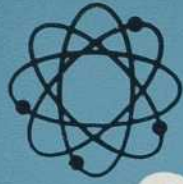


5

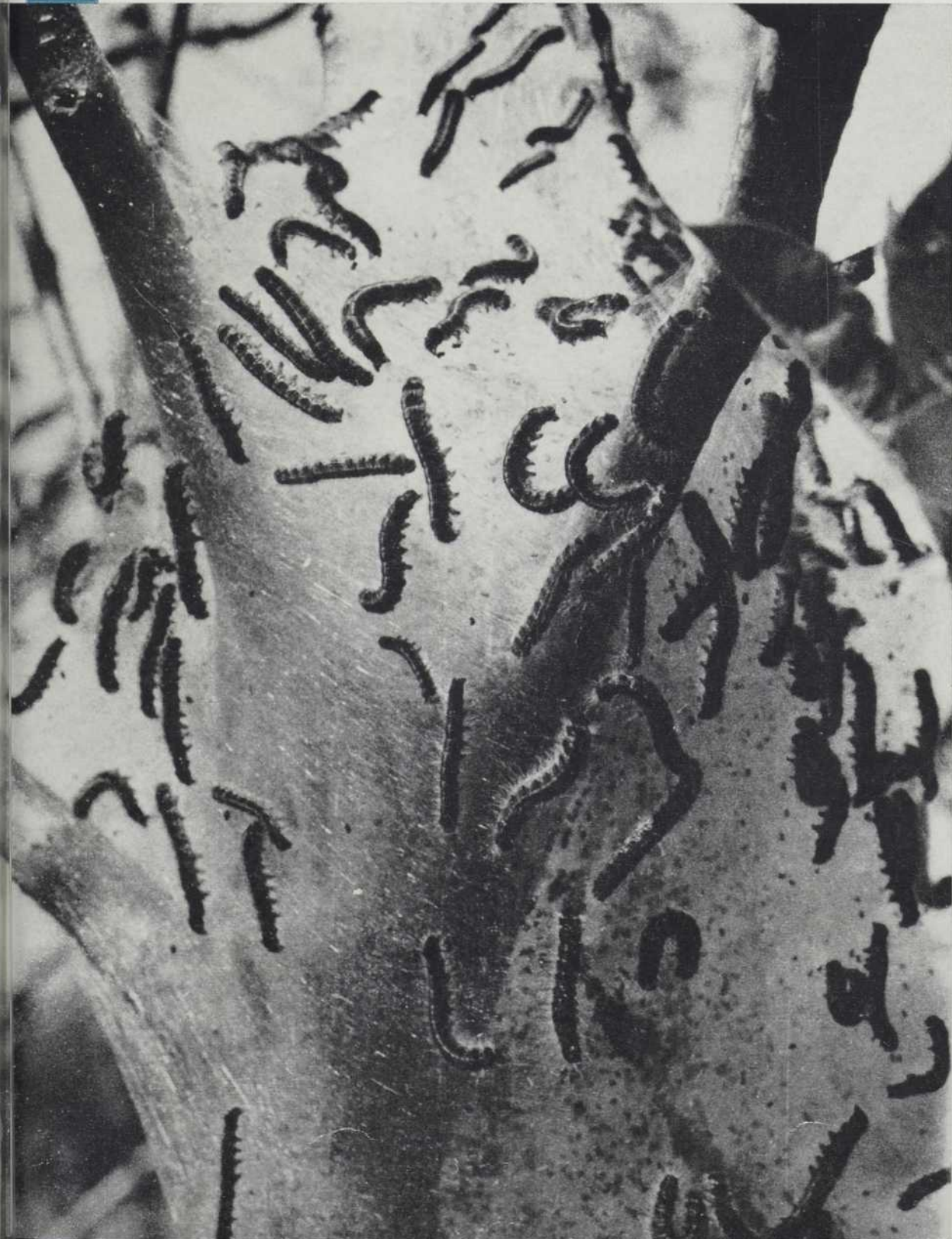
B.S.S.

J-69



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 4
NUMÉRO 5
FÉVRIER 1966



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Le Jeune Scientifique paraît huit fois par année, d'octobre à mai. C'est une revue de vulgarisation scientifique pour les jeunes publiée par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS).

RÉDACTION

Léo Brassard
directeur

Roger H. Martel
secrétaire de la rédaction

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Yves Desmarais
président

Réal Aubin
Jean-M. Beauregard
Léo Brassard
Roger-H. Martel
Jean-Louis Meunier
Guy Paquette
Roland Prévost

COMITÉ DE RÉDACTION

Réal Aubin
Jean-R. Beaudry
Jean-Pierre Bernier
Michel Brochu
Raymond Cayouette
Richard Cayouette
Louis-Philippe Coiteux
Pierre Couture
Gérard Drainville
Jean-Paul Drolet
Jean-Guy Fréchette
Olivier Garon
Guy Gavrel
Rosaire Goulet
Olivier Héroux
Serge Lapointe
Michel-E. Maldague
Alphée Nadeau
Paul-H. Nadeau
Raymond Perrier
Jacques Vanier

Tarif des abonnements

Abonnement individuel, un an : \$3.00. Abonnement de groupe-étudiants, soit 15 abonnements et plus à une même adresse : \$2.00 chacun. Vente au numéro : individuel, 45 cents; groupe-étudiants, 35 cents. Abonnement à l'étranger : 3.50 dollars canadiens.

Adresses

Direction : case postale 391, Joliette, Qué., Canada, (Collège de Joliette). Tél. : code régional 514 — 753-7466.
Abonnements : case postale 6060, Montréal 3, Qué., Canada. Tél. : code régional 514 — 342-1411.

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, 1966.
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 Montréal.

Imprimé aux ateliers de l'Imprimerie Nationale, Joliette.

Volume IV, no 5

février 1966

S O M M A I R E

- 97 Les "Chenilles à tente"
- 100 Le courant de Cromwell dans le Pacifique
- 104 Quelques notions d'astronautique: les "lois de la mécanique céleste", la trajectoire des satellites, etc.
- 108 Les tremblements de terre au Canada
- 118 Une carrière dans l'industrie minérale?
- 119 Comment furent nommés les éléments chimiques

Photo-couverture : une colonie de larves ou « chenilles » appartenant à l'espèce *Malocosoma americana* ou *Livrée d'Amérique*. Au stade de l'adulte, cet insecte est un petit papillon qui passe inaperçu, mais au stade larvaire, la chenille a mauvaise réputation. Le nom de « Chenille à tente » lui a été donné à cause de cette habitude qu'ont les larves de tisser une toile entre les branches d'un arbuste ou d'un arbre. Le premier article de ce numéro décrit et illustre l'histoire de cet insecte nuisible. (Photo de Louis-Philippe COITEUX, Sherbrooke.)

A gauche, de haut en bas, figures 1, 2 et 3 : une « bague » ou anneau recouvrant des oeufs de Chenilles à tente; les oeufs ouverts et les jeunes chenilles commençant à circuler sur le rameau; les jeunes chenilles produisant les premiers fils de soie. — En hiver, il est facile de trouver ces « bagues » et d'en faire éclore les oeufs en laboratoire.

Les "Chenilles à tente"

par L.-Philippe COITEUX

Qui n'a eu l'occasion d'observer l'un de ces « nids » de chenilles qui abondent partout au printemps, dans les vergers, dans les bosquets, à la limite des jardins et des routes de campagne ?

A chaque retour de la belle saison, ces chenilles réapparaissent sans que rien ne laisse prévoir leur retour. Ces quelques observations illustrées ont pour but de vous aider à découvrir comment cet insecte naît, vit et se perpétue. Nous suivrons donc l'un de ces « nids » dans son évolution afin d'en déceler les secrets.

Hibernation et éclosion

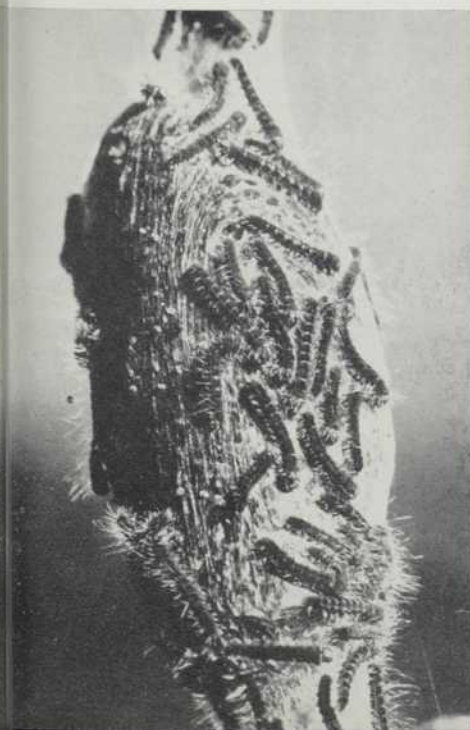
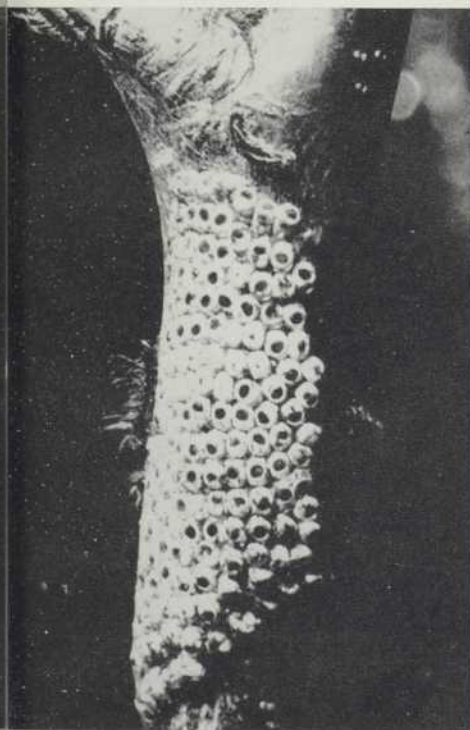
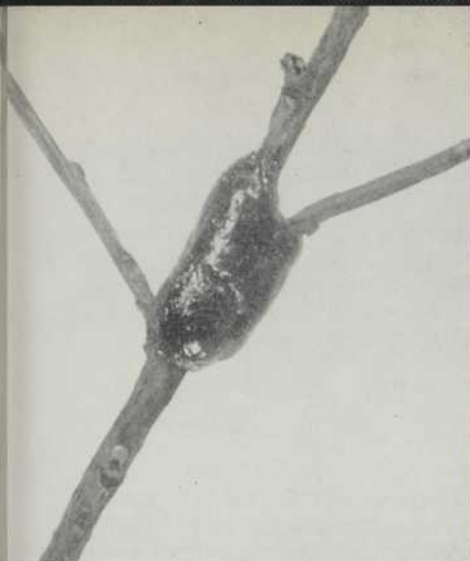
Au cours de l'hiver ou tôt au printemps, si vous avez la curiosité d'examiner soigneusement des branches de pommiers ou de cerisiers sauvages, vous aurez vite fait de découvrir de petites masses d'oeufs, posées comme des bagues ou des anneaux autour des rameaux et ramilles. (Voir figure 1). Ces anneaux, qui semblent enduits d'un vernis protecteur, renferment de cent à trois cents oeufs accolés les uns aux autres.

Ces oeufs ont été pondus par les papillons femelles au cours

du mois de juillet de l'année précédente. Chacun de ces oeufs renferme un embryon qui s'est complètement développé au cours de l'été et de l'automne qui ont suivi.

L'éclosion se fait vers la mi-avril, ou plus ou moins tard, suivant la région. Dès que les rayons du soleil se font plus chauds et que la sève commence à gonfler les bourgeons, les embryons percent la coquille des oeufs et apparaissent sous la forme d'une minuscule chenille de 2 à 3 millimètres de longueur. (Voir figure 2).

La première activité de la chenille est d'arpenter le nid en sécrétant un liquide qui, en séchant, donne un fil de soie (figure 3). Peu après l'éclosion, elles émigrent vers l'une des fourches basses de l'arbre où elles construisent une « tente » — d'où leur nom — pour s'abriter contre les intempéries et le froid. (Figure 4). Comme ces chenilles sont grégaires, la couvée entière et même parfois deux ou trois couvées se trouvant sur un même arbuste se réunissent pour ne former qu'une seule tente qu'elles agrandissent au fur et à mesure de leur croissance.





De haut en bas, figures 4, 5 et 6 : construction de la première « tente »; jeunes chenilles se nourrissant des premières feuilles; un « cocon » de Chenille à tente.



Croissance

Chaque matin ensoleillé, et cela pendant 5 ou 6 semaines, les chenilles quittent l'abri pour se diriger vers les extrémités des branches où se trouvent les bourgeons et plus tard les jeunes feuilles. (Figure 5). Chacune prend soin, en s'éloignant du nid, de tisser un fil qu'elle suivra fidèlement lors du retour à la tente. Il est à noter qu'au cours des journées pluvieuses ou froides, les chenilles ne quittent pas la tente. Ainsi un printemps pluvieux et froid apportera un retard considérable à la croissance de cet insecte.

Chrysalide et papillon

Lorsque les chenilles ont atteint leur taille maximum (environ 45 à 50 mm), elles cessent de se nourrir et une autre étape de leur métamorphose va débiter. Elles quittent alors le nid à la recherche d'un abri propice à la fabrication de leur « cocon ». Cet abri peut être une fente dans l'écorce d'un arbre, un recoin sous un escalier, etc. La chenille tisse alors une petite cellule dans laquelle elle s'emprisonne. (Figure 6). Pendant les dix à quinze jours qui suivent, selon la température, une transformation radicale s'effectue. La chenille se transforme d'abord en « chrysalide » puis en papillon.

Lorsque le papillon est formé, il perce une ouverture dans la paroi du cocon et quelques heures après avoir émergé du cocon, soit le temps nécessaire pour durcir ses ailes, il s'envole pour la première fois. Quelques jours plus tard, les papillons s'accouplent et les femelles déposent leurs oeufs sur les rameaux. Après la ponte, les papillons disparaissent, sans dou-

te victimes de nombreux prédateurs qui les entourent. Si ce n'était des ravages laissés sur les arbres-hôtes, ainsi que les vestiges des tentes en lambeaux, on serait porté à oublier pour le reste de la saison l'existence de cet insecte.

Insecte nuisible

Il est évident que cet insecte est très nuisible et, de plus, le cycle de son invasion est assez régulier. Nous n'avons pas l'intention de relater ici toutes les invasions de chenilles à tente que le pays a connues depuis cinquante ans; en consultant quelques ouvrages mentionnés en bibliographie vous pourrez satisfaire votre curiosité à ce sujet. Cependant, nous vous mentionnerons un seul exemple: en 1913, il y eut tant de chenilles migrant d'un arbre à l'autre que les trains de la ligne Gatineau du Pacifique Canadien ont été arrêtés par des millions de chenilles dont les corps écrasés recouvraient les rails. Une telle couche de cette graisse... faisait tourner les roues sur place!

Classification

Les taxonomistes classent les chenilles à tente dans la famille des *Lasiocampidae* et dans le genre *Malacosoma*. Ici, au Québec, on retrouve deux principales espèces de *Malacosoma*, appelées aussi « Livrées ». Ce sont les *Malacosoma americana* ou « Livrées d'Amérique » et les *Malacosoma disstria* ou « Livrées des forêts ». Ces deux espèces ont des moeurs assez semblables, à quelques exceptions près.

Le Tableau I vous permettra de les distinguer facilement.

Prévention et répression

Il est assez facile de contribuer à la prévention de ces invasions de chenilles. Le moyen le plus simple est de visiter,

l'automne ou au cours de l'hiver, les arbustes du verger ou du fond du jardin et, avec un sécateur, de couper les rameaux ou branches portant des masses d'oeufs et de les brûler.

La méthode qui consiste à faire flamber les tentes au moyen d'une torche risque d'être peu efficace, si les chenilles sont en train de manger. De plus, on endommage inutilement les arbres. Le moyen le plus efficace est d'arroser les arbres infestés au moyen d'une solution de DDT à 6%. On peut aussi se procurer un feuillet indiquant les méthodes de prévention des chenilles à tentes en s'adressant au Service de l'Information du ministère de l'Agriculture, à Québec.

Bibliographie

COMSTOCK, John Henry, *An Introduction to Entomology*, pp. 728-731, Comstock Publishing Associate, Ithaca, N. Y., 1960.

DAVIAULT, Lionel, Ph. D. *Les Livrées*. Circulaire no 28, Bureau d'Entomologie, Ministère des Terres et Forêts, Québec, 1950.

GAUTHIER, Georges. *Lutte aux chenilles à tente*, Service de l'Information et des Recherches, feuillet 41-1953, Ministère de l'Agriculture, Québec.

LUTZ, Frank E., Ph. D. *Field Book of Insects*, pp. 188-191, G.P. Putnam's Sons, N. Y., 1948.

ROSS, H. H. *A Text-Book of Entomology*, pp. 364-365, General Publishing Co., Ltd, Toronto, 1963.

SCHAFFNER, J. V., jr. *Tent Caterpillars*, Tree pest leaflets, no 5, Committee of Tree Pest Leaflets, Society of American Foresters, Hillsboro, N. H., 1950.

SWAIN, Ralph B., Ph. D. *The Insect Guide*, pp. 102-104, Double day and Co., Inc., N. Y., 1948.

Tableau I Les deux espèces de chenilles à tente ou « Livrées » du Québec

Critère	Livrée d'Amérique	Livrée des forêts
Oeuf	Masse aux arêtes arrondies.	Masse aux arêtes anguleuses.
Chenille	Couleur brun sombre, ligne dorsale continue et blanche.	Couleur bleu pâle, ligne dorsale par points blancs.
Nid	Tente dans une fourche d'arbre ou d'arbuste.	Tente absente, tapis de soie recouvrant les branches.
Cocon	Dans une crevasse.	Dans une feuille enroulée.
Papillon	De couleur rouge-brun sombre, deux lignes transversales blanches ou jaunâtres sur les ailes antérieures.	De couleur brun clair, deux lignes foncées sur les ailes antérieures.
Plante-hôte	Pommiers, cerisiers et toutes les plantes de la famille des Rosacées.	Bouleaux, peupliers, trembles, érables.



Fig. 9
Le papillon ou la *M. americana* adulte.



Fig. 10
Le papillon de *Malocosoma disstria*.



Fig. 7
La Livrée d'Amérique ou *Malocosoma americana* à son stade de chenille complètement développée.

Fig. 8
La Livrée des forêts ou *Malocosoma disstria* au stade de chenille développée.



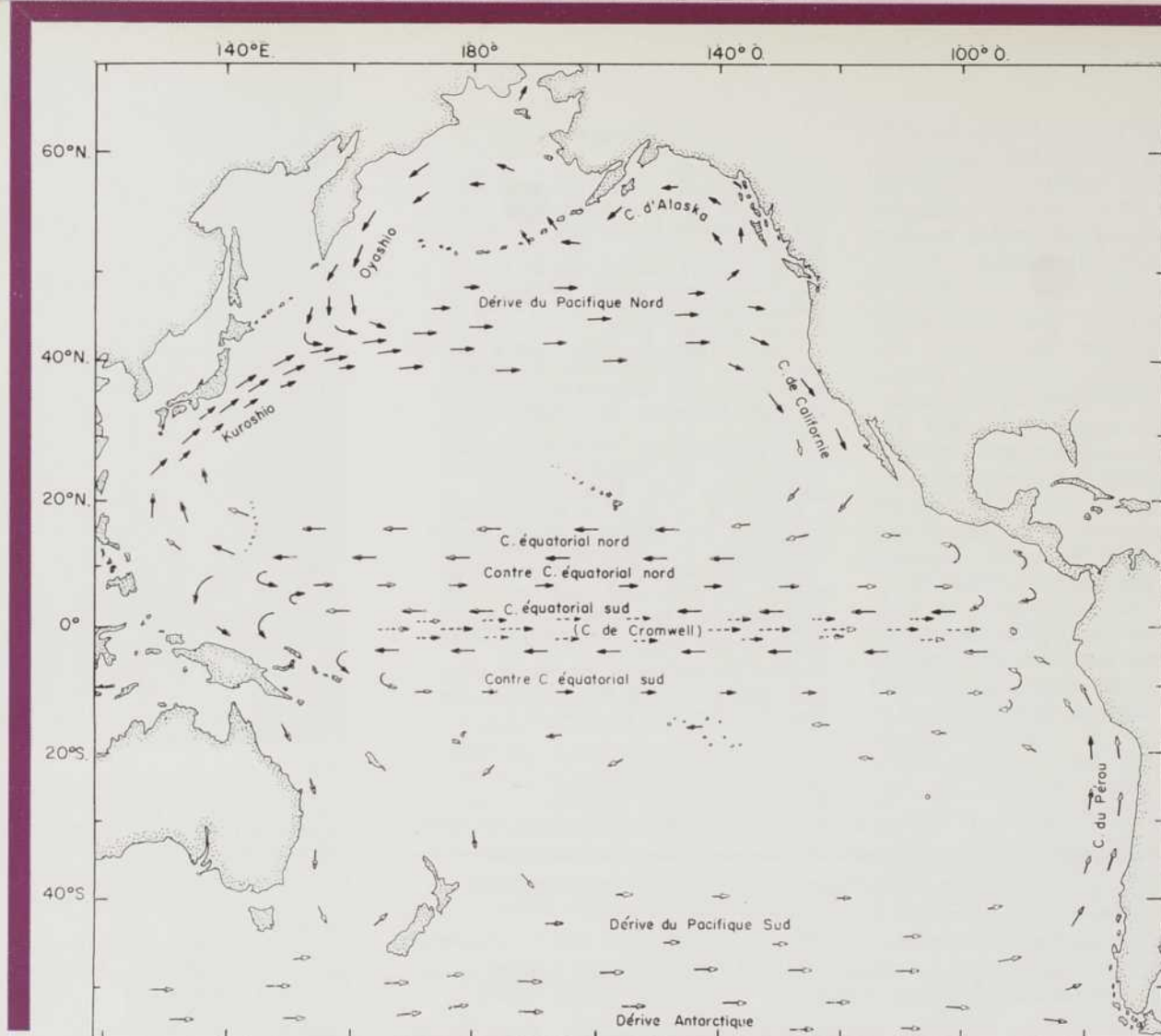


Figure 2
Les courants de surface du Pacifique (d'après Pickard). Le courant de Cromwell coule sous l'équateur et est indiqué par des flèches pointillées.

Le Courant de Cromwell dans le Pacifique

par Paul H. LEBLOND

Septembre 1951. Au sud d'Hawaii, tout près de l'équateur. Sur le « Hugh H. Smith », navire de recherches du U.S. Fish and Wildlife Service, on pêche le thon, comme on l'a fait tout l'été dans diverses régions du Pacifique. Un relevé est en cours en vue d'évaluer la richesse poissonneuse du grand océan et d'en déterminer les zones les plus propices à la pêche commerciale. C'est un projet de grande importance économique, et le jeune océanographe en charge de l'expédition, Townsend Cromwell, projette aussi d'établir des corrélations entre les conditions océanographiques et l'importance des prises effectuées.

Découverte

Cromwell remarque ce jour-là que les longues lignes servant à la pêche au thon sont attirées assez fortement vers l'est. Etant donné que les courants marins sont d'habitude plus intenses en surface qu'en profondeur, il lui paraît d'abord raisonnable de conclure que le « Hugh M. Smith »,

en plein courant équatorial sud (voir figures 1 et 2), dérive vers l'ouest plus vite que les lignes et les appâts. Pourtant la violence avec laquelle les longues lignes dévient vers l'est, le laisse songeur, d'autant plus que l'angle de déflexion augmente brusquement lorsque la longueur des lignes dépasse 50 mètres. La vitesse du courant équatorial sud doit dimi-

nuer rapidement à cette profondeur... peut-être même le courant change-t-il de direction. Idée absurde ! Nous sommes à plus de 400 kilomètres du contre-courant équatorial le plus près, et aucun courant vers l'est n'a été signalé à l'équateur (figure 2). Pourtant, c'est curieux : il faudra revenir voir, mieux équipés.

Cromwell revint en effet l'année suivante en tête d'une expédition océanographique destinée à éclaircir le problème. Les résultats, basés sur des mesures précises des courants, se révélèrent au delà des spéculations les plus hardies. Sous l'équateur, entre 25 et 200 mètres de profondeur, existait bien un courant sous marin, atteignant une vitesse de 3 noeuds (150 centimètres par seconde), et encore décelable à plus de deux degrés de latitude de chaque côté de l'équateur. D'autres expéditions ont depuis déterminé de façon plus précise les caractéristiques de cet important courant sous-marin, auquel Cromwell avait donné le nom de « Courant sous-marin équatorial » (*Equatorial Undercurrent*), mais qui a été rebaptisé du nom de son découvreur, après la mort de celui-ci lors d'un accident d'avion, en 1958.

Caractéristiques du courant de Cromwell

Quoique la profondeur et l'intensité du courant de Cromwell soient variables dans le temps et l'espace, certaines propriétés moyennes sont clairement identifiables. Le courant a son maximum d'intensité à une profondeur de 40 à 100 mètres, directement sous l'équateur, et sa vitesse y atteint 3 noeuds (figures 3 et 4). Il est de plus à peu près symétrique par rapport à l'équateur, et a une épaisseur d'environ 300 mètres. Il a été observé avec certitude de la longitude des îles Hawaii (150° ouest) à celle des îles Galapagos (91° ouest), soit sur plus de la moitié de la largeur du Pacifique, et certaines observations portent à croire qu'il traverse cet océan presque en entier. Le volume d'eau qu'il transporte est d'environ 30 millions de mètres cube par seconde, ce qui en fait, après le Kuroshio, le second en importance des courants du Pacifique. On aura une meilleure idée de la signification de ces données numériques si l'on note que la vitesse maximum at-

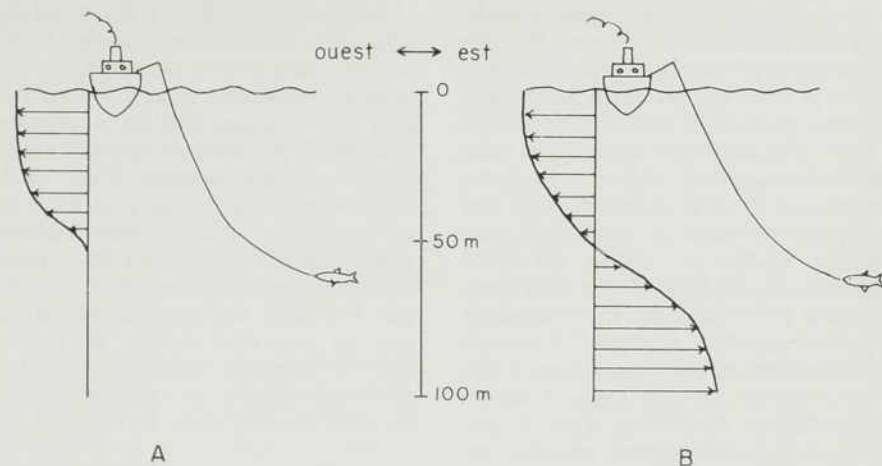


Figure 1

Observation qui a mené Cromwell à soupçonner l'existence d'un courant sous-marin vers l'est, sous l'équateur. Les flèches indiquent la force et la direction du courant. Deux interprétations possibles sont présentées : à gauche (A), une diminution rapide en profondeur du courant de surface ; à droite (B), un courant vers l'est sous le courant de surface.

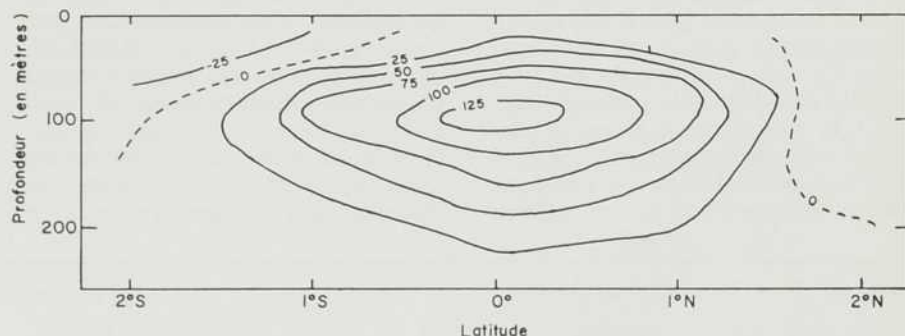


Figure 3

Profil transversal du courant de Cromwell, à 140° ouest, pris du 12 au 18 avril 1958 (d'après Knauss, 1960). Lignes d'égale intensité de courant, en centimètres par seconde. Les valeurs positives dénotent un courant vers l'est, les négatives, un courant vers l'ouest.

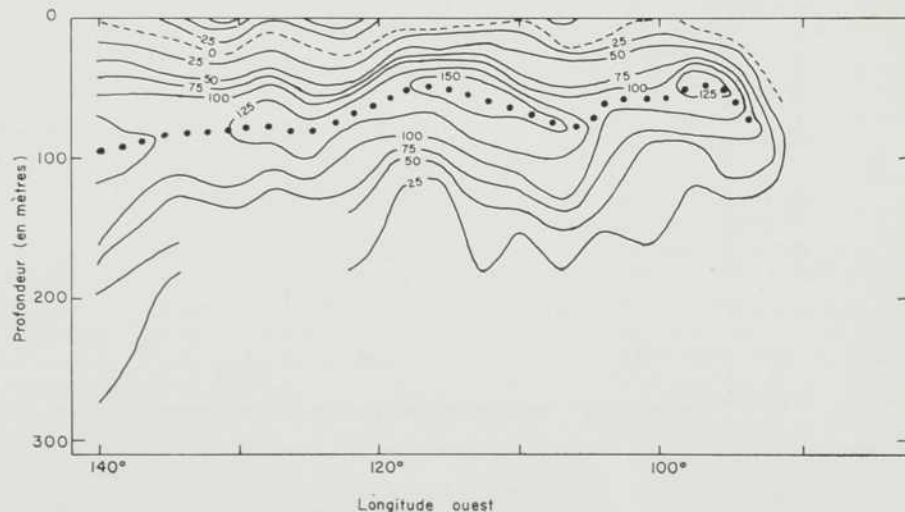


Figure 4

Profil longitudinal du courant de Cromwell, le long de l'équateur (avril-mai 1958, d'après Knauss). Les îles Galapagos sont à 91° ouest. Lignes d'égale intensité de courant, en centimètres par seconde. La ligne pointillée est à la profondeur de la vitesse maximum du courant. Valeurs négatives, courant vers l'ouest ; valeurs positives, courant vers l'est.

teinte par les courants océaniques de surface est d'environ 6 noeuds (300 centimètres par seconde, observés dans le Gulf Stream et le Kuroshio), et que le Gulf Stream transporte de 70 à 100 millions de mètres cube d'eau par seconde. Si l'on se rappelle aussi que la plupart des courants des régions océaniques centrales sont plutôt faibles et diffus (le Gulf Stream et ses équivalents sont forts surtout près des côtes), on constate que le courant de Cromwell, bien que ses dimensions relatives soient celles d'un mince ruban (rapport épaisseur/largeur de moins d'un milliè-
me), prend place parmi les plus importants courants océaniques.

Ce qui se passe aux extrémités du courant reste cependant encore obscur. Comment se forme le courant de Cromwell, près de la Nouvelle Guinée, et d'où provient l'eau qui le nourrit ? Comment peut-il disparaître si rapidement près des îles Galapagos ? On peut élaborer de savantes hypothèses ; tout cela reste spéculatif, sans observations. Il est à souhaiter que quelqu'un trouve bientôt le temps de s'intéresser à l'exploration océanographique de ces régions.

La carte de la figure 2 permet de situer le courant de Cromwell par rapport aux autres courants du Pacifique. Coulant au-dessus, au-dessous et de chaque côté du courant de Cromwell, le courant équatorial sud l'enrobe complètement d'eau dérivant vers l'ouest. Un peu au nord, et au sud, les deux contre-courants équatoriaux coulent vers l'est, mais sont séparés du courant de Cromwell par les eaux du courant équatorial sud. Le plus fort courant du Pacifique, le Kuroshio, coule le long des côtes japonaises, et est l'équivalent du Gulf Stream dans l'Atlantique.

Méthodes expérimentales

Quelles techniques doit-on employer pour mesurer avec précision la vitesse d'un courant marin, loin des côtes et dans un océan de grande profondeur ? Pour évaluer avec précision la vitesse d'un objet il faut disposer d'un point fixe à partir duquel on mesure ses changements de position. Ceci n'est toutefois pas sans difficultés en haute mer, étant donné l'absence de points de référence et l'impossibilité pratique d'y tenir un

navire immobile. En effet, même si on réussit à y ancrer un navire, la longueur du câble servant à l'ancrage dépasse d'habitude de beaucoup la profondeur, et permet au bâtiment d'amples déplacements latéraux.

Néanmoins on a trouvé un moyen ingénieux de contourner cette difficulté. Une sphère de métal, vide et hermétiquement fermée, est créée à quelques mètres sous la surface au moyen d'un lourd bloc de béton. Si la sphère est assez grosse, la poussée verticale due à la force d'Archimède, égale au volume d'eau déplacé, dépassera de beaucoup la force vers le bas due au poids de la sphère et du câble d'ancrage. La sphère étant ainsi attirée vers la surface, le câble est soumis à une forte tension et reste très près de la verticale. Si, de plus, les forces horizontales produites par les courants sur ce système sont beaucoup plus petites que la tension verticale, la sphère ne se déplacera que très peu horizontalement par rapport à la position de l'ancre. On a donc un point quasi-fixe, à quelques mètres de profondeur. Il suffit dès lors d'y attacher une bouée flottante, garnie d'un réflecteur

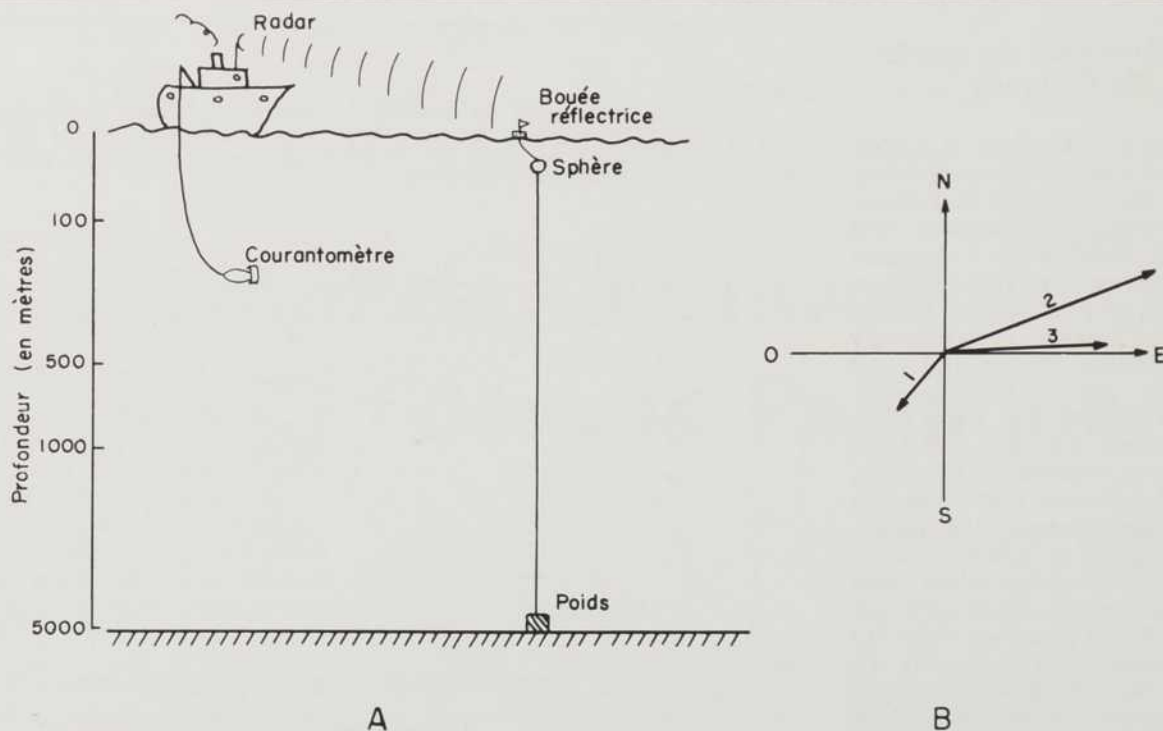


Figure 5
Méthode de mesure de courant à l'aide d'une bouée quasi-fixe ancrée en haute mer.
A. Illustration du système. B. Le courant net (3) est la somme vectorielle* de la dérive du navire par rapport à la bouée (1) et du courant mesuré par le courantomètre (2).

* La somme vectorielle est obtenue en mettant les flèches (1) et (2) bout à bout.

d'ondes de radar, pour en indiquer la position. Mais pourquoi, demandera-t-on, placer la sphère entre deux eaux ? On la soustrait ainsi à l'influence des vagues de surface qui, en la déplaçant verticalement, pourraient augmenter la tension du câble jusqu'au point de rupture.

On voit en figure 5 les détails de ce mode d'ancrage d'un point fixe et la technique décrite par Knauss (1960) pour mesurer la vitesse du courant de Cromwell à l'aide de tels points fixes. Des courantomètres sont suspendus à des profondeurs données sous le bateau et mesurent la force et la direction du courant par rapport à celui-ci. A l'aide du radar on détermine simultanément le mouvement du navire par rapport à la bouée. Le courant net est la somme des deux vecteurs de vitesse.

Les courantomètres consistent en une hélice mue par le courant : le nombre de tours par minute donne la force du courant. La direction est obtenue par comparaison de l'orientation du courantomètre avec celle d'une aiguille aimantée à l'intérieur de celui-ci. Les données sont transmises électriquement à la surface et enregistrées sur papier ou sur ruban magnétique.

Recherche théorique

Il n'existe encore aucune théorie générale du courant de Cromwell, permettant de l'expliquer en entier et d'en comprendre les relations avec les masses d'eau et courants avoisinants. On a déjà constaté le manque d'observations sur lesquelles il faudrait baser une telle théorie. Il est, de plus, avantageux d'essayer de comprendre d'abord certaines parties essentielles avant de se lancer à l'attaque du tout. Quelques ouvrages théoriques se sont penchés sur l'explication de la partie centrale du courant de Cromwell, en négligeant ce qui se passe à ses extrémités et les interactions avec les courants voisins.

Je n'ai pas l'intention de les discuter ici, étant donné le bagage de connaissances en dynamique des fluides nécessaire à leur compréhension. La difficulté de ces théories provient de ce que la composante verticale de la force de Coriolis, qui agit perpendiculairement (à droite dans l'hémis-

phère nord, à gauche dans l'hémisphère sud) sur tout objet en mouvement horizontal à la surface du globe, et est d'une importance primordiale pour la dynamique des courants marins, disparaît à l'équateur. Cette composante est en effet proportionnelle au sinus de la latitude, et devient donc nulle lorsque le sinus = 0. D'autres effets, plus compliqués, entrent alors en jeu dans la balance des forces.

Etant donné la longueur et l'extrême ténuité du courant de Cromwell, il est improbable qu'il s'agisse là d'un jet de fluide ayant sa source quelque part à l'ouest du Pacifique et le traversant presque en entier. Un tel jet serait dissipé et perdrait son identité bien avant d'avoir traversé l'océan. Le courant doit donc être l'oeuvre de forces agissant tout le long de son axe. Il semble en effet possible d'expliquer un tel courant sous-marin par l'action indirecte des vents sur la surface de la mer, en tenant compte de la symétrie par rapport à l'équateur et de la disparition de la composante verticale de la force de Coriolis à cette latitude. Une étude théorique récente par A. Robinson, de Harvard, des courants équatoriaux produits en milieu turbulent par un système de vents du type trouvé dans le Pacifique équatorial donne des résultats assez près de ceux observés pour le courant de Cromwell. De plus, l'application de cette analyse à un système de vents du genre « mousson » semble bien expliquer la variabilité du courant sous-marin équatorial dans l'océan Indien.

Courants sous-marins équatoriaux dans les autres océans

Le courant de Cromwell est-il une particularité de l'océan Pacifique ou bien un phénomène associé aux conditions rencontrées en général à l'équateur ? Cette question se pose aux océanographes peu après sa découverte et les incite à rechercher des courants équivalents dans les océans Atlantique et Indien.

Un courant sous-marin équatorial coulant vers l'est a été identifié dans l'Atlantique et semble être, là aussi, un phénomène permanent. Dans l'océan Indien cependant, l'existence

d'un tel courant est associé à l'état de la mousson. Ce détail confirme l'hypothèse selon laquelle le courant est dû à l'action du vent. Dans l'Atlantique et le Pacifique équatorial le système de vents reste sensiblement le même toute l'année, alors que dans l'océan Indien, fermé au nord par une masse continentale, les vents de nord est soufflant de novembre à mars sont remplacés d'avril à septembre par des vents de sud-ouest. La réponse à la question ci-dessus est donc que l'existence d'un courant équatorial est rendue possible par les conditions particulières rencontrées partout à l'équateur et associées à la sphéricité de la terre, mais qu'un tel courant ne se manifesterait que pour certains types de systèmes de vents.

La récente découverte d'un courant sous-marin de première importance et les problèmes théoriques suscités par cette découverte illustrent bien l'activité actuelle de la recherche océanographique et le grand nombre de questions encore à résoudre pour compléter notre connaissance des océans.

Bibliographie

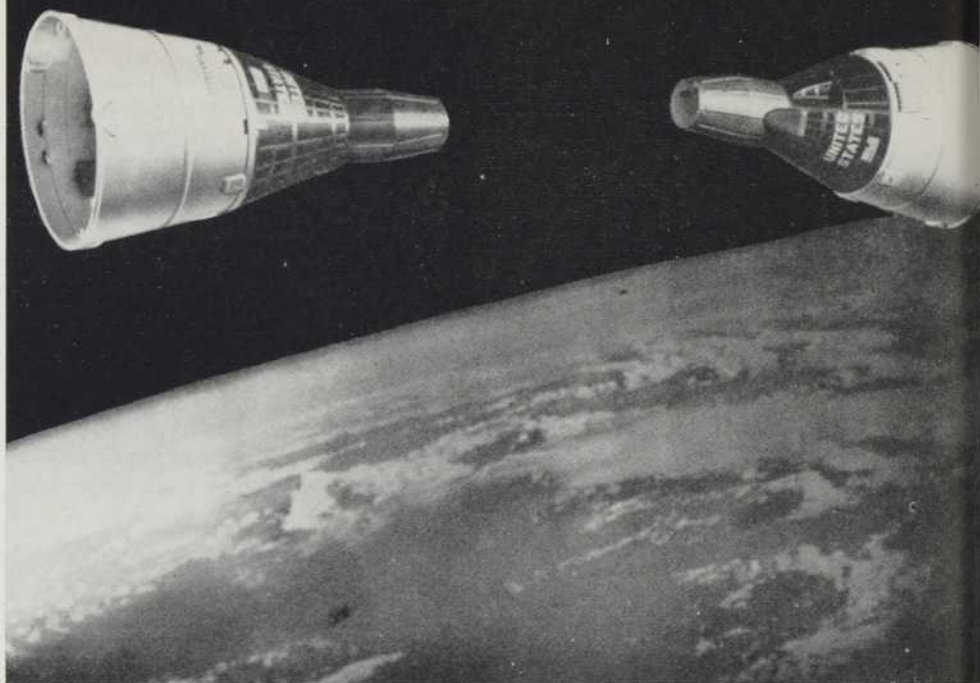
Sur les courants sous-marins équatoriaux.

- CROMWELL, T., MONTGOMERY, R. B., et E. D. STROUP, *Equatorial undercurrent in Pacific Ocean revealed by new methods*, dans *Science*, vol. 119, p. 648, 1954.
- KNAUSS, J.A., *Measurements of the Cromwell current*, *Deep Sea Research*, vol. 6, pp. 165-286, 1960.
- KNAUSS, J.A. et B.A. TAFT, *Equatorial Undercurrent of the Indian Ocean*, dans *Science*, vol. 143, pp. 354-356, 1962.
- METCALF, W.G., A.D. VOORHIS et M.C. STALCUP, *Observations of the Atlantic Equatorial Undercurrent*, dans *Journal of Geophysical Research*, vol. 67, p. 3580, 1962.
- ROBINSON, A., *An investigation into the wind as a cause of equatorial undercurrents*, dans *Journal of Marine Research*, 1966 (sous presse).
- Une excellente introduction à l'océanographie descriptive a été publiée par Pickard :
- PICKARD, G.L., *Descriptive physical oceanography*, Pergamon Press, 1963.
- On peut aussi consulter :
- ROUCH, J., *Traité d'océanographie physique* (3 volumes), Payot, Paris, 1943-48.

La conquête de l'espace

Un montage photographique montrant les deux célèbres Gemini VI et VII lors de cette fameuse rencontre dans l'espace réalisée le 15 décembre 1965. Les quelques « notions d'astronautique » de ces pages peuvent aider à mieux comprendre les manœuvres de ces rendez-vous dans l'espace.

par Alphée NADEAU



Quelques notions d'astronautique:

“lois de la mécanique céleste”;

trajectoire, inclinaison, stabilité et manœuvre des satellites

Depuis les âges les plus reculés, les hommes se sont intéressés aux objets qui occupent la voûte céleste. Ils découvrirent des objets dont la trajectoire était des plus bizarres : les planètes. Aussi, pendant plusieurs siècles vit-on les penseurs s'attaquer à l'étude de ces trajectoires afin d'en trouver le secret.

Bien des théories furent avancées, toutes aussi peu satisfaisantes les unes que les autres, jusqu'au jour où Képler (1571-1640), après une vie de labeur intense, énonça finalement pour la première fois ce que l'on est convenu d'appeler les « lois de la mécanique céleste ».

Voici, dans notre langage moderne, l'énoncé des trois lois de Képler :

- 1— La trajectoire d'une planète est une *ellipse* dont le Soleil occupe l'un des foyers.
- 2— Le rayon vecteur allant d'une planète au Soleil balaie des *aires égales* pendant des *temps égaux*.

- 3— Pour toutes les planètes du système solaire, les *carrés des périodes* de révolution sont proportionnels au *cube du grand axe* de leur orbite.

Ces lois de la mécanique céleste n'étaient alors qu'empiriques, c'est-à-dire qu'elles ne reposaient sur aucune preuve mathématique bien établie. La seule et unique raison de leur existence résidait dans le fait qu'elles expliquaient bien le comportement des planètes tel qu'enregistré par tous les astronomes de l'époque et en particulier par Tycho Brahé (1546-1601) dont les données jouissaient de la plus grande précision. On affirme qu'il fut le premier à évaluer l'erreur instrumentale dont ses mesures — comme toute mesure physique d'ailleurs — étaient entachées.

Ce n'est que 25 ans après la mort de Képler que les lois de la mécanique céleste reçurent leur confirmation théorique. En effet, vers 1665, Isaac Newton s'intéressa au problème des corps en chute libre et, à

partir de considérations sur ce sujet, retrouva théoriquement les 3 lois de la mécanique céleste.

Cependant, alors que Képler croyait que ses lois ne s'appliquaient qu'aux planètes, les considérations théoriques de Newton l'amènèrent à conclure que ces mêmes lois restaient valables chaque fois qu'un corps gravitait autour d'un autre corps. Il en fit la preuve en calculant théoriquement l'orbite de la Lune autour de la Terre. Les résultats sont conformes à la réalité : preuve que les lois de la mécanique céleste ne s'appliquent pas seulement au cas des planètes gravitant autour du Soleil.

Newton venait de poser les bases de l'astronautique moderne. En effet, d'après ses conclusions théoriques, si un jour l'homme parvenait à placer un objet en orbite autour de la Terre, cet objet, telle une nouvelle Lune, obéirait automatiquement aux 3 lois de la mécanique céleste.

Conséquence de ces lois

Quelles sont les conséquences de ces lois ? La première loi affirme que le corps autour duquel se développe l'ellipse occupe l'un des foyers de celle-ci. D'où, au cours de sa révolution, le corps qui gravite — appelons-le satellite — ne reste pas toujours à la même distance du corps principal — appelons-le Terre — : il s'en éloigne en fait jusqu'à une distance maximale (à une extrémité du grand axe) pour revenir ensuite jusqu'à une distance minimale. Lorsqu'un satellite est à sa distance maximale de la Terre on dit qu'il est à son *apogée*, à l'autre extrémité de sa trajectoire, on dit qu'il est à son *périgée*. Dans le cas des astres, la plus petite distance du Soleil s'appelle *périastre*, la plus grande, *apoastre*. Bien plus, maintenant que l'on veut satelliser des véhicules spatiaux autour de la Lune, c'est-à-dire de façon à ce que l'un des foyers de leur trajectoire soit occupé par la Lune, ces deux positions particulières deviennent *apolune* et *périlune*.

Par ailleurs, la deuxième loi nous force à conclure que la vitesse du satellite sur sa trajectoire change continuellement. Tel que le montre la Figure 1, il faudra que la vitesse du satellite soit plus grande à son

périgée (par rapport à son apogée), afin que les aires balayées par le rayon vecteur Terre-satellite (surface foncée) demeurent constantes pour des temps égaux. Par conséquent, la vitesse d'un satellite sur sa trajectoire est donc plus grande lorsqu'il est près de la Terre (périgée), diminue à mesure qu'il s'en éloigne pour atteindre une valeur minimale à son apogée, réaugmente ensuite jusqu'à sa vitesse maximale, et ainsi de suite...

C'est là un phénomène analogue à celui de la pierre lancée vers le haut : elle monte aussi longtemps que l'attraction terrestre ne l'a pas freinée complètement, puis elle retombe de sa hauteur maximale en accélérant continuellement sous l'effet de la pesanteur ; lorsqu'elle touche le sol, elle possède la même vitesse qu'elle avait lors du départ.

On appelle *période* le temps employé par le satellite pour parcourir sa trajectoire au complet. Or la troisième loi de la mécanique céleste nous dit que les carrés des périodes sont proportionnels aux cubes des grands axes. En d'autres mots, pour un grand axe d'une longueur donnée, la période est toujours constante.

Ceci nous oblige à conclure que deux satellites de périodes différen-

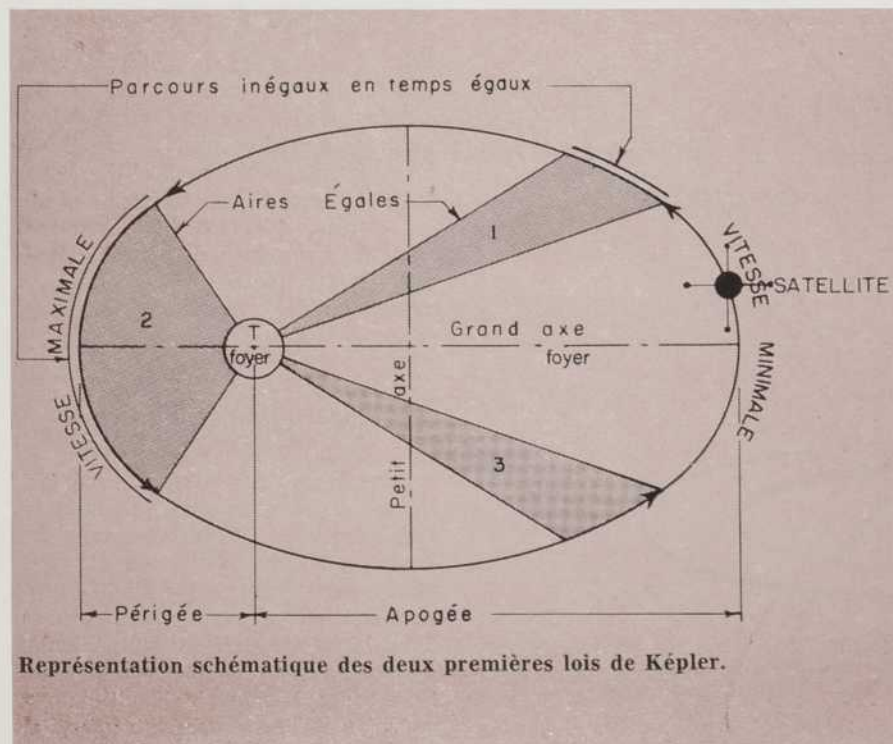
tes ne peuvent en aucun cas décrire la même trajectoire. En fait, dès que l'on tente de changer le temps d'un satellite pour accomplir une fois le tour de la Terre, automatiquement on s'efforce de changer la longueur de son grand axe et, par conséquent, toutes les caractéristiques de sa trajectoire.

Supposons, par exemple, qu'au moment où le satellite passe à son périgée (distance minimale de la terre), on lui ajoute un surcroît de vitesse par un procédé quelconque. (Ce serait comparable à notre pierre qui vient de retomber sur le sol : supposons maintenant qu'on la relance dans les airs avec une vitesse initiale plus grande. Elle monterait alors plus haut qu'au premier lancement). Tel sera le cas de notre satellite : il montera plus haut, donc s'éloignera davantage de la Terre et sa trajectoire aura un nouvel apogée et un grand axe plus long.

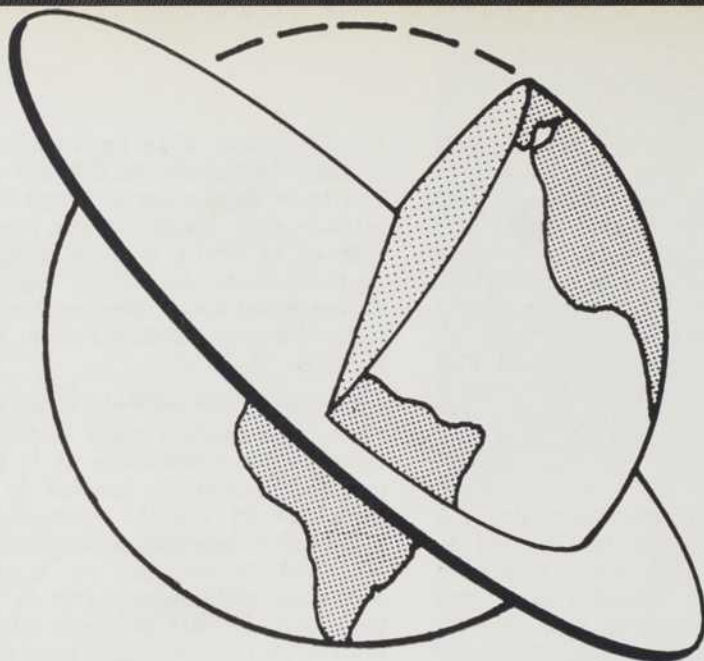
L'inclinaison d'un satellite

Lorsqu'un satellite est placé en orbite, il possède une période qui lui est propre, un apogée et un périgée bien caractéristiques. Nous pouvons donc suivre facilement sa trajectoire dans la voûte céleste. Glissons une feuille de papier immense sur cette trajectoire : nous obtenons ce que l'on est convenu d'appeler le *plan orbital* du satellite et nous constatons que ce plan passe par le centre de la Terre.

Faisons glisser de la même façon une feuille de papier sur le cercle équatorial terrestre : nous obtenons alors le *plan équatorial*. On appelle *inclinaison* l'angle exprimé en degrés entre le plan orbital et le plan équatorial. On voit immédiatement que l'inclinaison peut varier de 0° à 90° suivant que le satellite gravite autour de l'équateur terrestre ou de façon à passer par les deux pôles de la Terre.

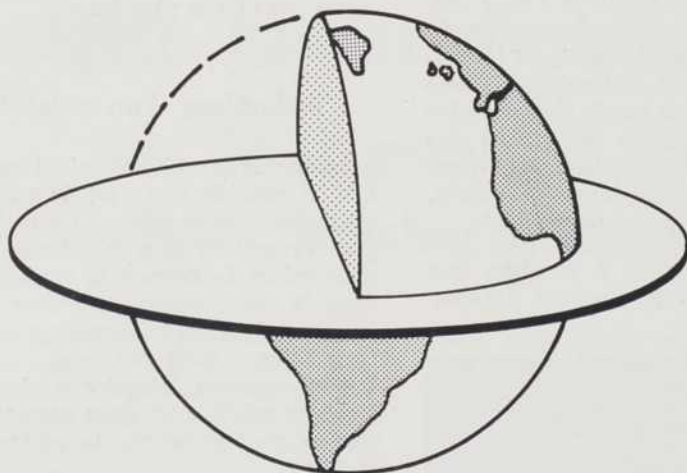


Représentation schématique des deux premières lois de Kepler.



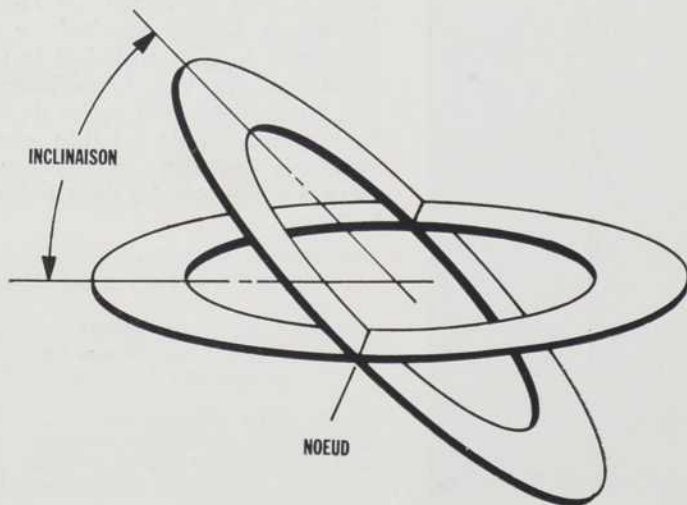
Voici comment on détermine l'inclinaison d'un satellite :

Dessin 1 (en haut): on établit d'abord le plan orbital;



Dessin 2 (en haut): puis le plan équatorial;

Dessin 3 (en bas): et ensuite on mesure l'angle entre ces deux plans: c'est l'inclinaison.



Les deux points de rencontre entre le plan équatorial et l'orbite du satellite s'appellent les *noeuds*. Il y a le *noeud ascendant* et le *noeud descendant* suivant que le satellite descend vers son périégée ou remonte à son apogée. On appelle *ligne des noeuds* la ligne d'intersection entre ces deux plans parce que cette ligne passe par les noeuds ascendant et descendant.

Stabilité du plan orbital

Un satellite qui ne subirait aucune autre influence que celle d'une terre parfaitement ronde garderait une inclinaison constante et son plan orbital demeurerait donc fixe dans l'espace. Tel n'est pas le cas cependant, en pratique, et la variation de l'angle d'inclinaison du plan orbital d'un satellite permet une mesure directe des malformations de la Terre (différence entre diamètre équatorial et diamètre polaire, densité de l'atmosphère, etc.). Par exemple, le bourrelet équatorial est suffisant pour faire tourner le plan orbital; de même les radiations solaires créent une pression qui modifient parfois (Echo 1) l'orbite du satellite... et ainsi de suite.

Ces déformations dont nous venons de parler sont de toute évidence complètement hors de notre contrôle. Il arrive parfois que l'on puisse les utiliser avec avantage, mais tel n'est pas le cas, la plupart du temps. Cependant, grâce aux fusées auxiliaires dont les satellites sont munis, il est possible de modifier l'orbite à volonté. Avant d'expliquer l'usage de ces fusées, il serait bon, croyons-nous de nous entendre sur la signification des quatre termes suivants: *avant*, *arrière*, *posigrade* et *rétrograde*.

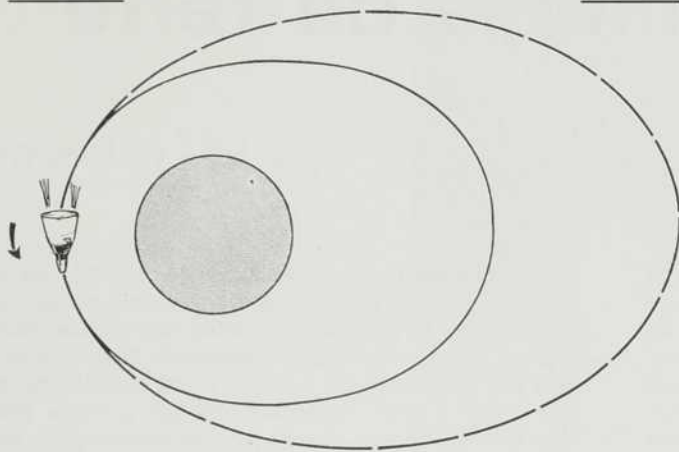
Les véhicules habités

Dans le cas des véhicules habités, le mot *avant* représente la direction vers laquelle l'équipage regarde, l'*arrière* désigne la portion d'espace directement en arrière d'eux. Les fusées auxiliaires sont toutes situées dans la partie arrière du véhicule. Ainsi, lorsque l'équipage éjecte de l'air vers l'avant, le satellite est poussé vers l'arrière. Inversement, si

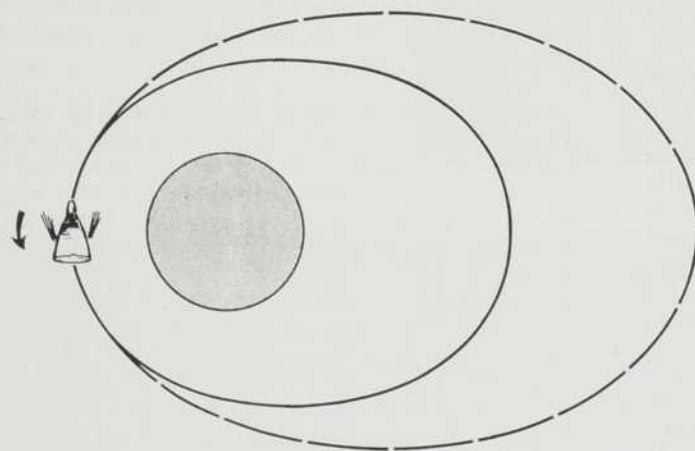
Quelques exemples de manoeuvres possibles :
en trois dessins.

PÉRIGÉE

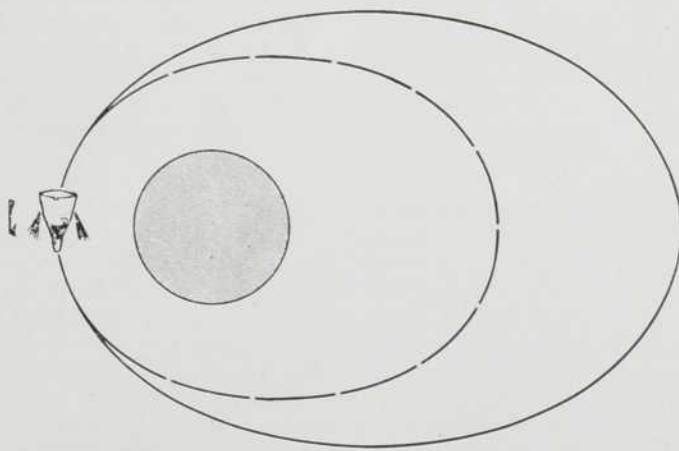
APOGÉE



1) Ejection vers l'arrière ou « manoeuvre posigrade » qui allonge l'ellipse en éloignant son apogée.



2) Ejection vers l'avant ou « manoeuvre posigrade ».



3) Ejection vers l'avant mais « manoeuvre rétrograde » afin de diminuer l'orbite en rapprochant son apogée.

Le jet d'air sort vers l'arrière, le satellite progresse plus rapidement vers l'avant. Il faut donc retenir que les termes *avant* et *arrière* se réfèrent toujours au satellite lui-même : c'est en quelque sorte l'avant et l'arrière du véhicule spatial.

Les termes *posigrade* et *rétrograde* se rapportent par contre au sens du mouvement du satellite. Par conséquent, une *manoeuvre rétrograde* s'oppose au mouvement du satellite tandis qu'une *manoeuvre posigrade* accentue le mouvement du satellite.

Utilité de ces manoeuvres

Si l'équipage d'un véhicule habité effectue une *manoeuvre posigrade*, alors que le satellite est à son périgée, cela aura pour effet, comme nous venons de le voir, d'accroître le mouvement du véhicule spatial et sa vitesse augmentera. Le véhicule changera automatiquement de trajectoire et son apogée s'éloignera davantage de la Terre. Pour élever l'apogée d'un satellite c'est la manoeuvre la plus économique pour le carburant.

Par contre, une *manoeuvre rétrograde* n'aura nullement pour effet de faire reculer le véhicule spatial. Elle ne fera au contraire que diminuer sa vitesse et, par conséquent, rapprochera son apogée de la Terre. On comprend donc que pour retourner au sol, il suffit que l'équipage effectue une manoeuvre rétrograde assez importante pour que l'orbite finale du satellite soit tellement basse qu'elle intercepte notre planète au passage. Un examen des dessins reproduits avec cet article éclaircira ces questions.

Dans les quelques lignes qui précèdent nous avons vu des notions de base qui, nous l'espérons, vous aideront à mieux comprendre les descriptions des prochains rendez-vous spatiaux.

Bibliographie

Dictionnaire de l'Astronautique, par Thomas de Galiana ; Librairie Larousse, Paris, 1964.

Orbital Mechanics of Rendez-vous Missions, News Nasa, « National Aeronautics and Space Administration », Washington, D.C. ; 15 octobre 1965.

Les tremblements de terre au Canada

par John H. HODGSON

La plupart des Canadiens sont surpris lorsqu'on leur dit qu'il y a des tremblements de terre au Canada. Ils se souviennent bien d'articles parus dans les journaux au sujet de certains tremblements de terre. Ils se souviennent également d'avoir vu des films ou des photographies où l'on montrait des bâtiments effondrés ou même carbonisés. Ils ont peut-être été jusqu'à contribuer à des fonds de secours destinés aux victimes d'un tremblement de terre. Mais les dévastations ont toujours eu lieu loin d'eux : au Japon, en Afrique du Nord, en Inde ou en Amérique du Sud, jamais plus près, en tous cas, qu'en Californie.

Cette attitude peut se justifier à bien des égards. Presque tous les grands tremblements de terre du monde se produisent dans deux zones bien définies. L'une de ces zones suit la bordure du Pacifique depuis l'extrémité méridionale du Chili en remontant vers le nord le long de la côte des Amériques puis en traversant les îles Aléoutiennes et en descendant vers le sud le long de la côte de l'Asie jusqu'à la Nouvelle-Guinée, les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Zélande. L'autre zone rejoint la première en Indonésie et remonte vers le nord de l'Inde en passant par le proche Orient et la Méditerranée et en allant jusqu'aux Açores. Du fait que le Canada se trouve dans la limite de la zone du Pacifique on ne pourrait s'attendre à avoir des tremblements de terre que sur le côté ouest. Malgré cela, la plupart des Canadiens pensent que dans le Pacifique nos tremblements de terre ont été de faible envergure.

La mémoire est courte. Au cours des 20 dernières années il s'est produit deux tremblements de terre importants en Colombie-Britannique et un autre tout près de nous dans l'Etat de Washington. Et ce n'est pas seulement en Colombie-Britannique que nous avons des tremblements de terre; il y a eu trois importants séismes dans la vallée du Saint-Laurent au cours de la vie de la plupart de mes lecteurs. Heureusement, ce sont les plus petits de ces tremblements de terre canadiens qui se sont manifestés près des villes. Les autres se sont produits dans des régions rurales ou dans des zones encore plus clairsemées où les dommages ont été infimes. Il est indéniable, cependant, que les tremblements de terre nous menacent au Canada. Si l'un quelconque de nos plus grands tremblements de terre s'était produit sous une grande ville les résultats auraient pu être désastreux.

Qu'est-ce qui nous fait dire cela ? Plusieurs centaines de stations sont établies dans le monde entier pour enregistrer les tremblements de terre au moyen d'instru-

ments calibrés avec précision qu'on appelle des *sismographes*. L'amplitude des secousses enregistrées donne une idée de la dimension absolue des tremblements de terre et compte tenu de la distance de la station par rapport aux tremblements de terre il est possible de donner une valeur à cette dimension absolue. Lorsque cette valeur est déterminée d'après les enregistrements de plusieurs stations on a généralement un bon accord entre les relevés et la moyenne peut être acceptée en toute confiance. C'est parce qu'on connaît bien cette valeur moyenne pour les tremblements de terre canadiens que nous pouvons parler en connaissance de cause des dangers qu'ils font courir.

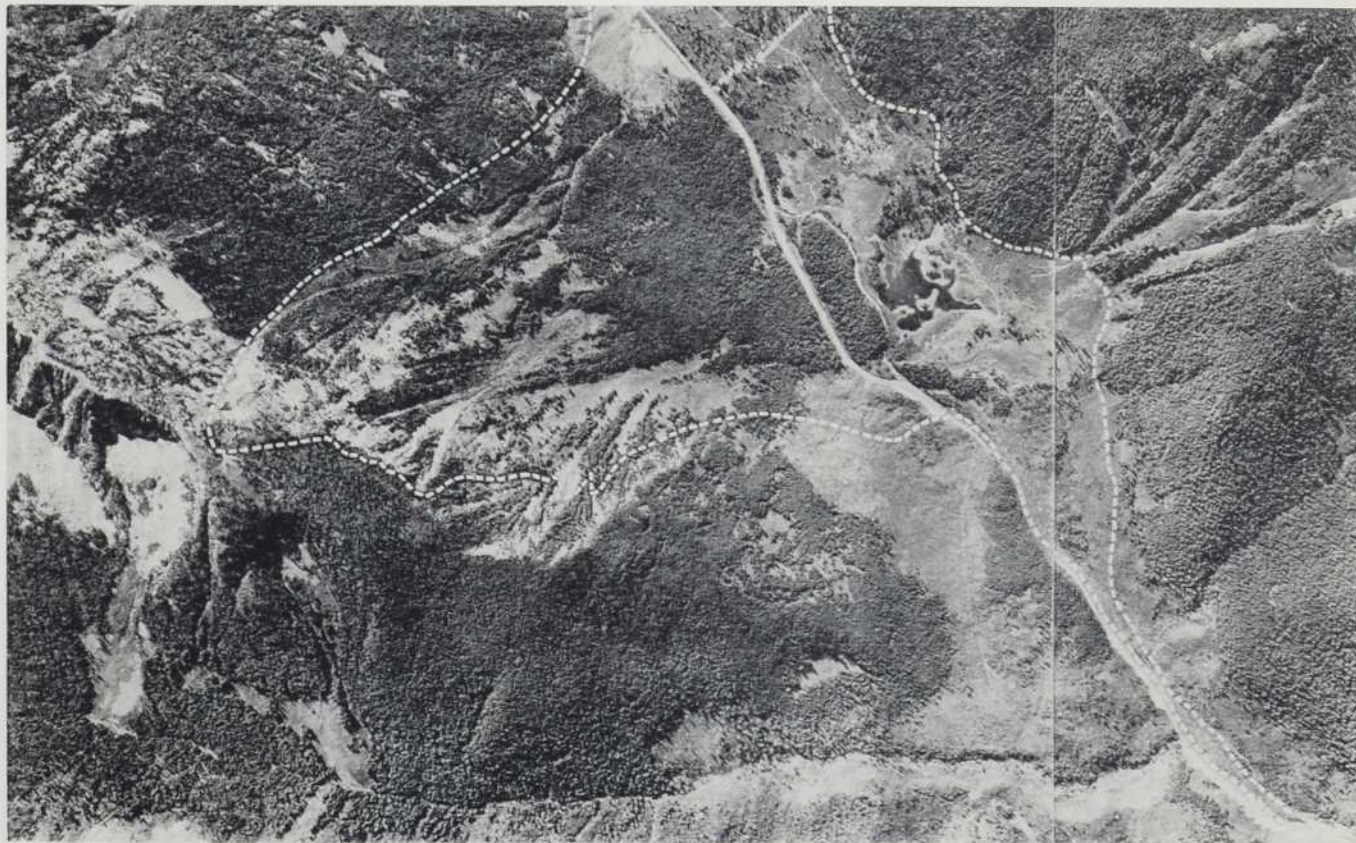
Le concept de la valeur susmentionnée est utile pour les tremblements de terre de notre époque mais si nous essayons de remonter aux graphiques enregistrés autrefois, une autre méthode de mesure doit être employée car on n'a recours au sismographe que depuis le début du siècle. C'est là que nous pouvons employer un autre concept, à savoir celui de l'intensité. C'est une mesure fondée sur une échelle empirique décrivant les effets des tremblements de terre. L'échelle d'intensité la plus utilisée en Amérique du Nord est indiquée sur le tableau de la page 111. En lisant l'échelle (de Mercalli) on est frappé par le fait qu'une intensité assignée doit dépendre d'un grand nombre de facteurs autres que l'ampleur du tremblement de terre, à savoir la façon dont les bâtiments sont construits, la nature du sol sur lequel ils reposent et la mesure dans laquelle les populations peuvent entrer en état de panique. Néanmoins, en ce qui concerne les tremblements de terre de l'histoire, la meilleure chose à faire est de se baser sur une mesure d'intensité. Si l'on a une bonne expérience dans une zone particulière on peut procéder à une interprétation juste en matière d'amplitude.

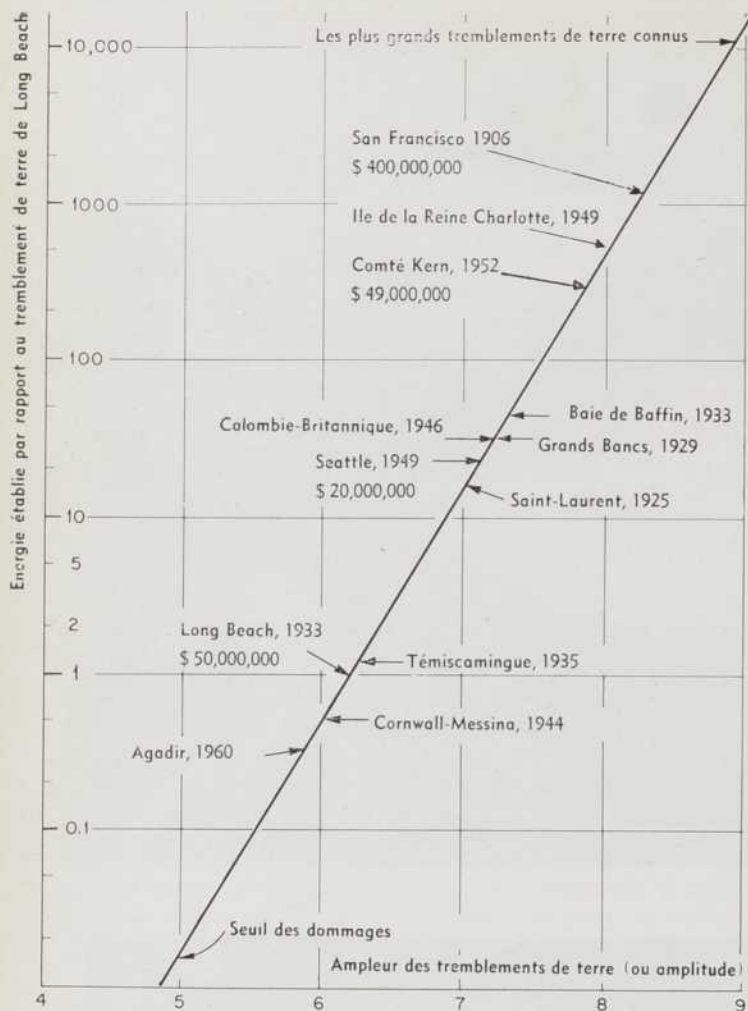
Par l'intermédiaire de l'amplitude nous pouvons déterminer la dimension d'un tremblement de terre par rapport à un autre. Dans une autre figure, nous avons pris comme standard le tremblement de terre qui a eu lieu en 1933, à Long Beach en Californie et nous avons comparé avec lui un certain nombre d'autres tremblements de terre. Nous remarquons que le tremblement de terre indiqué par « Seuil des dommages », ampleur 5, est seulement en dimension à peu près le centième du tremblement de Long Beach tandis que le plus grand tremblement de terre connu, d'ampleur 8.9, est 10 000 fois plus grand. Ceci montre bien que l'échelle d'ampleur (logarithmique) est très condensée.

A droite, photographie prise du haut d'un hélicoptère peu après le glissement de terrain qui a fait suite à un tremblement de terre enregistré dans la région de Hope-Princeton, en Colombie-Britannique.

En bas :

Une vue aérienne de la région où s'est produit un glissement de terrain, le 9 janvier 1965, sur l'autoroute Hope-Princeton en Colombie-Britannique. Les lignes pointillées montrent, à gauche, la masse de terrain qui a glissé le long de la pente et qui a traversé l'autoroute pour remplir le fond de la vallée.





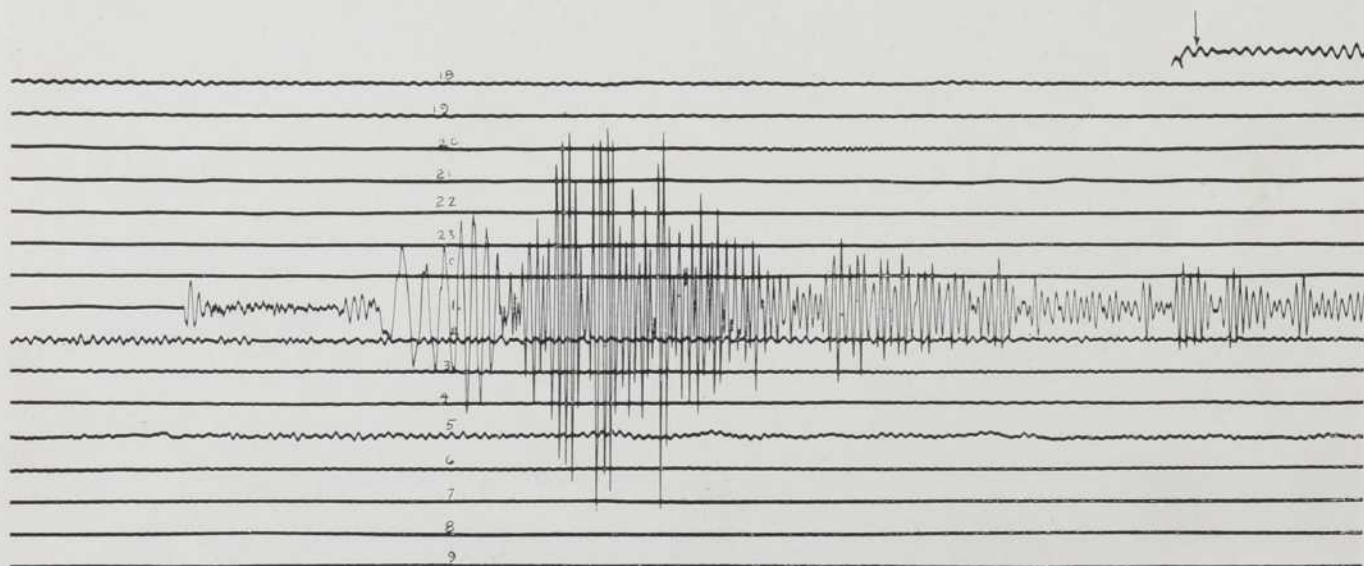
Le choix du tremblement de terre de Long Beach comme base de comparaison avec les tremblements de terre canadiens est de bon aloi car ce tremblement de terre avait une profondeur comparable à celle des tremblements de terre canadiens, parce que les conditions de sol n'étaient pas pires en Californie que dans la plupart des régions canadiennes et parce que Long Beach était une ville d'Amérique du Nord où les conditions de vie et les normes de construction ne sont pas très différentes de celles en vigueur au Canada.

Les dommages causés par le tremblement de terre de Long Beach se sont élevés à 50 millions de dollars. Ce séisme a endommagé toutes les écoles de la ville et a presque anéanti certaines d'entre elles : heureusement le séisme s'est produit à un moment où les enfants n'étaient pas à l'école. S'il s'était produit pendant les heures de classe des milliers d'enfants auraient pu être tués. Les systèmes de communication y compris le système d'alarme en cas d'incendie ont été complètement désorganisés. De nombreux incendies ont été provoqués par le tremblement de terre par suite de courts-circuits dans les fils électriques et les pompiers étaient conduits d'un feu à l'autre par des scouts. Malgré tout, les pompiers ont eu de la chance ; en effet ils ont pu récupérer tout leur ma-

Graphique, à gauche :

Rapport de l'énergie et de l'amplitude considérés comme facteurs de la force ou de la puissance engendrée lors du tremblement de terre de Long Beach. On constatera que plusieurs tremblements de terre canadiens ont engendré de 20 à 50 fois plus d'énergie que ce séisme de Long Beach qui a causé \$ 50,000,000 de dommages.

Cet enregistrement typique, au sismographe, décrit l'une des petites secousses qui ont suivi le tremblement de terre d'Alaska, en mars 1964. C'est grâce à des enregistrements comme celui-ci qu'il est possible de déterminer l'amplitude d'un tremblement de terre, c'est-à-dire de mesurer sa dimension absolue.



tériel en dépit de l'effondrement de leurs postes et les principales conduites d'eau n'ont pas été rompues.

On a indiqué sur une figure la position d'un certain nombre de tremblements de terre canadiens. Ce sont tous des séismes récents dont l'ampleur a été déterminée avec précision; le graphique montre que deux des tremblements de terre étaient à peu près aussi importants que celui de Long Beach, quatre ont été de 20 à 40 fois plus grands et un a été 500 fois plus grand. Nous aurions pu multiplier ces exemples un grand nombre de fois si nous avions voulu utiliser les registres historiques car on trouve dans ceux-ci de nombreuses références bien documentées en ce qui concerne les tremblements de terre.

Echelle Mercalli d'intensité des tremblements de terre (modifiée en 1931)

(Version abrégée)

- I. Le séisme n'est ressenti que par un très petit nombre de gens se trouvant dans des conditions particulièrement favorables.
- II. Le séisme n'est ressenti que par quelques personnes au repos, particulièrement dans les étages supérieurs des bâtiments. Des objets délicatement suspendus peuvent osciller.
- III. Le séisme est ressenti à l'intérieur des maisons, particulièrement dans les étages supérieurs mais de nombreuses personnes ne se rendent pas compte qu'il s'agit d'un tremblement de terre. Des automobiles stationnées peuvent se balancer légèrement. La vibration peut être semblable à celle provoquée par le passage d'un camion. La durée des secousses peut être évaluée ou mesurée.
- IV. Durant la journée, de nombreuses personnes ressentent les secousses à l'intérieur des habitations alors que d'autres personnes les ressentent à l'extérieur. Durant la nuit, certaines personnes sont réveillées. Les plats, les fenêtres, les portes sont dérangés; des bruits de craquement se font entendre dans les murs. La sensation produite ressemble à celle d'un lourd camion frappant le bâtiment. Des automobiles stationnées se mettent à osciller visiblement.
- V. Presque tout le monde ressent les secousses; un grand nombre de personnes sont réveillées. Des plats, des fenêtres, etc., sont brisés; des fissures se produisent dans le plâtre des murs, dans certains cas; des objets instables sont renversés. On remarque, en certains endroits, une agitation anormale des arbres, des poteaux, des pylônes, etc. Des horloges à balancier peuvent s'arrêter.
- VI. Tout le monde ressent les secousses; de nombreuses personnes effrayées sortent de chez elles. Des meubles lourds sont déplacés; dans quelques cas le plâtre des plafonds tombe et des cheminées sont endommagées. Cependant les dommages ne sont pas importants.
- VII. Tout le monde se précipite dehors. Les dommages sont négligeables dans les bâti-

ments bien conçus et bien construits. Ils sont légers dans les bâtiments de construction ordinaire; mais ils sont considérables dans les bâtiments mal conçus ou mal construits. Quelques cheminées sont renversées. Des personnes conduisant des automobiles remarquent les secousses.

- VIII. Les dommages sont légers dans les bâtiments conçus en vue de résister aux tremblements de terre. Ils sont considérables dans les bâtiments ordinaires qui peuvent s'effondrer partiellement. Les dommages sont énormes dans les bâtiments mal construits. Les cloisons sortent de leurs cadres. Des cheminées de maison, des hautes cheminées d'usine, des colonnes, des monuments, des murs s'effondrent. Des meubles très lourds sont renversés. Du sable et de la boue sont projetés en petites quantités. L'eau des puits est troublée. Les personnes conduisant des automobiles prennent peur.
- IX. Les dommages sont considérables même dans les bâtiments spécialement conçus pour résister aux tremblements de terre. Des bâtiments à charpente de bois ne sont plus d'aplomb. D'énormes dégâts sont causés à des bâtiments solides, certains d'entre eux s'effondrent partiellement. Des bâtiments sont soulevés hors de leurs fondations. Le sol se fissure visiblement. Des canalisations souterraines sont brisées.
- X. Des maisons de bois fort bien construites sont détruites. La plupart des bâtiments de maçonnerie à charpente de bois sont détruits avec leurs fondations. Le sol est très fissuré. Les rails sont tordus. Des glissements de terrain importants se manifestent sur la rive des cours d'eau et le long des pentes escarpées. Du sable et de la boue sont projetés. L'eau déborde sur les rives.
- XI. Quelques bâtiments de maçonnerie seulement restent encore debout. Des ponts sont détruits. De larges fissures se voient dans le sol. Les canalisations souterraines sont complètement disloquées. Des glissements de terrain se produisent. Des rails sont terriblement tordus.
- XII. Les dommages sont complets. On peut voir des vagues à la surface du sol. Les lignes de visée et de nivellement sont faussées. Des objets fusent en l'air.

Quelques tremblements de terre relatés dans l'histoire du Canada

Les documents historiques ont été exploités par trois spécialistes de l'Observatoire fédéral: le Dr E. A. Hodgson, ancien Directeur de la Division de la séismologie qui a préparé le catalogue initial et qui a étudié un certain nombre de grands tremblements de terre, M. W. E. T. Smith qui a publié plusieurs études sur les tremblements de terre de l'Est du Canada et M. W. G. Milne qui s'est spécialisé dans l'étude des tremblements de terre de l'Ouest canadien. Voici l'histoire que ces experts ont constituée. Commençons par l'Est du Canada.

Le premier tremblement de terre canadien n'est connu que par la tradition. On dit qu'il s'est produit entre les deux voyages de Jacques Cartier (1534-35). Il semble aussi que les Indiens ont perpétué le souvenir d'un grand tremblement de terre qui se serait produit il y a des siècles. Le premier tremblement de terre confirmé par des témoignages sûrs s'est produit en 1638. Nous en avons connaissance grâce aux *Relations des Jésuites* qui constituent une source précieuse de renseignements sur les débuts de l'histoire de la Nouvelle-France :

« Le jour de la Saint-Barnabé (le 11 juin) un tremblement de terre s'est produit en certains lieux (près de Trois-Rivières). Les secousses étaient fortement ressenties et les Indiens furent très surpris de voir que leurs plats d'écorce s'entrechoquaient et que l'eau s'échappait des récipients. En fait, ils poussèrent un grand cri d'étonnement. »

Ce tremblement de terre a également été fortement ressenti en Nouvelle-Angleterre :

« Un grand et terrible tremblement de terre s'est produit cette année en ce lieu (Plymouth, Mass.) nous l'avons entendu avant d'en ressentir les effets. Ce fut d'abord une sorte de grondement, un sinistre murmure comme celui du tonnerre qu'on entend de loin. Puis à mesure que le bruit se rapprochait la terre commença à trembler et il advint qu'elle trembla si fort que les plats, les assiettes et tout ce qui se trouvait sur des rayons se mirent à vibrer et à tomber. On commençait même à craindre pour les maisons elles-mêmes... En fait les secousses furent terribles à un moment donné et tandis que les hommes s'entretenaient dans les maisons quelques femmes et quelques enfants qui se trouvaient à l'extérieur devaient s'accrocher à des poteaux, à des balustrades ou à tout

ce qui leur tombait sous la main pour se retenir tant les secousses étaient violentes. Cette violence cependant ne dura pas longtemps. Une demi-heure plus tard ou peut-être moins, nous entendîmes un autre bruit et nous ressentîmes de nouvelles secousses mais pas aussi intenses que la première fois. En fait ce deuxième bruit et les secousses qui l'accompagnaient disparurent rapidement. Le tremblement de terre fut ressenti également à l'intérieur des terres par les Indiens et les bateaux qui se trouvaient au large de la côte furent secoués. »

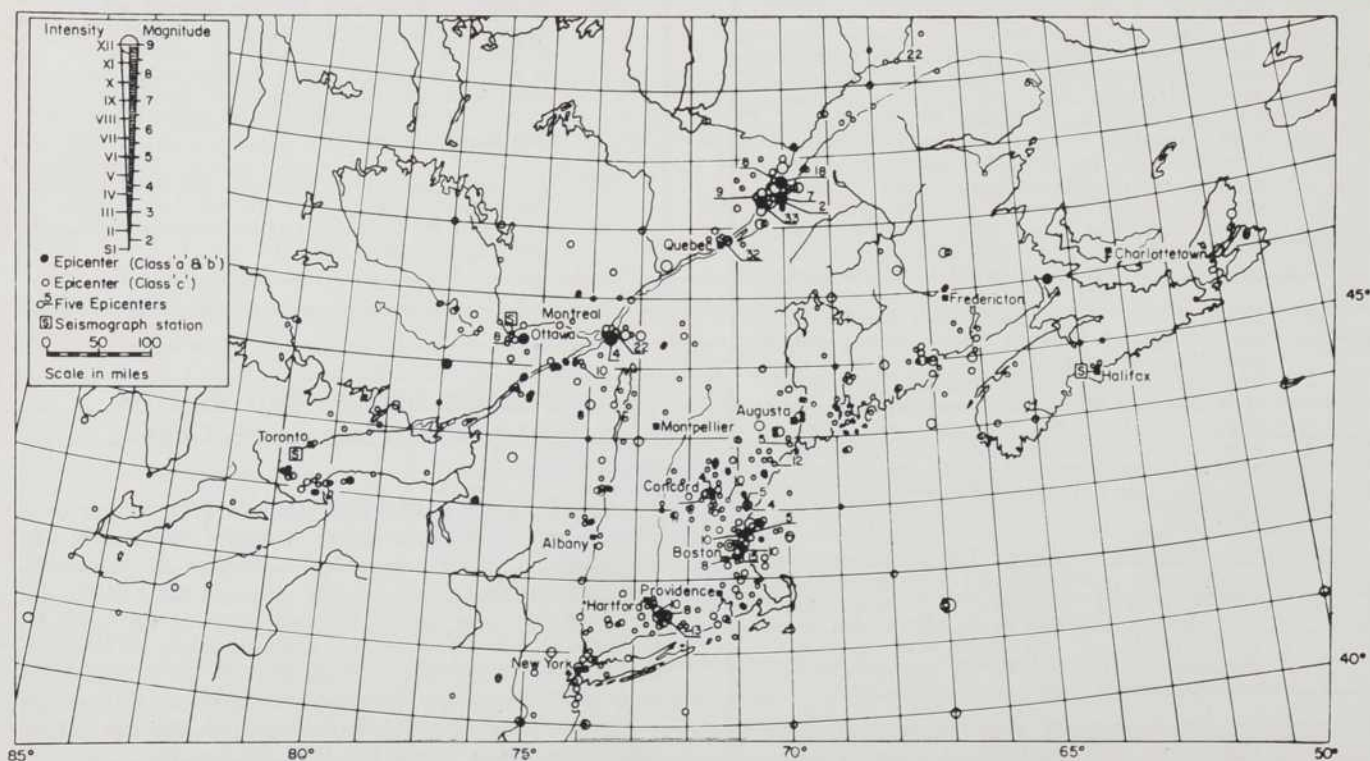
Si l'on en juge par les effets de ce tremblement de terre on peut dire qu'il a dû avoir une amplitude d'au moins 7.

Le deuxième tremblement de terre d'envergure a eu lieu au Canada en 1663. Il est cependant difficile d'admettre tels quels les témoignages de ceux qui l'ont vu :

« De nouveaux lacs ont fait leur apparition. Des montagnes ont été englouties. Des chutes d'eau et des rivières ont disparu. Le sol s'est crevassé en maints endroits et les crevasses ont une profondeur incal-

En bas :

Carte montrant les emplacements des tremblements de terre de l'Est canadien, 1534-1927. Traduction française des termes qui apparaissent dans la légende, en médaillon : *Intensity*, intensité ; *magnitude*, ampleur ; *epicenter*, épicentre (Catégorie « a » et « b ») ; *epicenter*, épicentre (Catégorie « c ») ; *five epicenters*, cinq épicentres ; *seismograph stations*, stations sismographiques ; *scale of miles*, échelle en milles.



culable. Tant d'arbres ont été arrachés et fendus que l'on peut voir maintenant des champs de mille arpents aussi dégagés que s'ils avaient été récemment labourés, en des lieux où il n'y avait que la forêt auparavant.»

Cependant, nous devons admettre qu'il s'agissait là d'un tremblement de terre majeur. Il a certainement supprimé une grande chute d'eau qui se trouvait à Les Grès sur le Saint-Maurice et il a été ressenti en Nouvelle-Angleterre au moins aussi fortement que le tremblement de terre de 1638. Il est probable qu'il avait une ampleur de plus de 7.5 et peut-être même de 8. L'emplacement le plus probable de son épicentre a dû être dans le Saint-Laurent près de l'embouchure du Saguenay.

Et l'histoire continue :

1732, le 16 septembre, à Montréal :

« Le tremblement de terre a causé une consternation inexprimable. La première secousse qui a duré de deux à trois minutes a endommagé plus de 300 maisons ; de nombreuses cheminées se sont effondrées, des murs ont été lézardés ; des gens ont été blessés et une fillette a été tuée ; des pluies de pierre ont jailli de toutes parts comme si elles étaient lancées par des mains invisibles ; finalement il y eut une telle panique que les maisons ont été désertées et que les gens ont dormi dans leurs jardins. Les bêtes poussaient de tels hurlements que les hommes redoublaient de peur... De nombreuses personnes se sont réfugiées à Québec craignant d'être enterrées vivantes sous les ruines de cette pauvre ville. Ce qui est pire c'est que le danger n'est pas encore terminé. Chaque jour nous ressentons les effets de ce tremblement de terre ; certains puits sont complètement à sec et on dirait que les rues ont été labourées. »

Ainsi s'exprime la Mère supérieure de l'Hôtel-Dieu à Québec. En nous fondant sur des témoignages comme celui-ci nous pouvons en toute confiance préciser que l'épicentre de ce tremblement de terre était proche de la ville actuelle de Montréal et que son amplitude n'était pas inférieure à 7.

Près de 60 ans plus tard, en 1791, un grand tremblement de terre suivi par une série de séismes de moindre importance s'est produit dans le Saint-Laurent, encore une fois près de l'embouchure du Saguenay.

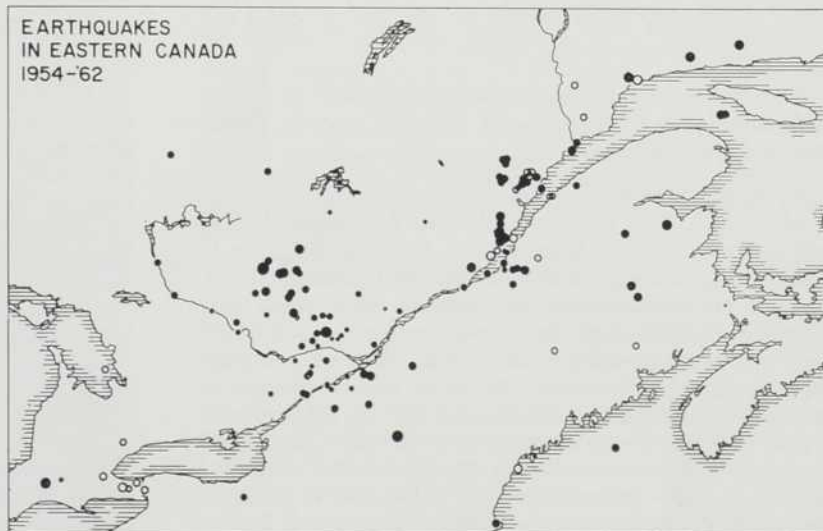
« Durant le tremblement (du 6 au 19 décembre 1791). 21 cheminées ont été démolies ou endommagées. Une maison de pierre a été presque complètement démolie et d'autres ont été fissurées. De nombreux poêles et des fourneaux ont été démantelés sans compter les dommages subis par l'église au lieu dit Les Eboulements ».



Photos ci-haut :

La photographie, en haut montre le mur de l'église de Rivière Ouelle endommagé lors du tremblement de terre du 28 février 1925.

Cheminée disloquée par le tremblement de terre survenu en Colombie-Britannique en 1946. C'est ce genre de dommage qui résulte souvent des séismes canadiens.



Carte montrant les emplacements des tremblements de terre dans l'Est canadien, de 1954 à 1962.

M. Smith estime que l'intensité de ce séisme était de VIII correspondant à une ampleur d'environ 6.5.

Un autre tremblement de terre d'intensité VII (amplitude d'environ 5.7) a eu lieu au même endroit le 7 mai 1831.

« On l'a beaucoup ressenti à Québec, à Sainte-Foy et à Saint-Antoine-de-Tilly. A Beauport plusieurs cheminées ont été abattues et des murs ont été lézardés. »

Une fois encore, le 17 octobre 1860, un séisme d'intensité VIII ou IX (amplitude d'environ 7) s'est manifesté dans la même région. Il a été ressenti dans une zone de 700 000 milles carrés allant dans l'ouest jusqu'à Hamilton, Ontario et vers le sud jusqu'à Newark, N.J. Voici ce que des témoins ont vu à Rivière Ouelle :

« Une douzaine de cheminées ont été abattues. La croix de notre église et la girouette de son clocher sont tombées à terre ; les murs de notre belle église sont lézardés. Les secousses ont été effrayantes ; la première, la plus violente, a commencé à 6 h 15 et a duré 4 minutes et 40 secondes, sa violence ayant été plus forte durant les dix premières secondes ; une secousse plus faible s'est fait sentir à 6 h 20, laquelle a duré de 3 à 4 secondes et la troisième secousse qui a commencé à 6 h 30 a duré 2 ou 3 secondes, mais comme la première elle s'est manifestée par des mouvements saccadés qui ont fait danser les meubles et décrocher les tableaux, les pendules, etc. »

Dix ans plus tard, le 20 octobre 1870, un tremblement de terre dont l'intensité était de IX s'est déclenché près de la Baie Saint-Paul :

« Une détonation épouvantable a causé un choc traumatique à tout le monde et la terre s'est mise non pas à trembler mais à bouillonner de telle sorte qu'elle a donné le vertige non seulement aux gens dans les maisons mais aussi à ceux qui se trouvaient dehors. On aurait dit que toutes les maisons se trouvaient sur un volcan et la terre qui était fissurée en cinq ou six endroits émettait des colonnes d'eau qui s'élevaient à six, huit et peut-être quinze pieds dans les airs en soulevant de grandes quantités de sable qui retombaient sur le sol. Presque toutes les cheminées ont été arrachées et je crois qu'il n'en est pas resté plus de six dans tout le village. Des murs de maisons se sont effondrés ; ici et là des poêles, des meubles et d'autres objets ont été renversés avec tout leur contenu : ustensiles, porcelaine, etc... L'église a été fortement touchée ; une partie de son portique s'est effondrée ainsi qu'une section de son plafond, et ses murs encore debout sont tellement fissurés qu'on se demande si on pourra les réparer. »

Ce tremblement de terre a été ressenti dans tout l'Est du Canada, vers le sud jusqu'en Virginie et vers l'ouest jusqu'à l'Etat de Iowa.

De 1870 à 1925 il n'y a pas eu de grands tremblements de terre dans l'Est du Canada ; deux d'intensité VII se sont produits près de Montréal en 1897, un autre de la même intensité s'est manifesté près de Lanark, Ontario, en 1914. Le tremblement de terre de 1925 avait pour épïcêtre l'embouchure du Saguenay sur le Saint-Laurent. Ce fut le premier tremblement de terre canadien pour lequel on a pu établir de façon sûre une ampleur de 7. Etant donné que son intensité était de IX il semble évident que les tremblements de terre plus importants des temps historiques auxquels M. Smith s'est vu obligé d'attribuer cette intensité ou des intensités plus fortes n'auraient pas pu avoir une ampleur inférieure à 7.

Le tremblement de terre de 1925 a été ressenti depuis l'Atlantique jusqu'au Mississippi, vers le sud jusqu'en Virginie et vers le nord aussi loin qu'il y avait des témoins pour en parler. Les dommages ont été très importants dans tous les villages de la région — par exemple toutes les cheminées ont été détruites et la plupart des bâtiments de pierre ont été endommagés au point qu'il n'était pas possible de les réparer — et des dégâts considérables ont été causés à Québec, à Trois-Rivières et à Shawinigan Falls, c'est-à-dire jusqu'à 200 milles de l'épicentre du séisme.

Nous avons parlé jusqu'ici de tremblements de terre s'étant produits dans l'Est du Canada dans la vallée du Saint-Laurent entre Montréal et Rivière Ouelle et l'on pourrait penser que seule cette région est sujette à ces phénomènes. Cependant, les trois tremblements de terre dont nous allons parler maintenant nous empêchent de donner foi à cette théorie. L'épicentre du tremblement de terre qui s'est produit en 1929 se trouvait sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. Il avait une ampleur, mesurée par les instruments, de 7.2. Ce tremblement de terre sectionna directement ou indirectement douze câbles transatlantiques. C'est lui qui a causé les seules pertes de vies considérables attribuables aux séismes dans l'histoire du Canada. En effet, il a provoqué une vague sismique (qu'on peut appeler vague de fond ou raz de marée) qui, en pénétrant dans la baie de Placentia en forme d'entonnoir sur la côte sud de Terre-Neuve, s'est élevée à une hauteur de 30 pieds en inondant plusieurs villages et en noyant 27 personnes.

Nous pourrions considérer que ce tremblement de terre se trouvait relié au système du Saint-Laurent mais le tremblement de terre suivant n'avait certes rien de commun avec ce système. Son épïcêtre se trouvait dans la baie de Baffin et il avait une ampleur de 7.3. Ensuite, en 1935 un tremblement de terre dont l'ampleur était de 6.2 s'est produit à Témiscamingue dans le Québec. Témiscamingue est une ville construite pour les besoins d'une industrie. Ses maisons sont bien construites et bien entretenues. Bien que la secousse se soit produite presque directement sous la ville les dommages n'ont pas été importants. Cependant, des cheminées se sont effondrées à Mattawa et à North Bay, deux communautés situées à quelque 40 milles de l'épicentre. Ce tremblement de terre, par ailleurs, a été ressenti dans tout l'Est du Canada et dans l'ouest jusqu'à Duluth.

Le dernier séisme de cette série de trois dans l'Est du Canada s'est de nouveau manifesté dans la vallée du Saint-Laurent, cette fois entre Cornwall, Ontario et Mesina, New York. Comme il s'est produit près de deux villes industrielles il a causé des dommages considérables — estimés au bas mot à 2 millions de dollars — bien que son ampleur n'était que de 5.9.

Les tremblements de terre dans l'Ouest du Canada

Parlons maintenant des tremblements de terre dans l'Ouest du Canada. Nous ne possédons pas de documents écrits remontant aussi loin dans le passé que ceux disponibles dans le Québec. La première mention faite par

Milne d'un tremblement de terre mineur remonte à 1841. Le premier tremblement de terre majeur qui, selon Milne, a dû avoir une ampleur de 7.5 a été ressenti dans tous les lieux habités. En examinant attentivement les témoignages très limités dont ils disposait, Milne a situé l'épicentre de ce séisme près de la ville actuelle de Hope, en Colombie-Britannique.

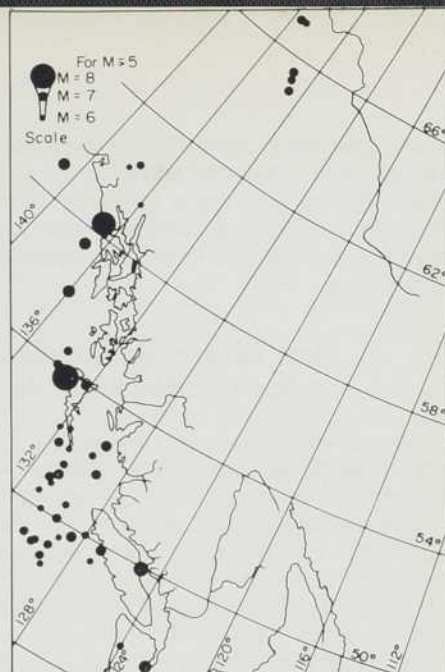
En 1918 un tremblement de terre ayant une ampleur de 7 s'est produit sur la côte ouest de l'île de Vancouver près d'Estevan. En 1929, un autre tremblement de terre ayant une ampleur de 7 s'est produit aux alentours du détroit de la Reine Charlotte. D'autres séismes de moindre importance se sont ensuite produits mais le grand tremblement de terre suivant a eu lieu en 1946. Son centre était situé dans le détroit de Georgia entre les cours d'eau Powell et Courtney. Etant donné que cet emplacement se trouvait quelque peu éloigné de la terre les dommages ont été inférieurs à ce qu'ils auraient pu être, vu qu'il s'agissait d'un séisme d'une ampleur de 7.3. Cependant de nombreux changements se sont produits dans le relief y compris des glissements et des affaissements de terrain ainsi que des fissurations; de nombreuses cheminées et des murs de brique ont été ébranlés dans les villes et les villages avoisinants.

Le dernier tremblement de terre indiqué dans notre catalogue est un séisme ayant une amplitude de 8 qui s'est produit en 1949 à l'extrémité nord des îles de la Reine Charlotte. Du fait que cette région est pour ainsi dire complètement déserte il n'y a pas eu de dommage à la propriété mais un géologue qui ramenait son canot vers la rive au moment du séisme a fait savoir qu'il a été renversé au sol par la violence du choc. Des appareils électriques pendant au plafond se sont balancés à Calgary et les secousses ont même rendu inutiles les observations effectuées durant une nuit au moyen du

Route détruite par un effondrement dû au tremblement de terre de 1946.



LE JEUNE SCIENTIFIQUE, FÉVRIER 1966



Carte montrant les tremblements de terre de l'Ouest canadien, 1900-1960. La lettre M signifie *magnitude* ou amplitude, ampleur.

télescope du cercle méridien à l'Observatoire fédéral d'Ottawa. Les ondes de surface dues au tremblement de terre ont fait tellement osciller le télescope que les fils en croix du réticule ne pouvaient pas suivre les étoiles avec précision.

Ceci termine l'énumération des grands tremblements de terre canadiens. Nous savons maintenant qu'en tenant compte des témoignages historiques le Canada a connu un très grand nombre de tremblements de terre, bien plus importants que celui qui a causé tant de dégâts à Long Beach.

Un réseau de stations sismographiques

Naturellement, nous n'avons parlé que des grands tremblements de terre. L'Observatoire fédéral a publié des listes de tous les tremblements de terre observés par des témoins. Ces listes comprennent un total de plus de 700 séismes. Notre article comporte quelques cartes qui indiquent l'emplacement de quelques-uns de ces tremblements de terre. De plus, nous avons commencé à recueillir des données sur les secousses enregistrées dans l'Arctique mais il y a si peu d'habitants dans cette région, et depuis si peu de temps, qu'il n'y a pas grand chose à voir sur la carte.

Ce problème se retrouve dans les régions peu habitées du Canada et pour lesquelles nous ne disposons d'aucune source de renseignements historiques. Tout ce que nous pouvons faire est d'installer des stations sismographiques afin d'enregistrer avec soin les tremblements de terre qui pourront se produire dans l'avenir. Depuis 1959 le Gouvernement donne de plus en plus d'importance au réseau sismique de notre pays. Lorsque ce sera complet, aucune localité canadienne ne sera à plus de 300 milles d'une station sismographique parfaitement amé-

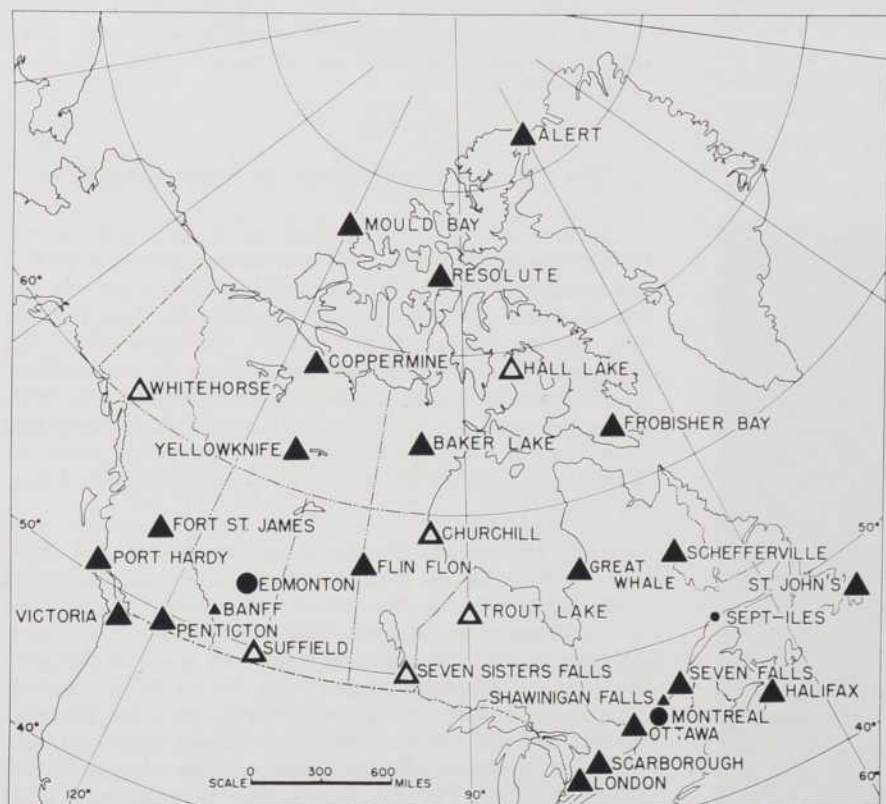
agée. Il y aura, en fait, davantage de stations dans les régions comme la côte de la Colombie-Britannique et la vallée du Saint-Laurent qui sont l'objet de fréquents séismes. Notre article comprend une carte qui indique le réseau actuel de nos différents types de stations sismographiques.

Les normes de construction et les tremblements de terre

Ayant établi que le Canada est l'objet de grands tremblements de terre, même s'ils ne sont pas fréquents, nous devons nous demander ce que sont les implications de ces phénomènes du point de vue de la construction. Est-ce que nos villes sont susceptibles d'être endommagées par des tremblements de terre? Est-il possible que nos écoles et nos hôpitaux s'effondrent et que nous assistions aux horribles événements qu'ont connus d'autres pays? Nous pouvons répondre à ces questions à la façon des Normands, « peut-être oui, peut-être non ». Bien que les dangers sismiques ne soient pas comparables à ceux de pays comme le Japon, Formose, l'Alaska ou le Chili qui connaissent d'importants et fréquents tremblements de terre ils sont au moins aussi importants, en ce qui concerne l'ampleur, que ceux de la Californie. N'importe qui à Victoria, à Vancouver, à Ottawa, à Montréal ou à Québec pourrait être la victime d'un tremblement de terre ayant jusqu'à 30 fois l'importance de celui de Long Beach et il est même possible que des séismes aussi importants que celui de San Francisco se soient produits dans la vallée du Saint-Laurent. S'ils se sont produits dans le passé, ils peuvent se produire à nouveau. Comment pouvons nous nous protéger?

Il est certainement possible de concevoir différents types de bâtiments qui ne seront pas excessivement endommagés par les tremblements de terre. En 1952, le Conseil national de recherches, en collaboration avec un groupe d'ingénieurs, a commencé la rédaction d'un *Code national du bâtiment* pour le Canada. Ce Code comporte des dispositions relatives aux risques des tremblements de terre, dispositions qui ont été mises à jour en 1964. Les précautions à prendre dépendent de l'emplacement géographique. Une carte relative à la probabilité des tremblements de terre au Canada figure dans le Code national du bâtiment et qui est reproduite dans notre article, divise le pays en quatre zones appelés 0, 1, 2 et 3. Ces zones correspondent aux dangers présentés par les tremblements de terre. Dans la zone 0, le danger est nul, dans la zone 1 il est mineur, dans la zone 2 il est modéré et dans la zone 3 il est grand. Ces zones sont semblables à celles d'une carte du même genre établie pour les Etats Unis. La zone 3 s'applique dans la carte américaine à la Californie comme elle s'applique au Canada aux bassins hydrographiques du Saint-Laurent et de l'Outaouais et aux régions côtières de la Colombie-Britannique. Au début, de nombreux intéressés se sont opposés à l'établissement de cette carte et même à l'inclusion de normes relatives aux séismes dans le Code national du bâtiment. Cette attitude change graduellement mais aucune grande ville canadienne n'a encore adopté la partie du Code qui a trait aux constructions susceptibles de résister aux tremblements de terre.

L'objection des ingénieurs et des architectes en ce qui concerne la probabilité des tremblements de terre est quelque peu justifiée. Elle repose sur le fait que les limites des zones sont des lignes droites ou des courbes



Carte montrant le réseau des stations sismographiques canadiennes. Les grands symboles représentent les stations équipées selon les normes internationales, les petits symboles représentent les stations dont l'équipement est limité. Les symboles pleins (entièrement noirs) représentent des stations existantes, les symboles creux représentent des stations projetées. Les triangles représentent des stations gouvernementales, les ronds des stations privées. L'échelle est en milles.

régulières et que les terrains de la zone 3 sont, dans certains cas, immédiatement adjacents à des terrains de la zone 1 ou même de la zone 0. Comment est-il possible d'évaluer les risques en des points se trouvant à proximité de ces limites ?

En préparant la carte nous avons été pleinement conscients de ses limitations. La carte a été établie en fonction de ce que nous savions au sujet des tremblements de terre du passé, en fonction des tremblements produits dans des régions adjacentes au Canada et en fonction de la théorie géologique que l'on a suggérée quant à la probabilité des tremblements de terre. Ainsi, le fait que des tremblements de terre se sont produits dans le Montana, immédiatement au sud de la frontière canado-américaine, permet d'établir l'hypothèse que des tremblements de terre pourraient se produire en Alberta et dans le sud de la Colombie-Britannique. Comme des séismes se produisent tout autour de la limite du Pacifique il serait naturel que l'on se méfie de la Colombie-Britannique, même si on n'avait pas connaissance des tremblements de terre qui se sont produits dans sa région côtière. Le bouclier canadien est considéré par les géologues comme une région stable, c'est pourquoi on l'a placé dans la zone 0. La forme générale des limites a été choisie pour indiquer qu'elles ne sont pas très définies. Personne n'a prétendu que cette carte était définitive ; elle constitue seulement la meilleure représentation que l'on a pu établir il y a quelques années.

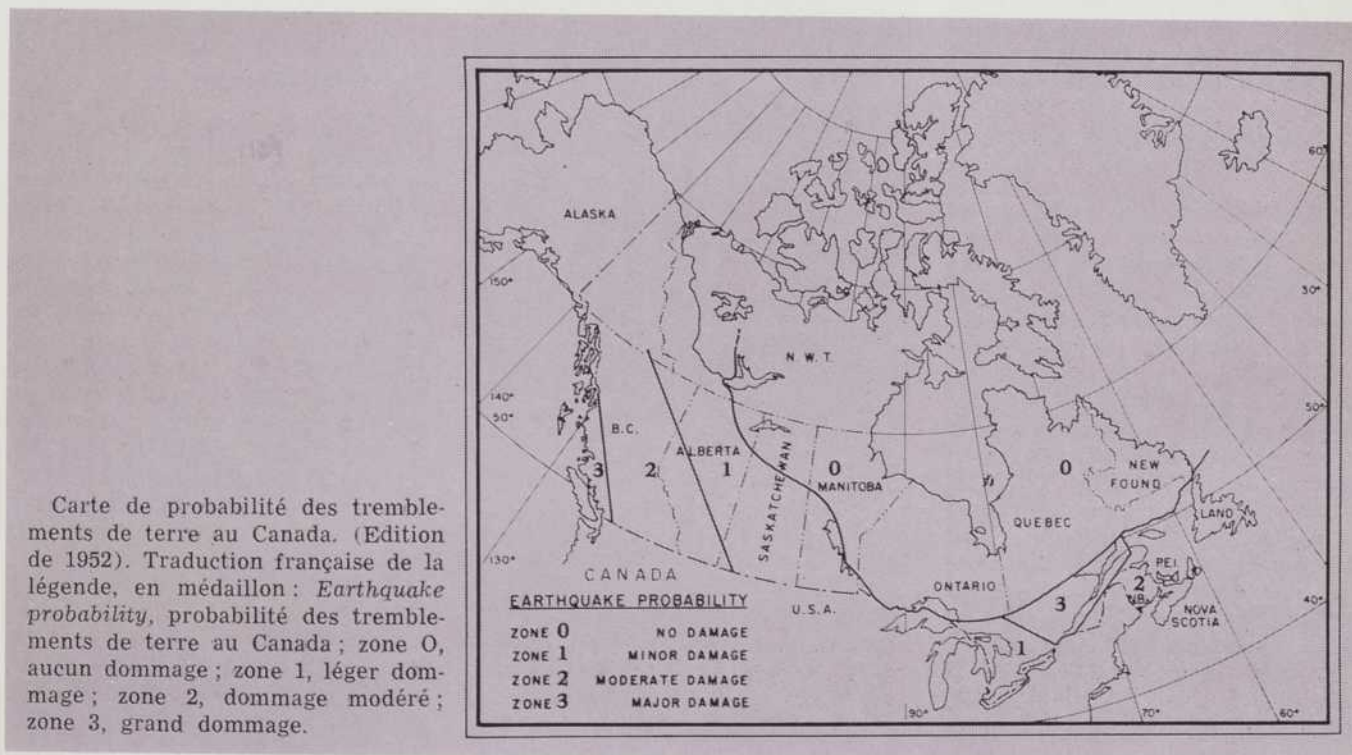
Une nouvelle carte en préparation

Maintenant que nos catalogues des tremblements de terre canadiens sont pratiquement complets, il est possible de faire quelque chose de mieux et une nouvelle carte établie par M. W. G. Milne de l'Observatoire as-

trophysique fédéral sera publiée dans quelques mois. Cette carte sera basée principalement sur des données recueillies sur cartes perforées au sujet de tous les tremblements de terre s'étant produits au Canada ou près des frontières. Le nouveau catalogue donne la latitude, la longitude et l'ampleur de chaque secousse. Un programme a été constitué pour la calculatrice du ministère des Mines lequel nous permettra de déterminer les phénomènes sismiques en n'importe quel point. On donnera à la calculatrice une formule définissant la distance à laquelle un tremblement de terre de n'importe quelle ampleur aurait pu être ressenti et cette formule pourra atteindre toutes les cartes perforées du catalogue et montrer l'amplitude que chaque tremblement de terre aurait pu causer au point en question. Cette méthode permettra non seulement d'évaluer les effets des tremblements de terre avoisinants, qu'ils soient grands ou petits, mais elle permettra également d'évaluer les amplitudes qui auraient pu être causées par une grande secousse lointaine. Tout ingénieur intéressé à connaître l'histoire des phénomènes passés en un point particulier peut nous donner les coordonnées et la calculatrice fournira rapidement une réponse. Afin d'établir une carte pour l'ensemble du pays il nous suffit de fournir à la calculatrice un quadrillage approprié de points.

Une "carte de régionalisation sismique"

La valeur de la nouvelle carte sera cependant encore limitée parce qu'elle sera fondée sur des phénomènes passés et parce que notre connaissance de ces phénomènes remonte à une période de temps très courte, géologiquement parlant. Notre objectif, au Canada, est d'établir un type de carte mis au point par les Russes et que ceux-ci appellent « carte de régionalisation sismique ». Le principe à la base de la préparation d'une



telle carte est le suivant : les épicentres des tremblements de terre sont relevés aussi minutieusement que possible pour la région faisant l'objet d'une enquête. Généralement ces épicentres forment des lignes qui peuvent ou non être associées à des défauts connus. Souvent les lignes ne sont pas continues et on n'est même pas très certain qu'elles existent ; il peut y avoir une série de tremblements de terre en un point puis une longue période sans activité, puis une autre série de tremblements de terre, puis d'autres sans activité, etc. Le principe de la régionalisation sismique est d'avoir recours à autant de renseignements supplémentaires que possible pour mieux expliquer la signification des lignes établies. Est-ce que les formes de la terre suggèrent des poussées rapides dans les temps géologiques récents ? Y a-t-il un soulèvement inusité ou un déplacement latéral des strates géologiques ? Est-ce que les mesures géophysiques suggèrent une discontinuité structurale ? Est-ce que le contrôle géodésique ou le nivellement précis indiquent des mouvements de courant ? Toutes les données de ce

genre sont triées afin de définir les lignes actives. Une fois qu'une ligne a été établie nous assumons qu'un tremblement de terre peut se produire n'importe où sur cette ligne, n'importe quand, et qu'il peut être aussi important que le plus grand séisme déjà survenu dans cette zone. Au moyen de ces renseignements et sachant comment l'énergie est réduite avec la distance, nous pouvons évaluer les risques sismiques en n'importe quel point de la région définie par la ligne.

Le ministère des Mines et des Relevés techniques dont font partie les Services des levés géologiques et des levés géodésiques, ainsi que les Divisions des séismes et de la pesanture de l'Observatoire fédéral, a mis sur pied un « Comité de régionalisation sismique » qui est chargé de coordonner les travaux de ces organismes en vue d'établir une carte complète de régionalisation sismique. L'établissement de cette carte exigera beaucoup de temps mais il est bon de savoir que nous l'aurons un jour.

UNE CARRIÈRE DANS L'INDUSTRIE MINÉRALE ?

« A bien des égards, l'industrie minière est le fondement même de notre économie. Le Canada se situe au premier rang dans le monde pour la production du nickel, de l'amiante, du zinc et des métaux du groupe platine ; au deuxième, pour celle de l'uranium, du cadmium, du cobalt et du soufre ; et au troisième, pour la production de l'aluminium, du gypse et de l'or. Les substances minérales et les métaux constituent nos principales exportations. En 1963, la valeur de la production de métaux, de minéraux industriels et de combustibles s'est élevée à près de 3 milliards de dollars et les deux tiers de cette production ont été expédiés à l'étranger.

« Bien que des études géologiques aient démontré que le Canada possède de fortes réserves de la plupart des minéraux de valeur commerciale, on ignore encore le volume exact des richesses minérales enfouies dans notre immense territoire, d'une superficie de 3,800,000 milles carrés, et jusqu'à quel point les progrès de la science et de la technologie nous permettront de les exploiter. On a dit que le monde de demain appartient au scientifique, à l'ingénieur et au spécialiste ; cela est particulièrement vrai des personnes qui travaillent dans les domaines de la géologie, du génie minier, du traitement des minéraux ou de la métallurgie. Si la science et le génie vous intéressent, songez que l'industrie minière offre des perspectives très brillantes vous

permettant de faire valoir vos connaissances et votre initiative. »

C'est ainsi que se présente une élégante brochure, *L'industrie minière du Canada a besoin de VOUS*, que vient de publier « l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie ».



Un fascicule de 20 pages, illustré de bonnes photographies et de graphiques en couleurs, qui décrit successivement l'industrie minière, la géologie et l'exploration, le génie minier, le traitement des minerais, la

récupération chimique des métaux, la métallurgie physique, le génie pétrolier ainsi qu'un aperçu des institutions universitaires qui préparent à ces carrières.

Tous les étudiants et les professeurs intéressés peuvent obtenir gratuitement « *L'industrie minière du Canada a besoin de VOUS* » en écrivant chez l'éditeur : L'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie, 906, édifice Drummond, Montréal 2, P.Q.

Volume sur les tremblements de terre

M. John H. Hodgson, l'auteur de l'article qui paraît dans ce numéro, est reconnu comme l'un des éminents spécialistes du monde en Séismologie ou l'étude des tremblements de terre. En plus de ses importantes responsabilités au ministère des Mines et des Relevés techniques, à Ottawa, le Dr Hodgson est président de l'*International Union of Seismology and Physics of the Earth's Interior* et membre consultant des comités de Séismologie à l'UNESCO. Le Dr Hodgson est également l'auteur d'un ouvrage de vulgarisation scientifique sur les tremblements de terre intitulé « *Earthquakes and Earth Structure* », Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1964, 166 pp. L'article qui paraît dans nos pages est la version française (inédiée) d'une étude publiée en juillet 1965, dans la revue *Canadian Geographical Journal*, Ottawa, volume LXXI, no 1, pages 30-39.

Comment furent nommés les éléments chimiques

par K. CLUSIUS

Suivant un usage qui fait loi, c'est à celui qui a découvert un élément chimique que revient le droit de donner au nouveau venu le nom qu'il portera. Ce nom devrait être court, pratique et adéquat, comme d'ailleurs pour un enfant et dont les parents seraient bien mal inspirés si, dans leur première joie, ils l'affublaient d'un prénom par trop prétentieux.

Les savants ne sont toutefois eux aussi que des hommes, et, lors du choix d'un nom, il leur arrive parfois de ne pas faire preuve de la même perspicacité qu'ils ont certainement eue lors de leur découverte ; mais il sera question de cela plus tard.

Couleurs et caractéristiques

Il est parfaitement logique qu'un élément qui forme, avec la plupart des corps, des composés aux couleurs vives, soit nommé chrome (du grec *chroma*, couleur). Les halogènes classiques ont tous des noms fort acceptables. Le fluor (du latin *fluere*, couler) rappelle l'emploi de son principal minéral, la fluorine ou flusspath, comme « flux » pour faciliter la fusion d'une autre substance. Le chlore doit son nom à sa couleur jaune verdâtre (du grec *chloros*, vert) ; nous retrouvons la même racine dans chlorophylle, la matière colorante verte des feuilles. Le nom du brome vient de son odeur piquante (du grec *bromos*, puanteur), et celui de l'iode des magnifiques couleurs de ses vapeurs (du grec *ioeidès*, de couleur violette). Ce n'est pas seulement pour le brome qu'intervient l'odorat ; l'osmium (*osmè*), odeur, est ainsi nommé à cause de l'odeur qu'exhale son tétr oxyde. Le radium et l'actinium rappellent leurs propriétés irradiantes ; quant au phosphore qui luit dans l'obscurité il est le porteur de lumière (*phosphoros*). Chez les Grecs, *Phosphoros* désignait aussi l'étoile du matin.

Perdus dans les âges...

La formation des noms des éléments déjà connus dans l'antiquité se perd dans la nuit des temps. Le fer, le soufre, l'or, l'argent, le plomb, l'étain, le mercure sont utilisés depuis des milliers d'années. Les rap-

ports mystiques qui, comme on le croyait existaient entre les hommes et les forces surnaturelles, faisaient élever les substances d'une certaine importance au rang d'un attribut des dieux et, pour les représenter, on employait des symboles tirés du système planétaire. L'or d'un jaune brillant eut comme symbole le soleil, l'argent de couleur blanche, la lune. De nos jours encore les orfèvres poinçonnent leurs ouvrages d'un cercle irradiant ou d'un croissant pour caractériser les métaux précieux qu'ils emploient. Le fer était rattaché à Mars, le dieu de la guerre, l'étain à Jupiter, le plomb à Saturne et le vif-argent à Mercure, messenger des dieux et, de plus, dieu des marchands et des voleurs. C'est cela que rappelle le nom que l'on a donné au vif-argent en France et en Angleterre (mercure, *mercury*).

Empruntés à la mythologie

La tendance à choisir des noms issus de la mythologie se fit de nouveau remarquer aux débuts de la chimie moderne et surtout autour des XVIII^e et XIX^e siècles. Lorsque le chimiste berlinois Martin Heinrich Klaproth caractérisa en 1795 les composés du titane, il pensa que le mieux était de choisir une désignation qui ne pourrait entraîner aucune erreur. Pour cette raison il donna à ce nouveau métal découvert dans le règne minéral, le nom des premiers fils de la terre, les Titans. Klaproth ne savait pas alors combien cela était juste pour d'autres raisons : le titane employé en alliage avec les aciers, leur confère en effet de véritables propriétés titaniques. Tel quel, sa ténacité, sa résistance et son faible poids, lui assurent un grand avenir dans la métallurgie. C'est de façon analogue que furent choisis le nom des métaux vanadium, thorium, niobium et tantale. Berzelius nomma les deux premiers éléments d'après Vanadis, un surnom de la déesse nordique Freya, et Thor le dieu du tonnerre. Les noms des deux métaux analogues du point de vue chimique, le niobium et le tantale, viennent par contre de la mythologie grecque. Tantale, le père de Niobé a, suivant une version de la mythologie, douté du savoir des dieux et a dévoilé leurs secrets aux hommes. Il fut condamné à être jeté aux enfers où il serait en proie à une soif et à une

faim dévorantes. Il se trouve là dans un étang, sous un pommier dont les fruits pendent au-dessus de sa tête. Mais l'eau se retire dès qu'il se penche pour boire, et les branches de l'arbre se soulèvent lorsqu'il veut en détacher un fruit. C'est ce tableau que Ekeberg, un suédois qui découvrit le tantale eut devant les yeux lorsqu'il choisit ce nom. « Il voulait faire ainsi allusion, selon un usage qui approuve l'emploi des noms pris dans la mythologie, au fait qu'il serait impossible à cet élément, s'il se trouvait dans un excès d'acide, d'en absorber, ne serait-ce qu'une partie, pour s'en saturer. »

... et à la géographie

Il est assez naturel que le nom d'une substance rappelle l'endroit où elle a été découverte. C'est ainsi que le nom latin qui désigne le cuivre, « *cuprum* », est mis en relation avec l'île de Chypre, *Cyprium*, où se trouvaient dans l'antiquité de riches mines de cuivre. Certains étymologistes ont toutefois pensé que cuivre dérivait de « *Chrysis* », nom que l'on donnait parfois à la déesse de l'amour, Aphrodite. De fait, le cuivre est un métal qui peut être facilement oxydé et réduit, c'est-à-dire qui entre facilement en combinaison, mais qui se dégage aussi aisément, de sorte qu'il était nommé par les alchimistes « *meretrix metallorum* », c'est-à-dire la « courtisane des métaux ». La ville de Magnésie en Asie Mineure, aujourd'hui en ruines, a donné son nom, à la suite d'une série de confusions à deux éléments, le manganèse, un métal lourd et le magnésium, un métal léger. Mais Magnésie se trouve dépassée par la petite ville d'Ytterby près de Stockholm dont le nom a servi à quatre éléments : ytterbium, yttrium, terbium et erbium, dénominations de fantaisie pour des métaux fort semblables, rentrant dans la classe des terres rares.

Les éléments nationalistes

Il serait étonnant que la superstition n'ait pas, elle non plus, laissé ici ses traces. Les métaux précieux, le cobalt et le nickel, doivent leur nom à la déception des mineurs, qui se voyaient trompés dans leurs espoirs. « *Cobold* » et « *nickel* » sont des lutins de la mythologie nordique,

qui se moquaient des hommes et ne leur faisaient trouver que bien peu de métal brillant dans des minerais lourds et prometteurs. Un peu trop de précipitation et une certaine étroitesse de vue se sont aussi manifestées lorsqu'on donna un nom à un métal très utile et des plus précieux, le platine. Platine est un diminutif du mot *plata* qui signifie en espagnol argent, avec lequel il a quelque ressemblance. Toutefois, comme il ne s'agissait pas d'un véritable argent, on le nomma dédaigneusement « platina », petit argent.

Le besoin qu'éprouvent certains esprits à mettre en évidence leur pays s'est là aussi largement manifesté. C'est ainsi que nous avons toute une série d'éléments « nationalistes », ainsi que les dénommait le grand théoricien munichois Arnold Sommerfeld dans ses cours : le ruthénium pour la Russie, le gallium et le francium pour la France, le germanium pour l'Allemagne et le polonium pour la Pologne. Le scandium, une terre rare, pour les pays scandinaves doit plutôt être considéré comme « neutre », tandis que le métal europium représente l'Ancien Monde et l'élément transuranien, américium, le Nouveau Monde. De mauvaises langues ont prétendu, il est vrai, que Paul Emile Lecoq de Boisbaudran, qui avait découvert le gallium, n'avait pas du tout pensé à son pays, mais qu'il avait simplement voulu immortaliser son propre nom, Lecoq, en latin « *gallus* ».

Une certaine fatuité, ou un certain sens de l'humour, ont peut-être aussi joué un rôle lorsque le chimiste suédois Carl Gustav Mosander, un des élèves de Berzelius, découvrit entre 1839 et 1842, à partir de la cécrite, deux nouvelles terres, le lanthane et le didyme. Lanthane signifie « caché » et dérive du verbe grec *lanthano*, tandis que didyme, *didymos*, est le mot grec pour « jumeau ». Mosander expliqua son choix du fait que le didyme se comporte comme un jumeau du lanthane et qu'il lui est fort semblable. Carl Friedrich Wöhler, le célèbre chimiste ami de Justus v. Liebig, fit observer que, d'après cette explication, le mot *tridymos* (trois jumeaux) serait préférable, car on est en présence de trois éléments étroitement apparentés, le cérium, le lanthane et le didyme ; de plus le mot didyme a quelque chose de puéril. « Mais lui, Wöhler, savait très bien pourquoi Mosander attachait une importance aussi grande aux « jumeaux », — très probablement en souvenir de ceux qu'il avait faits à son épouse durant la nuit de noces ». Cette histoire n'est toutefois pas terminée, car en 1885 le chimiste Auer von Welsbach put scinder le didyme de Mosander et montra qu'il renfermait deux éléments jumeaux. Nous désignons aujourd'hui ces deux éléments fort apparentés, par les noms de néodyme et praséodyme.

Les savants célèbres

Des propositions en vue de donner à de nouveaux éléments les noms de savants célèbres ont été faites dès les débuts de la chimie moderne, mais elles n'ont toutefois trouvé d'abord qu'un faible écho. Jusqu'à ces derniers temps, ce n'est que dans le gadolinium, un métal terreux, que l'on retrouvait le nom du chimiste finlandais, Johann Gadolin (1760-1852), qui a enrichi la chimie des terres minérales rares à la suite de longues recherches. De nos jours, où l'on reproche le culte des stars, et cela parfaitement en vain, on est moins réticent. C'est ainsi que pour quelques transuranes on a choisi les noms de curium, d'après Pierre et Marie Curie qui ont découvert le radium, d'einsteinium d'après Albert Einstein qui a établi l'équation énergie-masse, de fermium suivant Enrico Fermi, le constructeur du premier réacteur nucléaire, de mendélévium d'après Dimitri Mendeljev, un des fondateurs du système périodique des éléments, et de nobelium d'après Alfred Nobel, le grand industriel et mécène suédois. Il reste naturellement à savoir s'il est de bon goût de parler du chlorhydrate d'Einstein ou de mendéléviumneptunylate ; cela n'est en tout cas ni commode ni pratique.

Les noms des astres

De grandes découvertes dans l'astronomie firent souvent une si grande impression que de nouveaux éléments reçurent le nom de planètes. Klaproth trouva dans la pechblende un métal très curieux qu'il dénomma, d'après la planète Uranus découverte par Herschel en 1789, uranium. Les éléments qui suivent l'uranium lequel porte le chiffre 92, sont le neptunium (93) et le plutonium (94), ainsi nommés d'après les planètes Neptune et Pluton, les plus éloignées du soleil, et qui font suite à Uranus. Toutefois Wiberg a fait remarquer, qu'« en considération de l'effet infernal du plutonium comme explosif pour les bombes atomiques, on devrait plutôt faire dériver ce nom de Pluton, le dieu des enfers ». Lorsqu'en 1801 Piazzi à Palerme découvrit Cérés et Olbers en 1802 à Brème Pallas (Athéné), on sut pour la première fois qu'il existait des planétoïdes qui peuplent par milliers le vide entre Mars et Jupiter. Cette découverte eut un grand retentissement dans le monde scientifique. Berzelius et Hisinger nommèrent un minéral découvert en 1803, le cécrite, et le métal qu'il contient, cérium, tandis que Wollaston donna à un métal de la mine de platine découvert la même année, le nom de palladium. Ces désignations sont typiques pour une époque où les différen-

tes branches scientifiques n'étaient pas encore aussi surchargées qu'elles ne le sont aujourd'hui, et que des représentants de disciplines très éloignées l'une de l'autre, telles que l'astronomie et la chimie, prenaient une part active à tout ce qui survenait dans les sciences. Le soleil et la lune furent aussi mis à contribution. Hélium est le nom latinisé d'*Hélios*, dieu grec du soleil. Il fut découvert en 1868 dans la chromosphère, grâce à ses lignes jaunes, au cours d'une éclipse de soleil par l'astronome français Pierre Jules Janssen et fut identifié comme nouvel élément par son collègue anglais Joseph Norman Lockyer. Sur la terre ce gaz rare ne fut décelé qu'en 1895 ; quant à l'élément sélénium, son nom vient du grec (*selene*), du fait qu'il accompagne l'élément tellure (de « *tellus* », terre), comme la lune accompagne la terre.

Les éléments les plus connus

Qu'en est-il, demandera-t-on peut-être de quelques-uns de nos éléments les plus connus et les plus importants, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène. L'hydrogène étant le principal constituant de l'eau, son nom est parfaitement bien justifié. L'azote qui constitue 4/5 de l'air vient du grec (*azoton*), impropre à entretenir la vie. Ce n'est toutefois pas une propriété caractéristique de ce gaz, car tous les gaz nobles se comportent comme l'azote : ils ne peuvent entretenir la vie, sans toutefois être pour cela nocifs ou toxiques. Le nom anglais *nitrogen* (formant du salpêtre) est plus précis, car il se rapporte à une propriété spécifique de l'azote. En ce qui concerne l'oxygène (*oxus*, fort, acide et *genos*, genre, race, descendance), comme on le nomme à tort, c'est la théorie de Lavoisier suivant laquelle les composés des produits non métalliques forment avec cet élément des acides, qui s'est trouvée ancrée par ce nom. Il s'agit là d'une erreur, car le caractère d'un acide classique est déterminé par sa teneur en hydrogène mobile, à charge positive, c'est-à-dire par les ions hydrogène. Plusieurs dizaines d'années se sont écoulées avant que cette erreur put être redressée, et elle fut la cause de vives controverses entre chimistes. On ne peut en faire un reproche à Lavoisier, car, à l'état où se trouvait alors la chimie, il était impossible d'avoir un aperçu exact de ces relations. On devrait toutefois en tirer une leçon : ne pas se baser pour choisir le nom d'un élément sur une hypothèse qui, par la suite, peut s'avérer fautive. De toute façon, plus exact est le nom qu'utilisa Carl Wilhelm Scheele, un des chimistes qui découvrit l'oxygène. Il parla « d'air pour vie ou pour le feu », car l'oxygène est indispensable à la respiration et à la combustion.

Tarif des abonnements

	Canada	Autres pays
Abonnement individuel :	\$3.00	\$3.50
Abonnement de groupe :	\$2.00	\$2.25

Un abonnement de groupe (ou groupe-étudiants), comprend 15 abonnements ou plus à une même adresse. Le responsable de ces abonnements bénéficie d'un escompte de 5% sur chaque abonnement.

Les chèques ou mandats doivent être faits en argent canadien, au nom du JEUNE SCIENTIFIQUE, case postale 6060, Montréal 3, Qué., Canada.

Le Jeune Scientifique

Le Jeune Scientifique est une revue de vulgarisation des sciences destinée aux étudiants d'expression française. Elle a besoin de la collaboration de tous les éducateurs, de tous les enseignants pour atteindre la population étudiante des écoles secondaires et des collèges. Son avenir repose en grande partie sur cet accueil, sur cette participation du milieu étudiant.

Le Jeune Scientifique doit obtenir 10,000 abonnements pour maintenir son programme actuel, pour continuer à servir les étudiants intéressés aux sciences. L'an dernier, pour le 3e volume, le nombre d'abonnements atteignait 8,000. Il faudrait donc intensifier les efforts, présenter la revue dans toutes les écoles, assurer sa diffusion dans tous les collèges et dans un plus grand nombre de foyers.

Les auteurs de ce numéro

Rédacteurs :

- 97 Les Chenilles à tente, par Louis-Philippe Coiteux, assistant de laboratoire, Département de Biologie, Université de Sherbrooke.
- 100 Le courant de Cromwell dans le Pacifique, par Paul H. LeBlond, Ph. D., Département d'Océanographie, Université de Vancouver, C.-B.
- 104 Quelques notions d'aéronautique, par Alphée Nadeau, B. Sc., professeur au Collège Sainte-Anne, La Pocatière, P.Q.
- 108 Les tremblements de terre au Canada, par John H. Hodgson, Ph. D., directeur de la Division des Observatoires (*Observatories Branch*), ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa. Article reproduit du *Canadian Geographical Journal*, Ottawa, vol. LXXI, no 1, juillet 1965, pp. 30-39, avec l'autorisation spéciale de l'éditeur; traduit par Guy Gavrel, Ottawa.
- 118 Une carrière dans l'industrie minière, par la rédaction du *Jeune Scientifique*.
- 119 Comment furent nommés les éléments chimiques, par Klaus Clusius, chimiste; reproduit d'une publication de la compagnie Bayer, Allemagne de l'Ouest.

Photographes, dessinateurs :

- 97-99 Les Chenilles à tente, photos Louis-Philippe Coiteux, assistant de laboratoire, Département de Biologie, Université de Sherbrooke.
- 100-102 Le courant de Cromwell dans le Pacifique, dessins de Paul H. LeBlond, Ph. D., Département d'Océanographie, Université de Vancouver, C.-B.
- 104-107 Quelques notions d'aéronautique, photo et dessins de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Washington, D.C. — Page 105, lois de Képler, esquisse de Alphée Nadeau dessinée par Claude Forest, Joliette, d'après le Dictionnaire de l'Aéronautique (Larousse).
- 108-117 Les tremblements de terre au Canada : p. 109 (haut), photo Bill Cunningham, Vancouver, C.B.; 109 (bas), photo du ministère des Terres et Forêts, C.-B.; les autres illustrations proviennent de la Division des Observatoires, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa; originaux gracieusement prêtés par la direction du *Canadian Geographical Journal*, Ottawa.
- 118 L'Industrie minière du Canada (brochure), gracieuseté de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie et du Service d'Information, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.



Quatre volumes d'information scientifique

Le 4e volume de votre revue LE JEUNE SCIENTIFIQUE est en cours et ses trois premiers volumes sont encore disponibles, à quelques exemplaires seulement. Certains numéros sont même épuisés. Hâtez-vous donc de les commander, si vous désirez compléter votre collection de ces précieux albums traitant des sciences naturelles et exactes.

Depuis octobre 1962, LE JEUNE SCIENTIFIQUE a déjà édité 24 brochures d'information scientifique, soit 3 volumes complets à 8 numéros chacun. Le 4e volume présente actuellement sa 5e livraison, avec ce numéro de février 1966.

Si cette revue vous intéresse, participez à sa diffusion, présentez-la à vos amis, à vos compagnons, à vos élèves... Prenez part à la propagande d'une revue de vulgarisation scientifique destinée aux étudiants d'expression française.

Si vous recrutez une quinzaine d'abonnements, à une même adresse, vous bénéficiez d'un *tarif spécial*, vous économisez un dollar pour chacun de ces quinze abonnements.

Ecrivez dès maintenant au bureau des abonnements, à l'adresse qui figure au bas de cette page, et demandez la nouvelle « *liste des publications* ». Vous pourrez obtenir les numéros antérieurs disponibles, certains numéros spéciaux de la revue « Le Jeune Naturaliste » (1950-1962), de même que des tirés à part d'articles parus dans Le Jeune Scientifique.

LE JEUNE SCIENTIFIQUE doit pouvoir compter sur une équipe d'éducateurs actifs, sur une population nombreuse de lecteurs et lectrices pour pouvoir continuer son oeuvre d'enseignement des sciences. Inscrivez-vous dès maintenant parmi ses amis, ses propagandistes.

LE JEUNE SCIENTIFIQUE, case postale 6060, MONTRÉAL 3.

