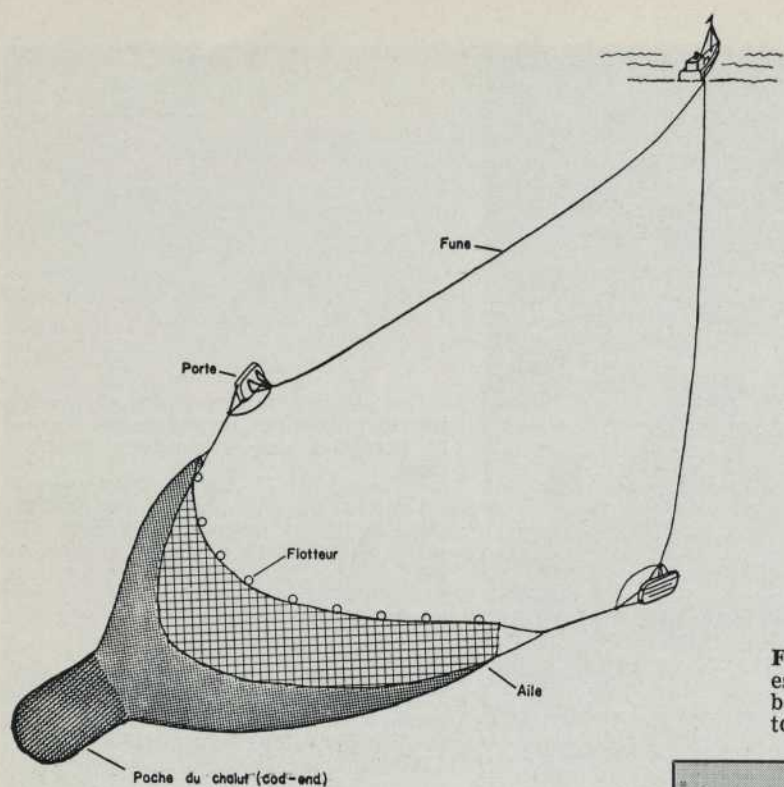


Fig. 9 (en haut). Un chalut en opération.

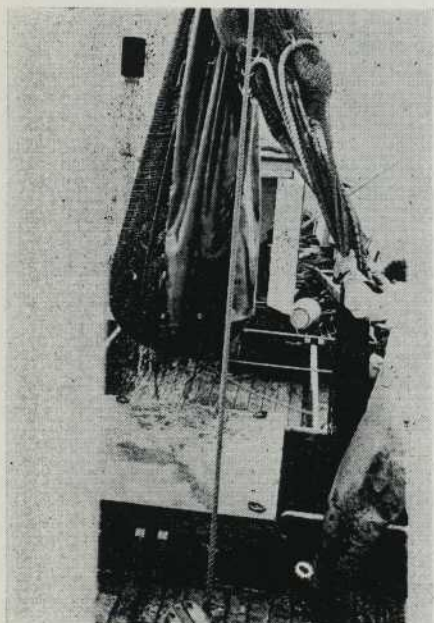


Fig. 12 (en haut). Le filet est prêt à être vidé sur le pont. Noter le caoutchouc protégeant le cod-end.

Fig. 13 (en bas à droite). La grande quantité de spécimens ainsi obtenus nous permet d'étudier la dynamique des populations et de connaître l'effet de la pêche sur l'espèce *Pandalus borealis*.

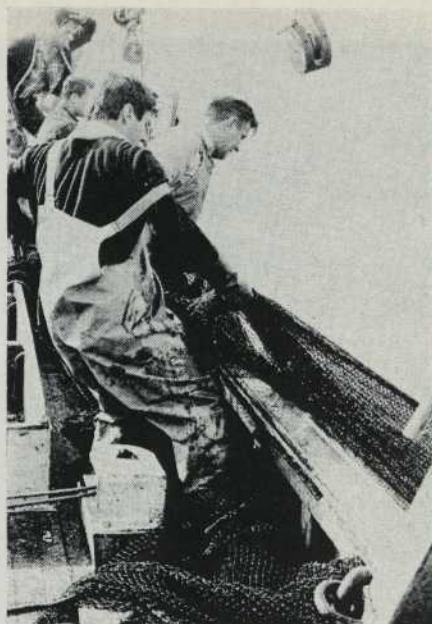
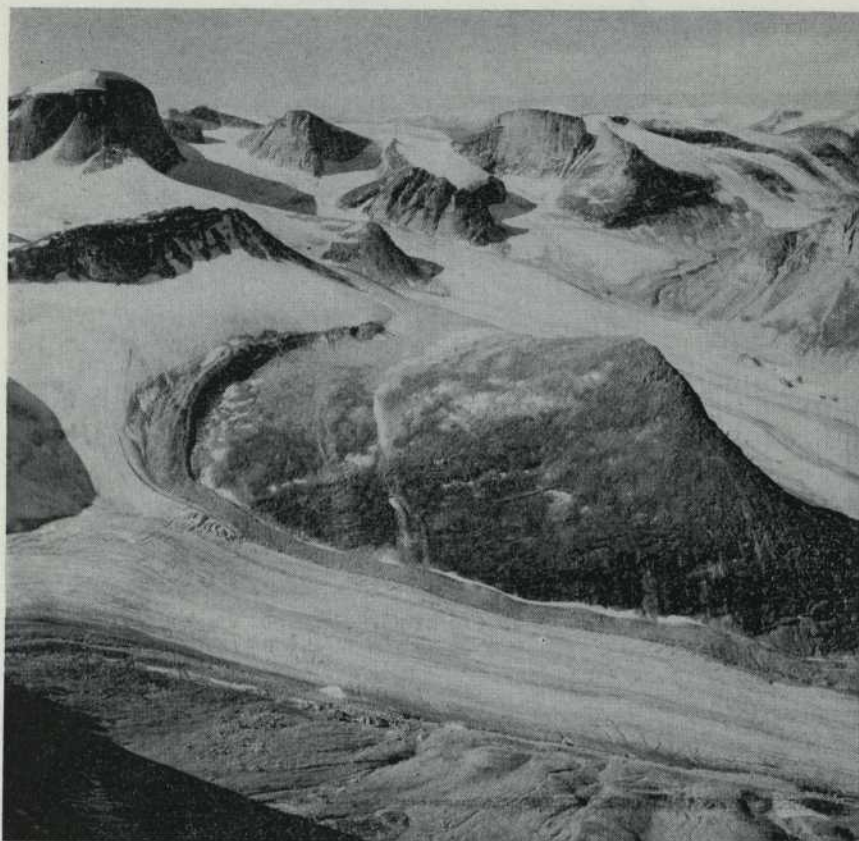


Fig. 10 (en haut). Pour nos expériences le chalut est toué durant 30 minutes avant d'être ramené à bord. Les pêches commerciales nécessitent des touages de deux à trois heures.



Fig. 11 (en haut). Le « cod-end » est remonté à l'aide du treuil.





Les glaciers, ou les glaces permanentes, se présentent sous diverses formes et prennent des dimensions très variées.

Ces deux photographies se complètent : elles montrent deux « glaciers de vallée », des surfaces de neige de plateau et des calottes glaciaires qui coiffent des sommets atteignant 6 000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Sur la photographie de gauche : l'abrupt rocheux dénudé qui apparaît dans l'ombre, en haut à gauche, mesure 1 800 pieds de hauteur; le glacier de vallée, au premier plan, se trouve à plus de 4 000 pieds de la caméra.

En page suivante, le grand cliché montre l'endroit où se rejoignent les deux glaciers de vallée, tout près du niveau de la mer, dans le fjord Inugsuin.

Les **GLACIERS**

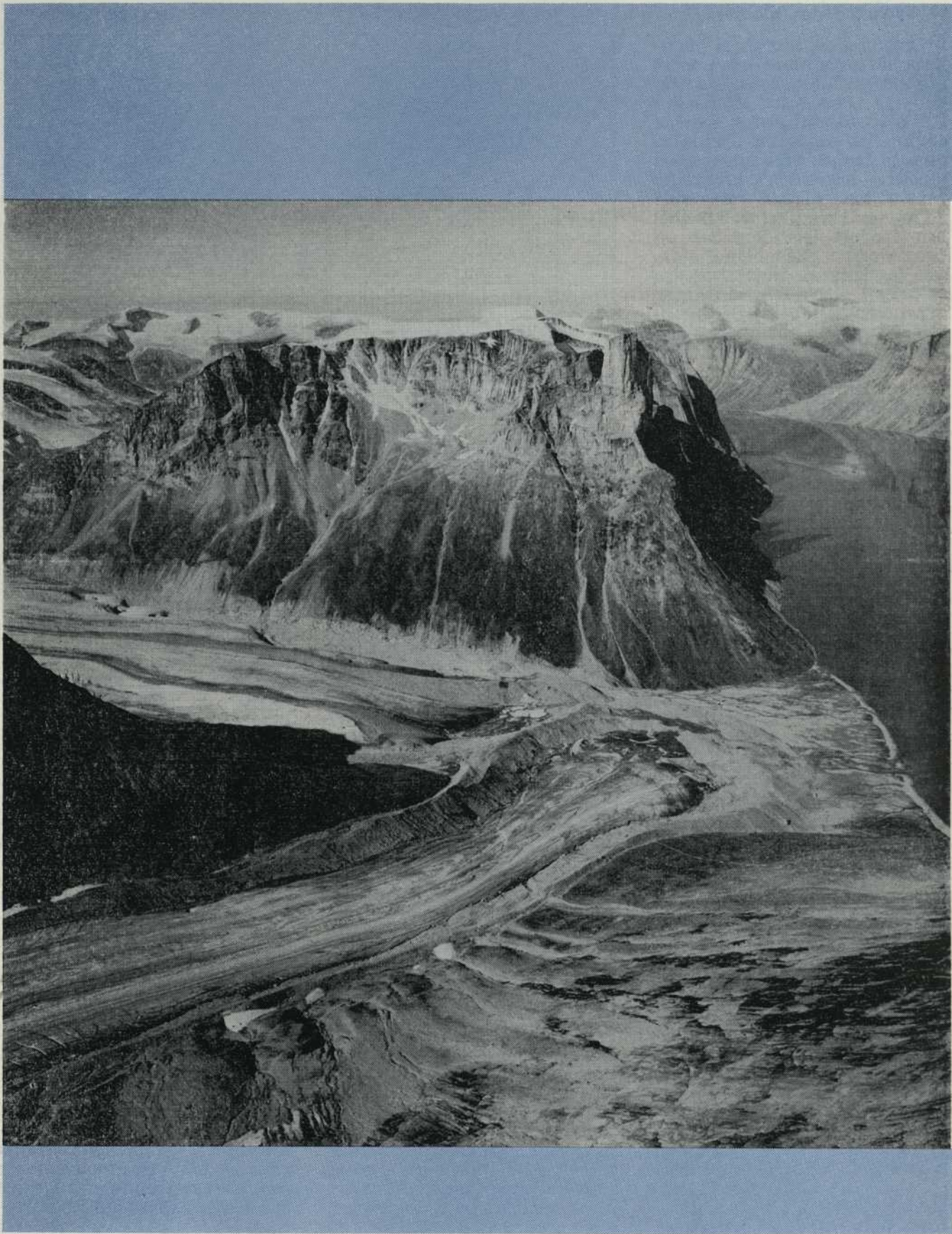
par J. D. IVES

Les glaciers constituent des phénomènes naturels d'une grande beauté et d'un intérêt scientifique très particulier. Les alpinistes, les skieurs et les touristes qui parcourent les nombreuses régions montagneuses du globe les connaissent bien. Au cours du dernier million d'années, les diverses glaciations ont sans cesse recouvert la plus grande partie du Cana-

da et, bien que des changements importants aient marqué l'ensemble du relief de certaines régions, c'est à une myriade de petites transformations maintes fois renouvelées que nous devons les caractères physiques distinctifs du Canada. La nature même des glaciers en fait un objet d'étude intéressant. Ces glaciers forment aussi de vastes réservoirs

naturels d'eau douce dans les parties occidentale et arctique du pays où ils abondent. Il est donc essentiel d'en connaître les mouvements depuis les temps passés, l'action érosive et morainique, et l'influence directe et indirecte qu'ils ont exercée sur le mouvement relatif des terres et sur le niveau de la mer, pour bien comprendre la géophysique du Canada. Cette introduction à la glaciologie, croyons-nous, résume assez bien ce que représentent ces âpres et froides beautés du monde où nous vivons.

L'auteur du texte et des photographies, J. D. Ives, Ph. D., est directeur à la Direction de Géographie, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources à Ottawa. Article paru dans *Canadian Geographical Journal*, Ottawa, vol. LXXIV, no 4, avril 1967, traduit par le Service d'Information du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et reproduit avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de l'éditeur.

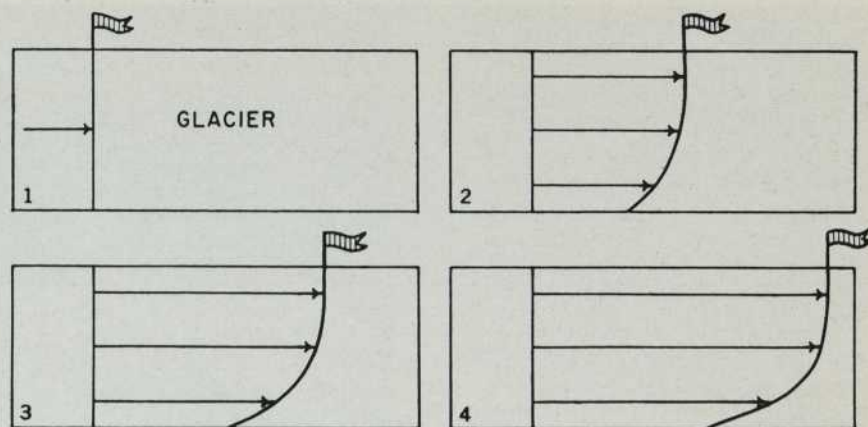


Avance des glaciers

Depuis des centaines d'années, les savants et les montagnards savent que les glaciers bougent. Des observations faites d'abord dans des régions comme les Alpes ont démontré que les roches à la surface des glaciers descendent progressivement les vallées d'une année à l'autre. Il y a plus de 500 ans, les fermiers islandais ont pu constater ce phénomène, alors que les langues émissaires des calottes glaciaires d'Islande avançaient au point de recouvrir fermes et champs et que leurs eaux de fonte laissaient une traînée de blocs et de gravier sur leur passage. Plus tard, des études plus précises ont démontré que si une rangée de roches est placée en travers d'un glacier, celles du milieu se déplacent plus vite que celles qui sont aux extrémités du glacier. On a aussi observé l'existence d'une certaine corrélation entre la marche d'un glacier et le cours d'une rivière. La vitesse du glacier est non seulement fonction de la réserve glaciaire en amont, mais aussi de l'épaisseur de la glace et des précipitations; les changements de vitesse peuvent être saisonniers, quotidiens ou même très rapprochés.

Formation des glaciers

A des altitudes et des latitudes élevées, la chaleur estivale ne suffit pas à faire fondre la neige tombée l'hiver précédent. Ainsi, à la fin de chaque été, une partie de la neige demeure et va s'accumulant d'année en année pour former des calottes glaciaires et des glaciers. Il y a une ligne ou une zone théorique sur les hautes montagnes où la quantité de neige fondue au cours de l'été est égale à celle qui s'y est accumulée durant l'hiver. On appelle cette zone théorique la ligne ou limite des neiges; au-delà de cette limite se trouvent les neiges éternelles dont l'épaisseur croît généralement avec l'altitude; au-dessous de la limite des neiges, sauf après des hivers exceptionnellement neigeux ou des étés



Cette coupe théorique dans une section de glacier montre comment il avance. Noter comment la ligne imaginaire verticale, plantée à la limite du glacier au dessin 1, devient arrondie dans les dessins 2, 3 et 4, à mesure que le mouvement progresse. Bien que le glacier entier glisse sur son lit, les couches supérieures avancent plus vite que la partie inférieure.

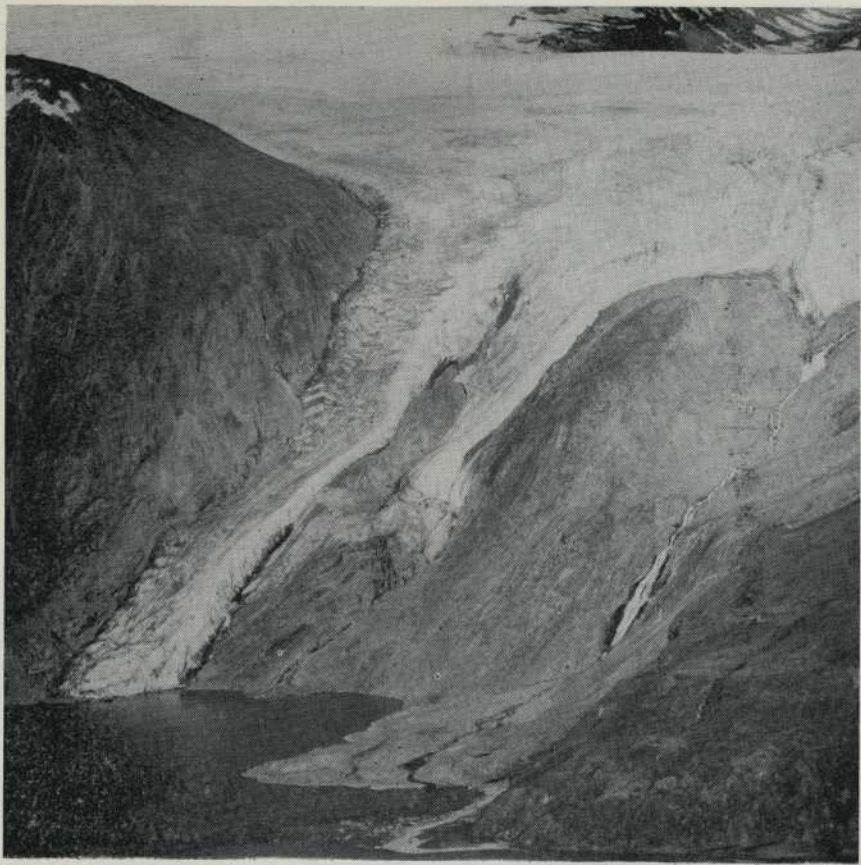
particulièrement frais, le manteau neigeux de l'hiver précédent a disparu complètement vers la fin de l'été. Quand la neige tombe en abondance, comme dans les Alpes, en Islande et sur la Chaîne côtière de la Colombie-Britannique, les étés peuvent être très chauds sans toutefois réussir à faire fondre toute la neige. Les glaciers « tempérés » se forment souvent au moment où toute la masse glaciaire est au point de fusion. Sous de hautes latitudes, les chutes de neige sont assez rares en hiver, mais les étés sont si frais qu'en des régions s'y prêtant bien la neige ne fond pas. De là résulte la formation de glaciers et de calottes glaciaires froids ou du type arctique au sein desquels la température est inférieure au point de fusion pendant toute l'année. Sous des latitudes moyennes, les très hautes montagnes se recouvrent de semblables manteaux glaciaires « froids ».

Après sa formation, une calotte glaciaire ou un glacier peut demeurer même si le climat devient plus chaud ou plus sec. Une grande calotte glaciaire exercera une influence sur le climat ambiant; s'il était possible de faire disparaître artificiellement, soit, par exemple, l'inlandsis du Groenland, soit les glaciers de l'Islande, ou

soit la calotte Barnes de l'île de Baffin, aucune calotte glaciaire ne pourrait prendre corps sous les conditions climatiques actuelles. Du fait du peu de rapport qu'ont entre eux les variations atmosphériques et climatiques et le comportement des glaciers, ces derniers peuvent tenir lieu de thermomètres naturels géants, bien qu'il faille beaucoup de patience et d'ingéniosité pour les lire correctement.

Classification

Les glaciers « froids » se déplacent beaucoup plus lentement que les glaciers « tempérés » et l'eau de fonte est surtout limitée à la surface ou au fossé entre la bordure du glacier et le rocher; les glaciers tempérés sont fréquemment « à flot », leur eau de fonte s'infiltrant à travers la masse glaciaire jusqu'au lit du glacier pour sortir à l'extrémité de la langue comme un embryon de rivière. Du point de vue topographique, les deux principales sous-classes sont les *calottes* et *nappes glaciaires* qui recouvrent des sommets de montagnes, des plateaux, ou même des continents entiers (l'Antarctique), et les *glaciers de vallées* dont les mouvements sont plus restreints à cause des parois des vallées qui les enserrant.



Les « glaciers de vallée »

On peut décrire simplement les glaciers de vallée comme étant des rivières de glace qui glissent lentement entre les parois escarpées des vallées. Ils prennent naissance dans les neiges éternelles situées au-dessus de la limite des neiges et la vitesse de ces glaciers dépend de leur alimentation en neige, de la pente du lit de la vallée et de la température de la masse glaciaire. Leurs dimensions varient sensiblement, de moins de un mille à plus de 50 milles de longueur, et ils atteignent parfois 20 milles de largeur.

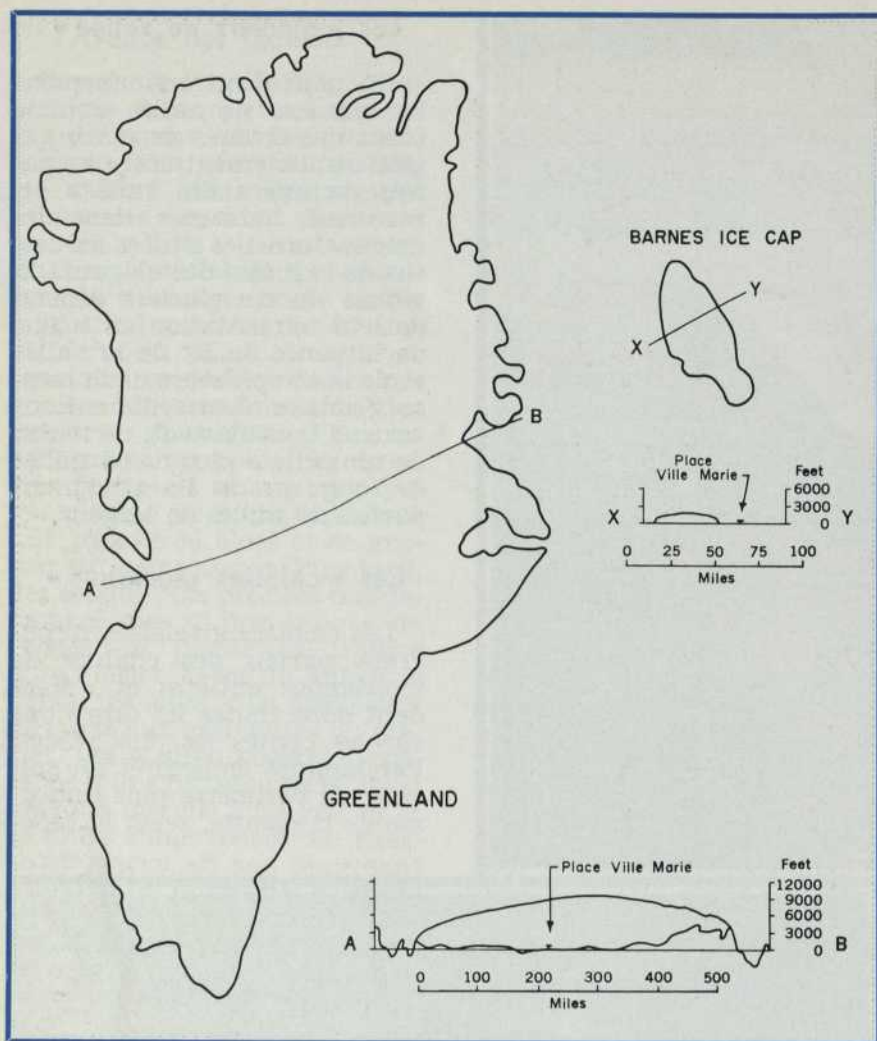
Les « calottes glaciaires »

Les calottes glaciaires recouvrent parfois des chaînes de montagnes entières et s'étendent dans toutes les directions sur les pentes les plus raides. Par langues émissaires ou suivant un périmètre plus uniforme de la calotte, selon la topo-

Il y a environ 7 000 ans, la fonte des glaces dans la vallée laissa la partie supérieure de ce glacier littéralement « suspendue » au-dessus du fjord Itirbilung. Aujourd'hui ce glacier fait une chute lente de près de 3 000 pieds à partir des hauts plateaux où il s'alimente régulièrement, entre deux fjords.



En s'alimentant dans les hauteurs où s'accumule la neige, ce glacier — comme une rivière de glace — descend lentement vers un fjord, au nord-est de l'île de Baffin.



graphie, la masse glaciaire s'abaisse jusqu'à ce que l'ablation, qui augmente normalement en raison inverse de l'élévation, compense l'alimentation par l'amont. La calotte Barnes recouvre le vaste plateau intérieur de l'île de Baffin. Elle peut atteindre au maximum 90 milles de longueur, 45 milles de largeur et 2 000 pieds d'épaisseur: à cet égard, la calotte forme elle-même sa propre montagne, car le terrain sous-jacent n'est pas plus élevé que le plateau onduleux qui l'entoure. C'est un accident de la nature, une relique de l'immense glacier continental qui recouvrait la plus grande partie du Canada il y a 11 000 à 18 000 ans. Les pentes sont très douces, sauf près des bords de la calotte où se trouvent des falaises attei-

gnant 120 pieds, face à un groupe de lacs de barrage glaciaire. Ces lacs sont un autre indice de la nature accidentelle de la calotte glaciaire, vu qu'ils occupent les parties supérieures de larges vallées qui s'égoutteraient vers le sud-ouest dans le bassin Foxe, si ce n'était de la masse glaciaire inerte qui en bloque la voie normale.

Les calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland sont les plus vastes au monde: à elles seules, elles contiennent en volume plus de 95 p. 100 de la glace de la terre; si les calottes glaciaires de l'Antarctique venaient à fondre, le niveau des océans s'élèverait de 120 à 180 pieds pour inonder la plupart des plus grandes villes du monde. Les dimensions des grandes

L'édifice de La Place Ville-Marie de Montréal ne serait guère plus qu'un bloc rocheux sous le glacier continental du Groenland, comme on le montre ici au premier plan; mais la taille de cette calotte glaciaire est telle que l'édifice n'a pu être représenté à une échelle exacte.

En haut, à droite, un autre dessin montre le même édifice dans une coupe transversale de la calotte glaciaire Barnes sur l'île de Baffin, mais à une échelle horizontale trois fois plus grande.

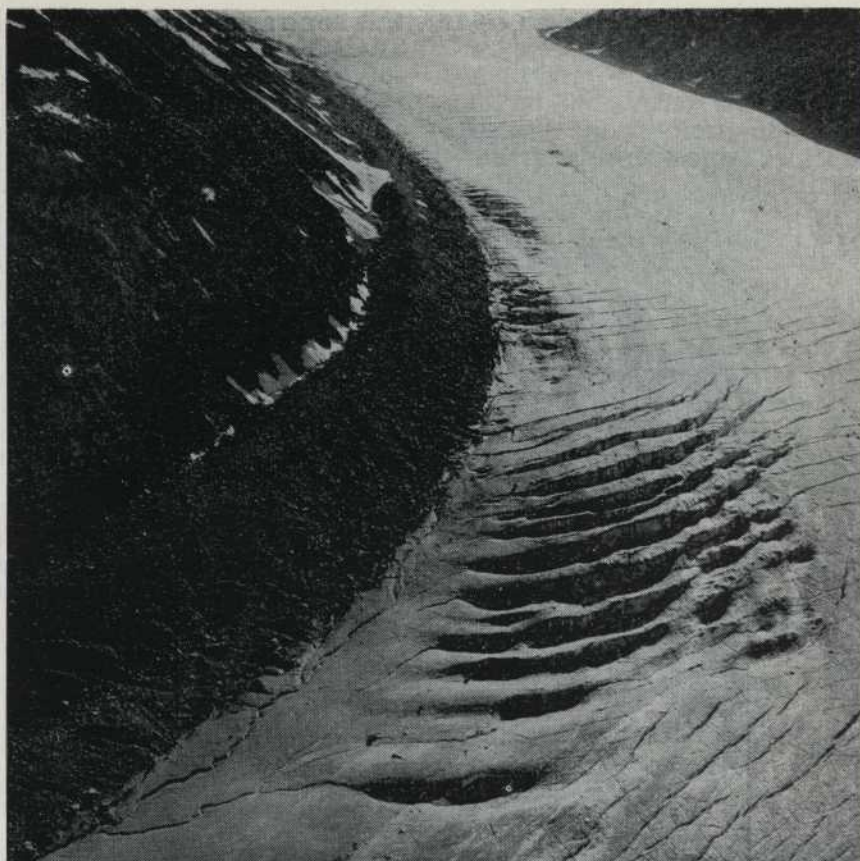
nappes glaciaires sont difficiles à imaginer; la superficie de la calotte Barnes est à peu près égale à celle de l'Île-du-Prince-Édouard, alors que la nappe glaciaire de l'Antarctique dépasse la superficie des États-Unis de près de 50 p. 100.

Mouvement des glaces et crevasses

Le caractère du mouvement des glaciers n'est pas encore clairement défini. Il s'expliquerait par l'action combinée de l'écoulement, de la fonte, du regel, du cisaillement et du glissement. Il est possible que le mouvement d'un glacier tempéré soit attribuable jusqu'à 90 p. 100 au glissement de toute la masse glaciaire sur son lit. Les parties plus épaisses du milieu d'un glacier se déplacent plus rapidement que les parties plus minces de ses bords qui sont freinées par le frottement contre les parois de la vallée. Ces mouvements différentiels au sein de la masse du glacier occasionnent le cisaillement et la fracture de la glace superficielle, et divers réseaux de crevasses se forment, se dirigeant obliquement vers le bas du glacier.

Les crevasses se forment aussi au-dessus des cascades de glace: lorsque la pente se raidit, la surface de la glace, dont la déclivité était jusque-là uniforme, s'incurve vers le haut, engendrant ainsi un réseau de crevasses en forme de croissant. Quand un glacier débouche dans une plaine, au-delà des limites immédiates de la vallée, la glace s'y étale en un large lobe. Cette expansion cause des tensions de surface et crée un réseau en éventail dont les crevasses sont à peu près perpendiculaires à la bordure de la glace.

Les crevasses sont essentiellement des fissures dans les couches supérieures des glaciers. En profondeur, la glace est presque à l'état plastique et s'étend sous son propre poids. Ainsi, les tensions de surface très grandes qui risquent d'engendrer des crevasses plus grandes et plus profondes sont compensées en profondeur par une



On voit ici (en haut) un exemple de crevasses dans une courbe intérieure d'un glacier de vallée. A gauche sur la photo, le rebord de blocs — appelé « moraine latérale » — est en réalité composé en grande partie de glace recouverte de débris qui l'empêchent de fondre.

La calotte glaciaire Barnes couvre une partie du plateau intérieur de l'île de Baffin sur une longueur de plus de 90 milles et une largeur maximum de 45 milles. Bien que cette photo ait été prise à la fin d'août, le lac formé par le barrage du glacier, au centre, est encore en grande partie couvert de glaces.

sorte de flux plastique au sein de la masse glaciaire. Cette tendance restrictive se produit effectivement entre 150 et 200 pieds de profondeur, limitant ainsi les dimensions des crevasse.

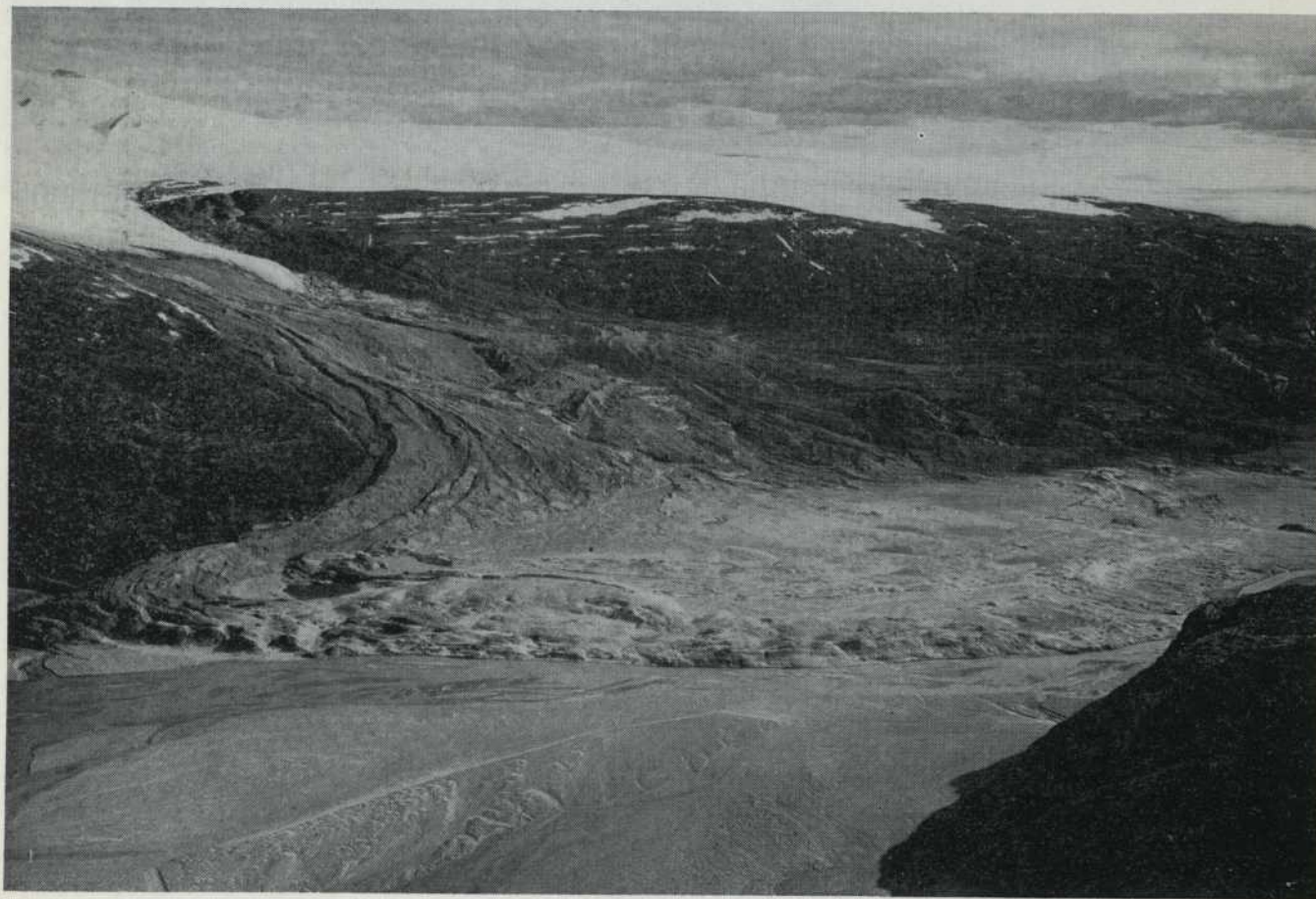
Recul et avance des glaciers

La plupart des glaciers et des calottes glaciaires du Canada se sont amincis, et leurs fronts ont reculé au cours des 60 ou 70 dernières années. Ce recul des glaciers reflète une élévation de température marquée dans le climat de vastes régions. Les signes de l'amincissement et du recul sont très apparents. Le recul du front glaciaire fait voir un sol aux couleurs claires et dépourvu de végétation qui

fait contraste avec l'aire située au-delà de la dernière avance du glacier. Plusieurs petits glaciers ont complètement disparu depuis le début du siècle; de plus gros se sont amincis de 300 à 500 pieds et, dans quelques cas, l'extrémité de leur langue a reculé de plusieurs milles, en laissant souvent des méandres de crêtes morainiques, témoins de leur ancienne position. Ce recul et cet amincissement des glaciers sont imputables à l'élévation de la température estivale qui entraîne une fonte plus abondante, une plus longue période de fonte et une plus forte précipitation sous forme de pluie plutôt que de neige. Une diminution des chutes de neige en hiver aurait le même effet général.

Si le contraire se produisait (accroissement des chutes de neige hivernales et baisse de la température estivale), tendance qui paraît se dessiner aujourd'hui dans quelques régions, les langues glaciaires recevraient plus de glace de leurs aires d'alimentation, fondraient moins vite, s'épaissiraient d'abord, puis s'avanceraient. Cependant, les réactions des glaciers aux changements climatiques ne sont ni immédiates ni simples, et un laps de temps s'écoule entre le changement climatique et la réaction du glacier, cet intervalle variant selon le cadre topographique et les dimensions de chaque glacier. Il n'est pas rare de voir des glaciers avancer alors que la plupart des glaciers voisins reculent.

Il y a 150 ans, ce glacier à la tête du fjord Itirbilung s'étendait comme un barrage sur le fond de la vallée pour former un grand lac. Aujourd'hui, il est réduit à une étroite langue de glace (en haut à gauche) qui diminue peu à peu. Cette langue de glace se trouve à plus de 3 milles de la moraine la plus reculée qui marque son ancienne extension.

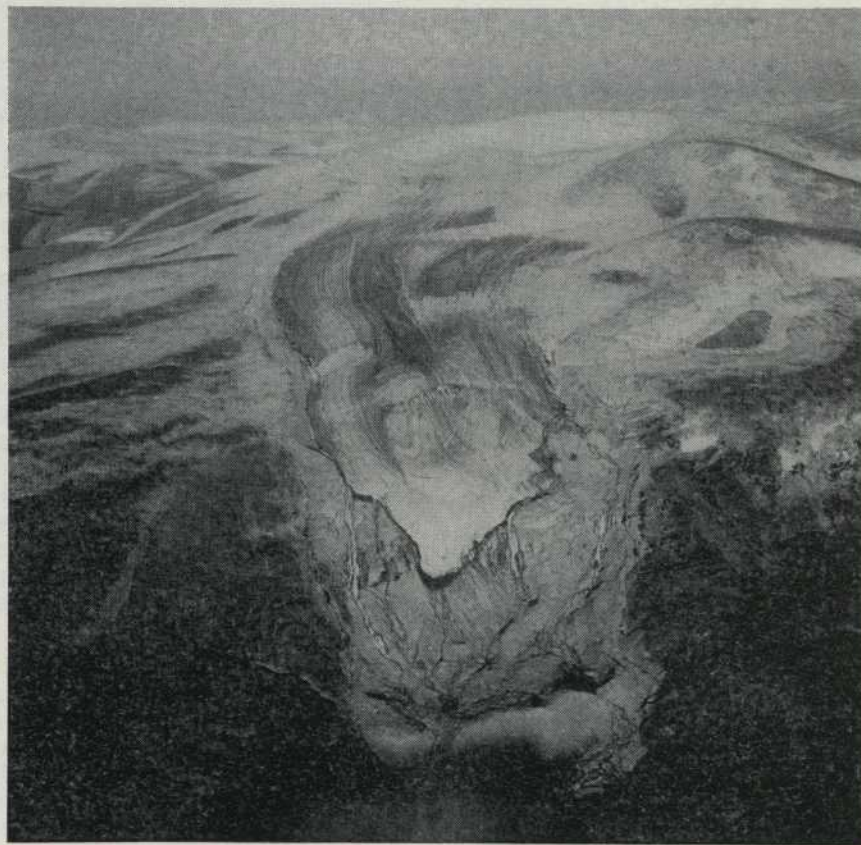


Des réservoirs d'eau douce

Une autre caractéristique des glaciers, du moins durant l'été, c'est l'abondance de l'eau de fonte dont ils sont habituellement la source. Les glaciers peuvent être envisagés comme une phase un peu inhabituelle du cycle hydrologique normal; en effet, les précipitations à l'état solide sont emmagasinées pendant un certain temps et ne s'écoulent que lentement et progressivement. Ainsi, quand les centrales hydro-électriques tirent leurs réserves d'eau de bassins contenant des glaciers, la masse glaciaire aide à en régulariser le débit. Au cours d'un été chaud et sec, par exemple, l'accroissement de la fonte de la glace compense le faible débit des cours d'eau et le bas niveau des lacs. La connaissance de la nature des glaciers peut donc être un facteur très important dans l'évaluation du potentiel hydraulique des régions glaciaires. C'est l'une des raisons qui pousse le Canada à s'intéresser peu à peu aux réservoirs d'eau douce que constituent les glaciers du pays.



Une vue de la Revoir Pass, une grande auge glaciaire qui s'étend de la tête du fjord Eglinton jusqu'au fjord Sam Ford, sur l'île de Baffin. Le glacier original de l'auge est depuis longtemps fondu et il ne reste plus aujourd'hui que de petits glaciers de montagne qui glissent le long des parois jusqu'au fond de l'auge.



Le Decade Glacier (à droite) sur le fjord Inugsuin, fut choisi comme site d'observations continues et de recherches durant la Décennie Hydrologique Internationale. Cette photo, prise en août 1966, montre une seule tache de neige (à la ligne de l'horizon) comme vestige de l'hiver précédent. Les dimensions de ce glacier diminuaient durant l'année 1965-66.

Formation des icebergs

Quand les glaciers débouchent dans la mer, l'extrémité de leurs langues peut être à flot ou échouer sur un haut-fond selon l'épaisseur, le taux d'alimentation en glace et la profondeur de l'eau. Les vagues érodent le front glaciaire même en eau peu profonde et peuvent sculpter une rangée de falaises de glace. Les blocs de glace qui s'en détachent alors deviennent de petits icebergs. Quand la langue glaciaire flotte ou est presque à flot en eau plus profonde, la poussée d'Archimède qui s'exerce alors tend à en arracher de gros blocs de glace. Les dimensions et la forme des icebergs sont fonction de l'épaisseur du glacier, de la forme de ses crevasses et de la profondeur de l'eau. Des icebergs tabulaires immenses se détachent de la bordure flottante de la nappe glaciaire de l'Antarctique. Les langues émissaires de l'inlandsis du Groenland sont fréquemment très prolifiques et engendrent d'immenses icebergs qui s'élèvent de plusieurs centaines de pieds au-dessus de l'eau. Plusieurs de ces icebergs dérivent vers le sud, entraînés par les courants du Labrador et de l'est de l'île de Baffin vers les parages plus fréquentés de l'Atlantique-Nord, où ils deviennent une menace à la navigation.

Les périodes glaciaires en Amérique du Nord

Bien que la plupart des glaciers du monde se soient amincis et aient reculé au cours des 70 dernières années, il y a 12 000 ans ils recouvraient une grande partie du Canada et des régions voisines des Etats-Unis. Au cours du dernier million d'années, les glaciers se sont avancés au moins quatre fois, envahissant une grande partie de l'Amérique du Nord, du nord-ouest de l'Europe, de l'Asie centrale et de l'Amérique du Sud. Comme chaque période glaciaire successive efface généralement les effets de la précédente, nous connaissons plutôt la

dernière glaciation. En Amérique du Nord, elle est connue surtout sous le nom d'âge glaciaire du Wisconsin, qui a duré près de 70 000 ans pour se terminer il y a environ 8 000 ans. Durant ce temps, des avances et des reculs de plusieurs centaines de milles à travers le sud du Canada et le nord des Etats-Unis ont profondément remanié la bordure sud des glaciers. La bordure nord située dans l'Arctique canadien a probablement connu des remaniements elle aussi, bien qu'on sache peu de choses à leur sujet. La nappe glaciaire des Laurentides a été le principal centre de la glaciation du Wisconsin; elle prenait naissance dans les hautes terres septentrionales du Labrador et de l'Ungava et dans l'île de Baffin, puis s'étalait lentement pour recouvrir la baie d'Hudson et la plus grande partie du Canada. Les montagnes de l'Ouest conservaient leur propre centre, tout comme le Groenland. Nos connaissances sur les îles du nord de l'Arctique sont plus limitées, bien que ces îles aient eu probablement leurs propres calottes glaciaires indépendantes en contact partiel avec les calottes des îles voisines. Les terres de l'extrême nord-ouest du pays sont peut-être demeurées libres de glace. Dans ses parties centrales, la nappe glaciaire des Laurentides dépassait probablement 12 000 pieds d'épaisseur; elle s'est amincie progressivement vers les bords et n'était pas assez épaisse le long de l'île de Baffin et des côtes orientales du Labrador pour empêcher les plus hautes montagnes d'émerger sous forme de nunataks. Des faits nouveaux viennent s'ajouter, démontrant que même les bandes côtières de basse élévation sont demeurées libres de glace quand elles étaient en bordure de hautes montagnes le long de ces côtes.

La carte montre le rapport entre la situation des glaciers actuels et la limite extérieure de la nappe glaciaire continentale à l'apogée des âges glaciaires. Aucun glacier ne se trouve aujourd'hui à l'extérieur de cet-

te limite. Si la température allait se refroidir durant une assez longue période, les glaciers actuels s'étendraient et commenceraient à se souder pour former des calottes glaciaires. C'est ce qui est certainement arrivé au début de chaque glaciation. Toutefois, à mesure que le refroidissement du climat abaisserait la limite régionale des neiges, un phénomène encore plus important se produirait: les hautes terres du Labrador et de l'Ungava, de l'île de Baffin et de Keewatin deviendraient simultanément de vastes réservoirs de neige. De grandes nappes glaciaires se formeraient dans ces régions et joueraient un rôle beaucoup plus important que celui des montagnes de la côte orientale. De même, à la fin de chaque âge glaciaire, quelques-uns des derniers vestiges des nappes glaciaires se trouvaient dans les régions centrales de ces vastes étendues des hautes terres: c'est ce qui est arrivé au Labrador, dans l'Ungava, et dans le district de Keewatin il y a environ 7 000 ans, alors que la désagrégation de la calotte glaciaire de l'île de Baffin s'est effectuée beaucoup plus lentement et elle n'est pas encore terminée (la lente résorption actuelle de la calotte Barnes en fait foi).

L'étude des glaciers

L'étude des glaciers a quelque chose de particulièrement captivant et de passionnant; en plus de provoquer un affrontement entre la raison et les secrets de la nature, il y a aussi le fait qu'une telle étude comporte des risques même physiques qu'on ne saurait impunément sous-estimer. L'étude scientifique de la glaciologie se fait sur plusieurs fronts: bien que nos connaissances purement géographiques de la glace et de la neige du Canada soient très incomplètes, la glaciologie réunit un éventail de disciplines et la collaboration du physicien, de l'ingénieur, du mathématicien, du botaniste, du géologue et du géographe est absolument nécessaire. Même



Le trait noir continu indique l'étendue maximum des glaces en Amérique du Nord durant les périodes glaciaires. Les zones et les points noirs montrent les régions actuellement recouvertes par les glaciers.

si nos connaissances des particularités des glaciers du Canada sont encore relativement peu approfondies, l'étude combinée de la géomorphologie, de la glaciologie et de la climatologie a connu beaucoup de succès. Mieux nous connaissons les particularités des glaciers actuels et leur influence sur le climat, mieux nous pourrions interpréter la topographie buri-

née par les anciens glaciers continentaux. Et réciproquement, une connaissance plus approfondie de l'histoire des glaciations passées ne peut qu'aiguiser notre perspicacité dans l'interprétation des particularités glaciaires d'aujourd'hui. Ces deux conceptions ont toutefois marché de pair d'une façon trop rigide à diverses occasions. La plupart des glaciers du Ca-

nada sont des glaciers de montagne et de vallée, alors que les époques glaciaires sont caractérisées par l'inlandsis ou grands glaciers continentaux. C'est une des raisons pour lesquelles les masses glaciaires situées sur des plateaux, comme c'est le cas de la calotte Barnes, sont de nature à favoriser plutôt des études échelonnées sur une longue période.

Induction mathématique

...et boulets de canon

par Raoul DUCHESNE

L'induction mathématique est devenue une forme de démonstration de plus en plus à la mode. Cela tient sans doute à ce que le procédé sait joindre l'élégance à la rigueur. Au temps de Henri Poincaré, (1854-1912), on parlait plutôt de raisonnement par récurrence. Mais le célèbre mathématicien de Nancy ne désavouerait certainement pas la fière allure des démonstrations proposées aux étudiants d'aujourd'hui.

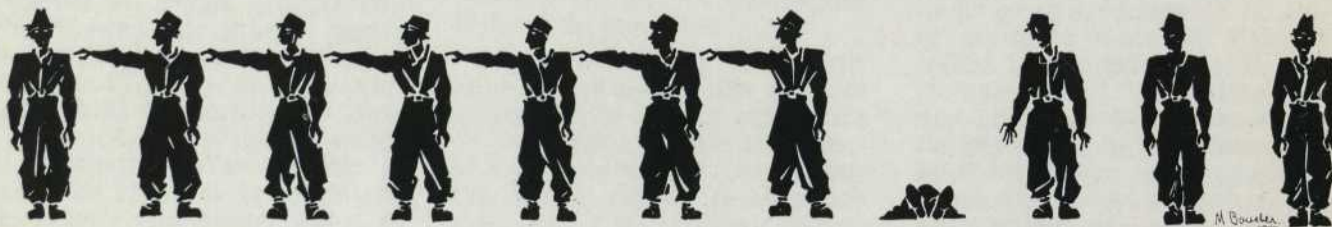
Fondement logique

C'est le rôle de la logique d'établir les lois du raisonnement. Elle reconnaît deux formes de raisonnement bien caractérisées: la *déduction*, qui aboutit à une conclusion certaine à partir d'un principe général, et l'*induction*, qui aboutit à une conclusion plus ou moins certaine à partir d'observations portant sur des faits particuliers.

La mathématique utilise ces deux formes de raisonnement selon les besoins. Si je démontre, par exemple, que la somme des trois angles intérieurs d'un triangle est égale à deux angles droits, à partir du principe que des angles adjacents qui sont supplémentaires ont leurs côtés extérieurs en ligne droite, je fais un raisonnement déductif. Tandis que si j'observe que la somme des deux premiers nombres impairs 1 et 3 est égale à $(2)^2$, que $1 + 3 + 5 = (3)^2$, que $1 + 3 + 5 + 7 = (4)^2$, et qu'à partir de ces cas particuliers, puisqu'il en va ainsi indéfiniment, je conclus que la somme des n premiers nombres impairs est égale à $(n)^2$, je fais un raisonnement inductif.

L'auteur, Raoul Duchesne, c.s.v., B. Sc., est professeur de mathématiques au Collège de Joliette. Les deux figures sont du P. Max. Boucher, c.s.v., Dipl. des Beaux-Arts, professeur et directeur du studio d'Art au Collège de Joliette.

Figure 1



Mais disons tout de suite que le processus inductif utilisé en mathématique est fort différent de l'induction de style empirique qui préside à la recherche dans les sciences humaines et dont les conclusions n'ont que valeur de probabilité. La rigueur mathématique s'impose ici comme ailleurs. Des précautions seront prises pour que notre raisonnement inductif débouche sur une conclusion certaine, tout comme s'il s'agissait d'un raisonnement déductif.

D'où l'existence d'un postulat qui entend bien limiter le processus inductif aux seuls ensembles discrets de la forme $1, 2, 3, \dots, n$, munis d'une relation d'ordre strict.

Ce qui comporte:

- a) un premier élément reconnu comme chef de file;
- b) ce premier élément a un successeur « naturel », c'est-à-dire séparé de lui par l'intervalle unitaire, qui lui-même est suivi d'un troisième, par la même loi de succession. Et il en va de même pour tous les éléments de l'ensemble considéré.

Le dessin de la rangée de soldats (figure 1), illustre cette condition. Il est facile de saisir que si la rangée est complète et bien ordonnée, l'alignement sur le premier pourra se faire sans complication; mais il suffit d'une seule défection dans la rangée pour compromettre la manoeuvre.

Il pourra en être ainsi dans une loi de récurrence appliquée mal à propos. C'est précisément le rôle du postulat de prévenir ce genre de défection. Dès qu'il est établi qu'il n'y a pas de trouée dans l'ensemble d'application, le raisonnement inductif ne saurait faillir à sa conclusion.

Le problème des boulets de canon

N'insistons pas davantage sur ce que l'on pourrait appeler le mérite de la preuve, en termes de plaidoirie, et venons-en au fait. Il s'agit du problème classique des « boulets de canon » (figure 2) que les manuels récents ont le bon goût de conserver, même s'il est relégué au grenier des exercices spéciaux, suivant l'expression de Jean Dieudonné.

La disposition des boulets en une pyramide triangulaire était encore utilisée au cours des siècles derniers, non pas pour évoquer la civilisation des Egyptiens ou des Aztèques, mais pour remiser proprement un matériel encombrant et pour obtenir une computation facile. La formule qui permet d'obtenir le nombre de boulets ainsi disposés est :

$$\frac{n(n+1)(n+2)}{6}$$

où « n » représente le nombre de boulets formant le côté du triangle équilatéral de base.

Pour établir cette formule, il faut d'abord observer que chaque couche est formée de rangées parallèles comprenant 1, 2, 3, ..., n boulets, conformément à la progression arithmétique des entiers naturels. La somme des boulets formant une couche sera donc obtenue par la formule de Gauss :¹

$$\frac{n(n+1)}{2}$$

Nous constatons de plus en plus que le nombre de couches s'élevant en pyramide correspond au nombre de boulets formant la plus longue rangée de la couche de base. En somme, la pyramide est régulière, voire même équilatérale. C'est le tétraèdre parfait où les trois faces triangulaires sont égales à la base du solide.

Si la pyramide est complète, le nombre de boulets qu'elle contient correspond à l'ensemble des sommes partielles constituées par les couches successives ; ce qui donne la suite :

$$1 + 3 + 6 + 10 + 15 + \dots + \frac{n(n+1)}{2}$$

En termes de *sommation*² on écrira : $\sum_{k=1}^n \frac{k^2+k}{2}$

1. On raconte que Carl Friedrich Gauss, grand mathématicien allemand (1777-1855), à l'âge de neuf ans et au grand étonnement de la « schullehrere », aurait calculé en un tournemain la somme des entiers de 1 à 100, sans doute en utilisant à sa façon la formule qui porte son nom. En choisissant les nombres équidistants des extrêmes, on obtient des paires de nombres dont la somme est constante et égale à (n+1). Il suffit donc de multiplier ce nombre par n/2 pour obtenir la somme complète des « n » premiers nombres entiers.

2. On appelle « sommation » l'opération qui consiste à additionner les termes d'une suite indéfinie de nombres. L'opération est notée Σ (sigma majuscule), lettre grecque qui correspond au S de la somme. Au lieu d'écrire : $1 + 2 + 3 + \dots + n$, soit la somme des n premiers nombres entiers, on écrit en abrégé Σn .

De façon plus précise, on écrira $\sum_{k=1}^n k$, k désignant l'ensemble des entiers énumérés consécutivement de 1 à n.

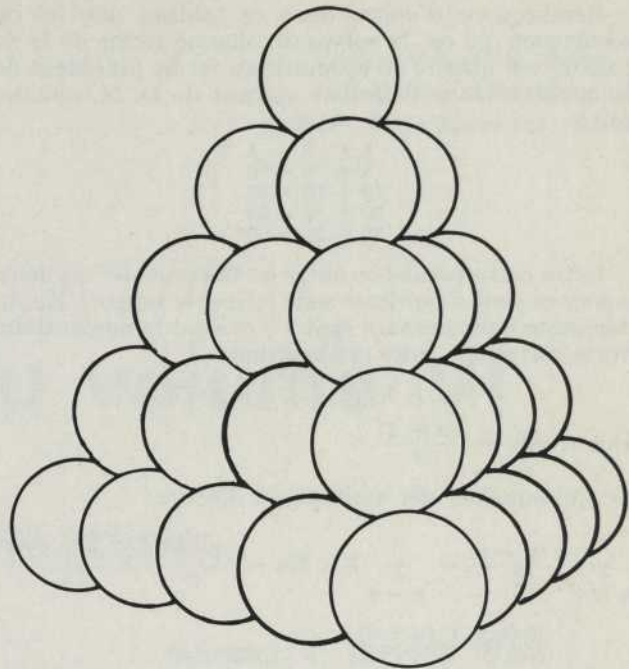


Figure 2

Les propriétés additives des polynômes nous permettent d'écrire :

$$\sum_{k=1}^n \frac{k^2+k}{2} = \frac{1}{2} \left[\sum_{k=1}^n k^2 + \sum_{k=1}^n k \right]$$

en appliquant des formules prises dans les tables nous obtiendrons :

$$\frac{1}{2} \left[\frac{n(n+1)(2n+1)}{6} + \frac{n(n+1)}{2} \right] = \frac{n(n+1)(n+2)}{6}$$

et le tour serait joué. Mais la saine pédagogie interdit les procédés magiques où l'étudiant ne voit que du feu. Il est donc préférable de faire une mise en scène claire et précise sous forme de tableau et d'établir la formule par une loi de récurrence ou d'induction mathématique.

N	Σk	$\Sigma \frac{k(k+1)}{2}$	$K_n = \frac{\Sigma \frac{k(k+1)}{2}}{\Sigma k}$
1	1	1	3/3
2	3	4	4/3
3	6	10	5/3
4	10	20	6/3
5	15	35	7/3
6	21	56	8/3
...
k	$\frac{k(k+1)}{2}$?	$\frac{k+2}{3}$
k+1	$\frac{(k+1)(k+2)}{2}$?	

Remarquons d'abord dans ce tableau une loi de récurrence qui est la suivante: chaque terme de la 3e colonne est obtenu en ajoutant au terme précédent de la même colonne l'élément suivant de la 2e colonne, soit:

$$\begin{aligned} 1 + 3 &= 4 \\ 4 + 6 &= 10 \\ 10 + 10 &= 20 \\ 20 + 15 &= 35 \\ 35 + 21 &= 56 \end{aligned}$$

Cette correspondance entre les éléments de ces deux colonnes peut s'exprimer sous forme de rapport K_n de dénominateur commun égal à 3 et dont le numérateur varie suivant la suite arithmétique

$$3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots, (n + 2).$$

$$\text{Donc: } K_n = \frac{(n + 2)}{3}.$$

Ce qui nous permet maintenant d'écrire:

$$\sum_{k=1}^n \frac{k(k+1)}{2} = \sum_{k=1}^n k \times K_n = \frac{n(n+1)}{2} \times \frac{(n+2)}{3} = \frac{n(n+1)(n+2)}{6}.$$

Cette première démarche nous suggère une formule déjà prometteuse puisqu'elle s'applique fort bien aux premiers éléments de la suite. Mais, en bonne logique, nous devons demander si elle tiendra le coup indéfiniment, c'est-à-dire si elle peut s'appliquer tout aussi bien à tous les éléments de l'ensemble. Pour nous en assurer, nous lui ferons subir l'épreuve de force qui peut être considérée comme la clef de voûte de tout l'édifice de la démonstration. Cette seconde démarche consiste en l'application de la propriété inductive au niveau du terme général. Si la loi de récurrence observée à partir des premiers éléments d'une suite s'avère également valable lorsque nous en faisons l'application à un terme de rang quelconque, nous pouvons conclure à la validité du processus dans son ensemble. Une telle consistance ne saurait être prise en défaut.

Il en est ainsi dans le cas de notre formule $\frac{n(n+1)(n+2)}{6}$.

La loi de récurrence observée dans le tableau se vérifie adéquatement au niveau du terme général. La colonne des additions énumérées à la suite de ce tableau peut être complétée comme suit: en addition-

nant $\frac{k(k+1)(k+2)}{6}$, terme de rang k de la troisième colonne, à $\frac{(k+1)(k+2)}{2}$, terme de rang $(k+1)$ de la deuxième colonne, nous obtenons bien $\frac{(k+1)(k+2)(k+3)}{6}$, tel qu'attendu comme terme de rang $(k+1)$ dans la troisième colonne et obtenu en substituant $(k+1)$ à k dans $\frac{k(k+1)(k+2)}{6}$.

La formule est donc exacte pour toute valeur de n appartenant aux entiers naturels. Les boulets de canon seront bien comptés, quelle que soit l'immensité de la pyramide.

Conclusion

Le fait de déboucher, tout comme la déduction, sur une conclusion certaine, fait de l'induction mathématique un être à part dans les classifications du raisonnement proposées par les logiciens. La plupart d'entre eux ne se font pas faute de la rattacher à la logique déductive, tout en déplorant l'appellation malheureuse qui laisse voir une contradiction dans les termes et révèle une certaine anicroche aux lois de la division. On ne saurait les en blâmer puisque tout le processus repose sur une généralisation en dernière analyse. Mais, de grâce, qu'on n'aille pas l'assimiler à la déduction pure et simple pour autant! Ce serait méconnaître ce « petit quelque chose » qu'elle apporte: le fait de retenir la pensée sur le plan individuel avant de passer au général et de l'entraîner vers la conclusion en cadence, à un rythme de la plus rassurante régularité. Cet aspect de marche au ralenti « humanise » en quelque sorte la rigueur du raisonnement, tout en lui conservant sa vigueur. Il laisse à l'esprit le temps voulu pour démonter le mécanisme de la démonstration, pour en examiner les rouages, si bien que le résultat obtenu ne tient pas seulement du « tout cuit », mais donne l'impression de la découverte personnelle. Ce qui expliquerait, pour une bonne part, la faveur particulière dont jouit cette forme de démonstration dans la mathématique d'aujourd'hui.

Bibliographie

- HOGBEN, Lancelot. *L'Univers des Nombres*. Ed. du Pont-Royal, Paris, 1962.
- FISHER, R. and A. ZIEBUR. *Algebra and Trigonometry*. Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, New Jersey, 1960. Manuel traduit en français par un groupe de professeurs, adapté par Gabriel Leyder, chez Beauchemin, Montréal, 1964, révisé en 1966.

Six volumes complets

Le 6e volume du JEUNE SCIENTIFIQUE se termine avec ce numéro de mai 1968. Vous trouverez dans ce présent numéro, en supplément, le sommaire du 6e volume sur un feuillet de quatre pages.

Nous espérons vous compter parmi nos lecteurs du septième volume, à partir du prochain numéro, octobre 1968, et nous vous remercions de votre aimable intérêt.

Postes à pourvoir dans les pays francophones de l'Afrique année scolaire 1969-1970

Le Bureau de l'Aide extérieure du gouvernement canadien sollicite des demandes de la part de professeurs aux niveaux de l'enseignement secondaire, de l'école normale et de l'université.

Nous désirons recruter surtout des professeurs de mathématiques, de sciences, de français et d'anglais ainsi que de l'enseignement spécialisé. La durée du contrat est pour une période de deux ans.

EXIGENCES : licence ou Brevet « A » et Baccalauréat; au moins quatre années d'expérience dans l'enseignement; citoyenneté canadienne; bonne santé, maturité, facilité d'adaptation; langage soigné.

RETRIBUTION : traitement au moins égal au salaire actuel; indemnité de service à l'étranger.

INSCRIPTION : avant le 1er octobre 1968. *Bureau de l'Aide extérieure, Division de l'Education, 75, rue Albert, Ottawa 4, Ontario.*

Fin du 6e volume

Le 6e volume du JEUNE SCIENTIFIQUE se ferme avec cette livraison de mai 1968.

Une quarantaine de scientifiques, d'étudiants spécialisés, de professeurs et chercheurs, ont généreusement contribué à la rédaction comme à l'illustration de cet ouvrage.

Le 6e volume est terminé.

Les huit numéros de l'année scolaire 1967-68 vous ont apporté un album de 192 pages illustrées contenant une source variée d'information scientifique.

Le 7e volume, celui de l'année scolaire 1968-69, est déjà en préparation et nous espérons de nouveau vous compter parmi nos fidèles lecteurs et propagandistes.

Nous vous remercions de votre amical intérêt et, en votre nom, nous disons notre reconnaissance à tous nos dévoués et savants collaborateurs.

Si LE JEUNE SCIENTIFIQUE vous a intéressé, si vous y avez puisé de nouvelles connaissances, pourquoi ne pas le présenter à vos amis, à vos étudiants?

Demandez la « Liste de nos publications », des formules d'abonnements, et participez à la diffusion d'une revue d'information scientifique que vous avez maintenant adoptée.

LE JEUNE SCIENTIFIQUE

case postale 391

JOLIETTE, P.Q.

