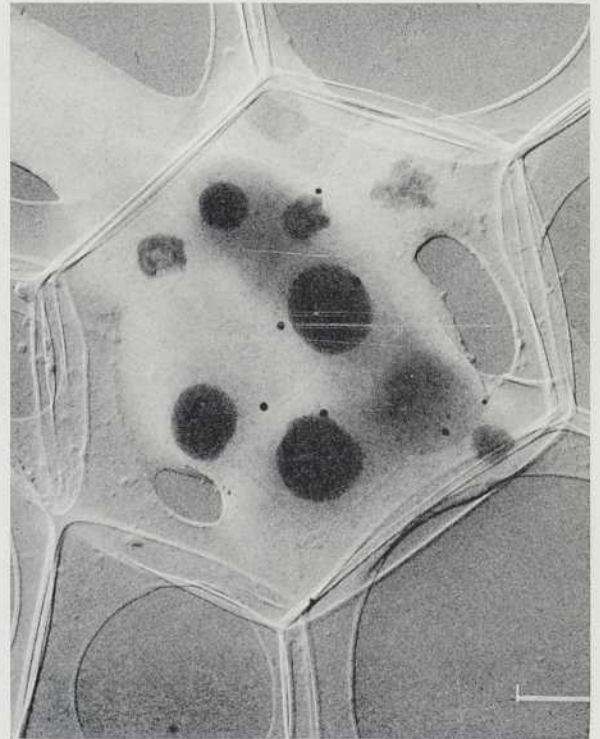
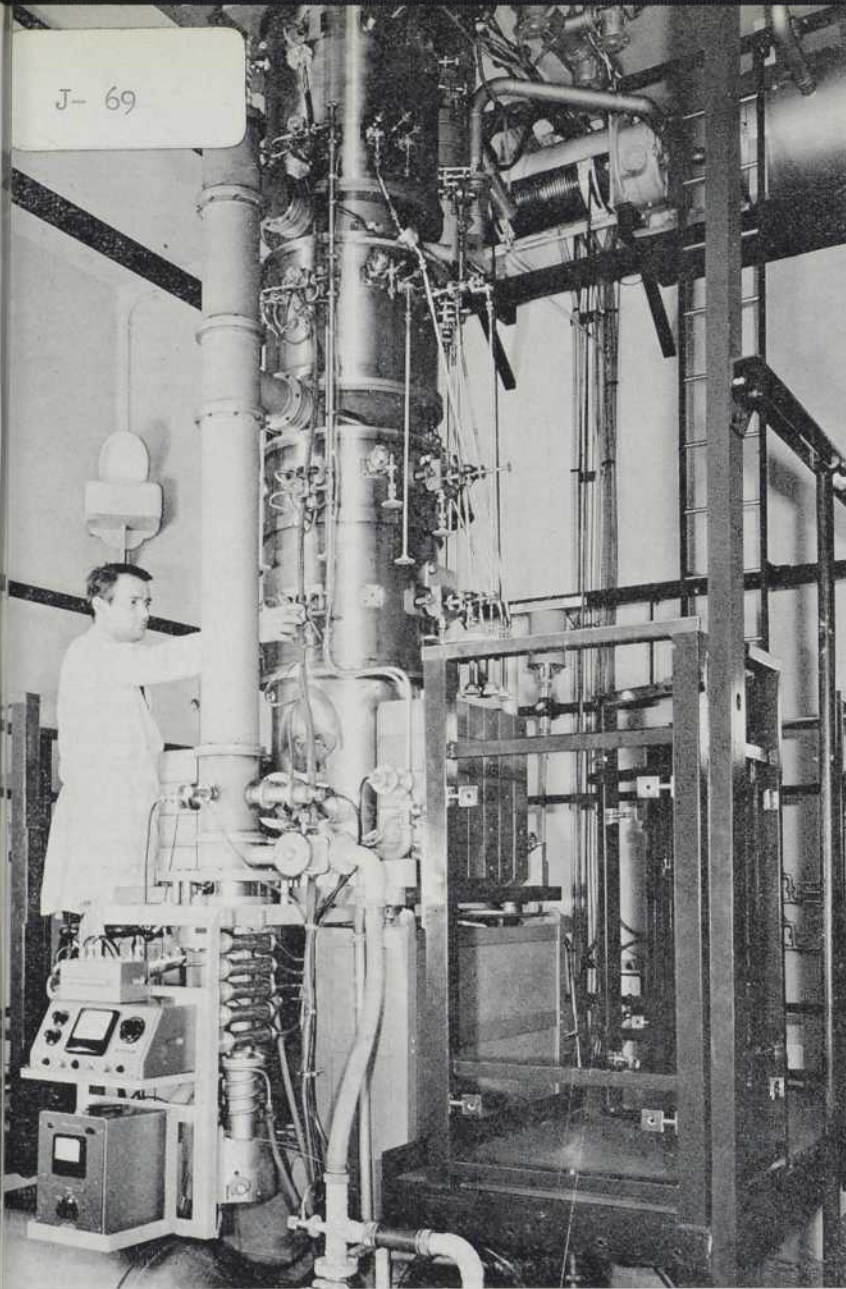


J- 69



VOLUME 7
NUMÉRO 3
DÉCEMBRE 1968



le jeune
scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Réflexions sur la "microbiologie"

Les maladies infectieuses ne respectent par les frontières nationales, le microbiologiste a dû, lui aussi, voyager autour du globe, à la poursuite de sa proie. Ces pérégrinations ont favorisé l'établissement de contacts étroits entre les bactériologistes, les protozoologistes et les virologistes appartenant à diverses races et à diverses cultures, qui ont souvent été amenés à unir leurs efforts contre des ennemis communs. Il est donc naturel que ces contacts soient à l'origine non seulement de solides liens personnels, mais aussi de nombreuses activités internationales de recherche.

Ces activités, dont l'objet était de combattre des maladies telles que la variole, la fièvre jaune ou le paludisme, ont souvent été si efficaces qu'on peut

les compter aujourd'hui parmi les principaux facteurs qui sont à l'origine de l'essor démographique actuel. Ce fait est si souvent rappelé que l'on a tendance à oublier le rôle joué par la microbiologie médicale et vétérinaire dans l'abaissement du coût des services de santé et dans l'établissement d'un état de bien-être qui favorise la productivité. Cependant, tandis que la plupart des microbiologistes ont conscience d'être largement responsables de l'allure inquiétante prise par la courbe démographique, nombre d'entre eux pensent maintenant aux moyens de gagner le temps dont les hommes d'Etat, les sociologues et les médecins auront besoin pour redresser cette situation en recourant à des méthodes moins cruelles que celles de la nature.

Les microbes, une ressource universelle

De même que le gaz carbonique ou l'azote de l'air peut être considéré comme une ressource naturelle abondante, à la disposition de tous les pays, de même les micro-organismes peuvent être considérés comme une ressource biologique universelle. Et cette ressource est remarquable du point de vue quantitatif aussi bien que qualitatif. Sur chaque hectare de terre bien cultivée, il y a de 300 à 3 000 kg de poids vif de micro-organismes; on évalue, en outre, la masse totale des cellules microbiennes vivant sur la terre à vingt-cinq fois environ la masse totale des animaux. L'existence de ces énormes quantités de bactéries, de moisissures et de virus s'explique par l'aptitude remarquable de ces micro-organismes à transformer le couvert végétal de notre planète par la voie de la décomposition organique.

Comme les constituants complexes des cellules animales n'échappent pas à leur action, il est évident que les micro-organismes sont admirablement bien outillés. Et, comme une panoplie complète d'outils serait trop lourde à porter pour une seule espèce, il s'est institué une spécialisation très poussée, chaque espèce portant la décomposition jusqu'à un point déterminé. Il existe donc ainsi nécessairement dans la nature, une sorte de processus en chaîne, qui suppose un jeu complexe d'antagonismes et de symbioses au sein de populations hétérogènes. Il en résulte des produits terminaux dont dépend pour une très grande part la productivité agricole.

D'un autre côté, les souches individuelles livrent souvent des produits très utiles au spécialiste de la microbiologie appliquée. Celui-ci exploite alors les avantages que les micro-organismes possèdent par rapport aux formes supérieures de la vie : grande similitude de fonctions pour les diverses cellules qui composent une population, capacité de proliférer sur des milieux minéraux, aptitude à subir des modifications génétiques, enfin grande souplesse et rapidité de multiplication.

L'homme dispose ainsi, grâce à ces quatre qualités, d'un instrument très puissant pour la transformation de son milieu biologique, à des fins constructives ou destructives. Effectivement, il lui faudra bientôt choisir entre ces deux voies : l'une, qui suppose un vaste effort pour mettre les micro-organismes au service du bien-être humain, dans toute la mesure où le permettront les lois de l'écologie; l'autre, qui conduira à utiliser l'action biologique des micro-organismes pour freiner l'accroissement actuel de la biomasse humaine. Des agents susceptibles d'être utilisés à cette fin font déjà l'objet de recherches dans les laboratoires militaires. Il est tentant de se demander quels résultats les ressources intellectuelles et matérielles ainsi employées permettraient d'obtenir si elles étaient mises au service d'objectifs internationaux et non pas nationaux. Mais, pour qu'une telle entreprise soit possible, il faudrait non seulement que l'on soit capable de prévoir, sans esprit préconçu, l'évolution des tendances de la société et de la microbiologie contemporaines, mais aussi que l'on ait atteint un degré de planification globale auquel l'homme n'est peut-être pas encore préparé.

(Extrait d'un article du Dr C. G. Hedén, de l'Institut Karolinska de Stockholm, Suède, publié dans « *Impact, science et société* » de l'UNESCO, vol. XVII (1967), no 3, numéro spécial consacré à la microbiologie).

Nos lecteurs ont sans doute remarqué, dans le numéro précédent et dans celui-ci, la présence de nouveaux rédacteurs résidant en France. Dans nos éditions prochaines, nous espérons pouvoir introduire d'autres personnalités de la science et du journalisme scientifique français.

Nous accueillons avec plaisir ces distingués auteurs qui apporteront sûrement de nouveaux thèmes à notre réflexion, qui ouvriront d'autres champs d'exploration dans la science actuelle ou dans les pages d'histoire des progrès scientifiques.

Cet heureux échange est dû surtout à la bienveillante collaboration de « l'Association des Ecrivains Scientifiques de France » qui a bien voulu s'intéresser à notre projet et nous faciliter la communication avec ses membres. Nous disons ici notre reconnaissance à tous les directeurs de cet organisme, à tous les membres qui ont daigné répondre à notre invitation et tout particulièrement à son président actif depuis la fondation (1950), M. François Le LIONNAIS.

Nous continuons à nous appuyer tout d'abord sur la fidèle équipe des hommes de science d'expression française du Québec et des autres régions du Canada, mais nous croyons que cette participation de la France — et, éventuellement, des autres pays francophones —, marque un progrès considérable pour notre périodique. Au moment où la science s'universalise, où les frontières s'effacent graduellement devant la multiplication des rencontres et l'efficacité des moyens d'information, il nous paraît déplorable de « régionaliser » ou de restreindre notre rédaction, de limiter nos regards et nos interrogations aux conquêtes nord-américaines. Sans doute qu'une étonnante poussée de la science vient de l'Amérique, mais n'allons pas oublier qu'une multitude de centres et de laboratoires d'outre-Atlantique bourdonnent d'activité et se maintiennent encore aux premières lignes de cette enthousiasmante course à la découverte.

C'est dans cet esprit qu'une telle ouverture à d'autres pays permettra à notre modeste revue de se renouveler, d'enrichir ses sources de connaissances. Nous souhaitons que les deux équipes de rédacteurs puissent partager nos objectifs et s'attaquer à la noble tâche de raconter simplement aux jeunes étudiants les petites et les grandes étapes de la vie scientifique universelle.

Léo BRASSARD, directeur.

Revue de vulgarisation scientifique publiée par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS), et subventionnée par le ministère de l'Éducation de la province de Québec.

DIRECTION

Léo Brassard
directeur
Roger H. Martel
secrétaire de rédaction

Pierre Couillard
Roland Prévost
Marcel Sicotte
Jacques Vanier
conseillers

COLLABORATEURS

Jean R. Beaudry
Gérard Drainville
Raoul Duchesne
Michel Ferland
Roger Fischler
J.-André Fortin
Jean-Guy Fréchette
Thomas de Galiana
Guy Gavrel
Miroslav M. Grandtner
Edouard Kurstak
Paul H. LeBlond
Paul-H. Nadeau
Raymond Perrier
Bernard J.-R. Philogène
Roland Prévost
Jean-René Roy
Madan Lal Sharma
G.-Oscar Villeneuve

Abonnements

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

Adresse

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

Notes

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

SOMMAIRE

- 58 **Tympan et vieux murs à l'ère du « bang »**
par Thomas de Galiana
- 61 **Les « perturbations orbitales » ou forces qui modifient les trajectoires des satellites**
par Jean-René Roy
- 66 **Le phénomène de métamorphose chez les insectes**
par M. Lal Sharma
- 69 **Annuaire Graphique 1969**
par Paul-H. Nadeau
- 73 **Le microscope électronique géant de Toulouse**
par Fernand Lot
- 78 **Le climat du Saguenay - Lac St-Jean**
par Raymond-M. Gagnon
- 84 **Médailles et bourses de l'ACFAS 1968**

Photographies de la couverture

Le microscope électronique géant de Toulouse, à gauche, et, à droite, des bactéries vivantes photographiées à l'aide de ce même instrument. Un article de Fernand Lot, pp. 73-77 de ce numéro, invite nos lecteurs à visiter cette importante réalisation française. — Photographies gracieusement fournies par F. Lot et le Laboratoire d'Optique Electronique du C.N.R.S. de Toulouse.



Les ondes de choc sont normalement invisibles et ne sont visualisées en soufflerie aérodynamique qu'à l'aide d'un équipement spécial. C'est à un concours de circonstances tout à fait exceptionnel que l'on doit ce document rarissime : des ondes de tête et de queue visibles sous la forme de condensations qui accompagnent dans son vol ce chasseur-bombardier « lightning ».

Tympans et vieux murs...

Voici donc commencés les essais du premier avion de ligne supersonique, le « Concorde », dont la vitesse de croisière sera double de celle du son. Les ondes de choc engendrées par ce colosse seront redoutables et, par leur intensité, ses « bangs » n'auront de commune mesure avec ceux qui présentement torturent nos tympans et font tomber de vieilles constructions.

Le « bang » — en bon français, il faudrait dire *détonation balistique*, mais c'est terriblement long ! — qu'est-ce au juste ?

Recourons à une analogie : chacun sait que tout ébranlement de la surface de l'eau se traduit par la formation d'ondes concentriques qui grandissent en s'éloignant sans cesse du centre de la perturbation. Si la source des ébranlements se déplace elle aussi, et si elle le fait plus vite que ne se propagent les ondes, celles-ci cessent forcément d'être con-

centriques, n'étant pas produites dans le même lieu. Les premières ondes, laissées très loin en arrière, sont devenues très grandes au moment où se sont formées les dernières. Si la source des ondes se meut sur l'eau à une vitesse constante, comme c'est le cas pour un bateau en vitesse de croisière, le diamètre des ondes successives décroît proportionnellement à la vitesse parcourue. Il s'ensuit que toutes ces ondes sont tangentes aux côtés d'un angle (*l'angle de Mach*), dont le sommet est occupé par la source des ébranlements.

En fait, l'accumulation des bourrelets d'eau des ondes le long des côtés de cet angle forme une vague. Il suffit d'observer une péniche sur un fleuve paisible, pour voir qu'elle est accompagnée de deux vagues de cette nature, dont la plus importante prend nais-

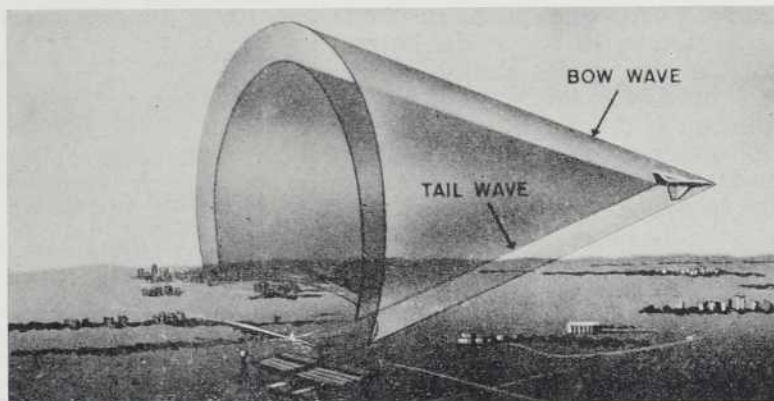
sance dans la proue du bateau et l'autre dans sa poupe. Peu après le passage de la péniche devant un point du rivage, celui-ci est atteint par ces vagues, qui secouent les embarcations et érodent la berge.

D'invisibles ondes venant du ciel...

Un avion supersonique est la cause de phénomènes en tous points semblables à ceux qui viennent d'être décrits. Il engendre constamment des ondes sonores qu'il laisse en arrière, le long, non pas d'un angle, mais d'un *cône de Mach* (car il ébranle un milieu à trois dimensions — l'atmosphère —, et non pas un plan comme dans le cas du bateau). Cette onde de choc conique est une formidable concentration d'énergie sonore : de nombreuses ondes simples qui, dans le cas d'un

L'auteur, Thomas de Galiana, ingénieur industriel, est Secrétaire général de rédaction (Sciences) à la Librairie Larousse, Paris, et directeur de l'Association des Ecrivains scientifiques de France. Les illustrations, fournies par l'auteur : p. 58, Doc. Shell Aviation; 59, Science Horizons.

Comment les ondes de tête et de queue balayent le sol, faisant entendre le « bang ».



à l'ère du "bang"

par Th. de Galiana

vol subsonique, auraient atteint notre oreille séparément, en précédant l'avion, le font simultanément après son passage, sous la forme d'une forte détonation. C'est le « bang » sonique.

Paradoxalement, à quelques très rares accidents près, la membrane ténue et fragile que constitue le tympan auditif, résiste fort bien à cette violente agression (en termes de mécanique, on évalue à 350 millions de dynes par centimètre carré la surpression nécessaire pour déchirer un tympan, alors que la surpression engendrée par le bang des avions de chasse actuels, lorsqu'ils volent à basse altitude, est d'une soixantaine de millions de dynes par centimètre carré).

Hélas! Les constructions humaines se révèlent beaucoup moins résistantes que celles de la nature. Sans parler de tel gros édifice en construction qui, au Canada, s'est effondré il y a quelques années, comme un château de cartes au passage d'un avion supersonique... chacun a pré-

sents à l'esprit —se rappelant les faits divers lus dans la presse— ces plâtres qui se lézardent, ces vitres qui volent en éclats, ces murs qui se crevassent, ces cheminées qui tombent et, comme cela est arrivé récemment, ce grenier qui —le bang aidant—, s'écroule sous le poids des moissons qui viennent d'être rentrées...

A l'encontre de ce que l'on avait pu croire au début de l'ère supersonique, il y a de cela une vingtaine d'années, le « bang » n'est pas un phénomène de courte durée qui se produit seulement lorsque l'avion passe des vitesses subsoniques au régime supersonique, en quelque sorte comme conséquence de la traversée du prétendu « mur du son ». Au contraire, le « bang » est engendré continuellement tant que dure le vol supersonique, mais il n'est possible de l'entendre qu'au moment précis du passage de l'onde de choc (qui correspond à l'arrivée en un point de la berge de la vague produite par la péniche de notre exemple).

Ceci dit, on pourra se faire une idée du nombre de victimes en puissance, lorsqu'on saura que l'onde de choc conique qui accompagne un chasseur moderne volant horizontalement, à 11 000 m d'altitude (36 000 pieds), et au double de la vitesse du son, coupe le sol suivant un arc de parabole qui se déplace, sur une largeur de 70 kilomètres (43,5 milles), de près de 36 kilomètres (22 milles) en une seule minute. La surface balayée par cette onde pendant toute la durée d'un vol supersonique et dans laquelle sévit le « bang », est donc considérablement grande.

A chaque avion sa signature

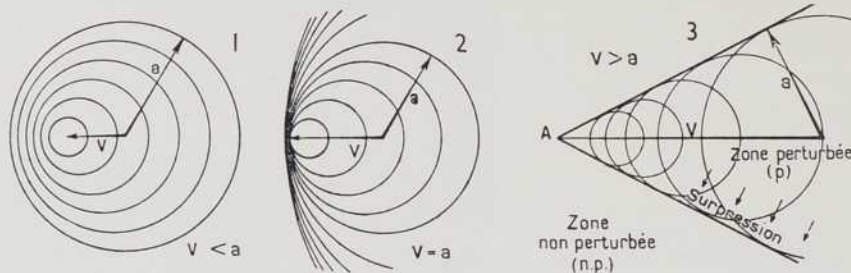
Plus l'avion vole bas, plus l'énergie sonore se trouve concentrée dans l'onde de choc et plus redoutables en sont donc les effets. En outre, pour un même avion et une altitude donnée, l'intensité du « bang » est plus grande au moment où l'appareil passe du domaine subsonique au domaine supersonique (la fameuse tra-

versée du « mur du son ». Enfin, les caractéristiques du « bang » dépendent aussi des formes propres à chaque avion. Il faut préciser à ce sujet que l'image des deux vagues produites par une péniche est exceptionnellement simple parce que, entre la proue et la poupe, la coque du bateau n'a pas de parties saillantes. En fait, les divers éléments de la cellule de l'avion engendrent de multiples ondes de choc qui prennent naissance dans le nez et la queue du fuselage, les bords d'attaque et de fuite de l'aile, le cockpit, les nacelles des moteurs, les stabilisateurs et gouvernes...

Lorsque l'appareil vole haut, les ondes intermédiaires parviennent au sol groupées avec l'onde de tête principale. Dans ces conditions, un enregistrement fait au sol révèle d'abord une brusque élévation de la pression de l'air (arrivée de l'onde de tête), suivie d'une forte dépression, puis d'un retour à la pression ambiante (passage de l'onde de queue). La courbe qui traduit ces variations de la pression a la forme brisée d'un N qui constitue la « signature » commune à tous les avions supersoniques volant très haut.

En revanche, pour le vol bas, le passage des ondes secondaires qui prennent naissance dans chacune des parties saillantes de l'avion provoque autant de variations de la pression. La courbe en N devient alors une courbe complexe, en dents de scie irrégulières, différente d'un avion à l'autre et qui confère à chacun d'eux une « signature » qui lui est propre.

De tout ce qui vient d'être dit on peut déduire les mesures à prendre pour rendre ce phénomène moins dangereux et moins gênant pour les populations et les constructions : voler haut, éviter — en régime supersonique — les niqués trop accentués, atteindre la vitesse du son au-dessus de la mer ou sur des trajectoires prévues pour survoler le moins possible de lieux habités... Demain, qui sait?, peut-être trouvera-t-on le moyen d'atténuer les effets du « bang » en agissant sur les formes des appareils.



Formation du cône de Mach.

1. — Avion *subsonique*. La vitesse (V) de l'appareil est inférieure à la célérité du son (a) : les ondes ne se rejoignent jamais et atteignent le sol séparément.

2. — Avion *sonique*. L'appareil se déplaçant à la même vitesse que les ondes qu'il engendre, celles-ci s'accroissent frontalement et forment une onde de choc.

3. — En régime *supersonique*, l'avion se meut plus vite que ne se propagent les ondes sonores, lesquelles, se développant en fonction du temps, sont d'autant plus grandes qu'elles se trouvent loin de l'appareil. Celui-ci est donc accompagné par une onde de choc conique dont le front se caractérise par une surpression perceptible au sol sous la forme de détonation balistique (le célèbre « bang »).

En vue d'établir les règles de sécurité applicables aux futurs avions de transport supersoniques, des campagnes d'essais sur les effets des « bangs » ont été faites dans plusieurs pays. Aux Etats-Unis, dans la région qui entoure la ville d'Oklahoma, 1 277 vols, à raison de 6 à 7 par jour en moyenne, ont été accomplis entre 9 000 et 12 000 m d'altitude (27 000 à 36 000 pieds) par des chasseurs et des bombardiers dont les « bangs » étaient perceptibles dans une zone peuplée par 700 000 âmes. Cette expérience s'est soldée par le dépôt de 13 000 plaintes formulées un peu partout dans la zone intéressée par l'expérience. Des 3 248 cas pris en considération, 186 ont donné lieu à la reconnaissance des dommages et au versement d'indemnités. En tout, 95% de la population s'est considérée plus ou moins incommodée par les « bangs ».

L'année dernière, c'était le tour des Anglais —directement intéressés à la réussite de l'avion *Concorde*— d'effectuer une campagne d'essais au moyen de vols systématiques effectués par des avions militaires. Hélas! en Grande-Bretagne comme ailleurs, l'Aviation jouit d'un budget généreusement alloué et les gens le savent... Dès l'annonce de ces

essais, des plaintes ont commencé à parvenir aux responsables de l'opération. Le moins que l'on puisse dire c'est qu'elles étaient prématurées puisqu'aussi bien des méfaits étaient mis sur le compte des avions supersoniques avant même que les premiers vols aient eu lieu. Par la suite, des dégâts étaient signalés dans des régions par trop éloignées des zones où avaient lieu les vols supersoniques, tandis que de prétendus accidents survenaient à des heures ou jours où les avions se trouvaient au sol.

Ces à-côtés anecdotiques n'ont rien à la gravité de l'affaire. Certes, les avions de ligne supersoniques sont surtout destinés à assurer des liaisons intercontinentales et doivent voler en croisière à des altitudes de 16 000 à 20 000 mètres, ce qui offre la possibilité d'adopter de longues trajectoires ascensionnelles amenant l'avion à dépasser la vitesse du son au-dessus de la mer et à accomplir son parcours supersonique très haut sur des océans ou des régions désertiques. Mais en sera-t-il toujours ainsi dans une dizaine d'années, lorsque de gros avions supersoniques tisseront dans le ciel un réseau serré de lignes aériennes?

Des milliers d'avions supersoniques civils et militaires nous soumettront alors à de puissantes compressions et décompressions, sans qu'il y ait peut-être lieu de s'alarmer. Malgré tout, des voix autorisées se demandent déjà si l'on pourra continuer encore long-

temps à modifier impunément le milieu naturel de l'homme.

Lorsqu'on a la chance de pouvoir franchir l'Atlantique en sept heures — demande un savant suédois — est-il vraiment utile de dépenser tant d'argent et d'encou-

rir tant de risques pour gagner trois heures sur un tel parcours? Ce sage oublie que notre civilisation est placée sous le signe des deux « plus » : chaque fois plus loin et, surtout, chaque fois plus vite...

Les forces qui modifient les trajectoires des satellites: les "perturbations orbitales"

par Jean-René Roy

Kepler (1571-1640), Newton (1642-1727) et Einstein (1879-1955) ont établi des lois de dynamique céleste auxquelles se plie tout corps en mouvement uniforme ou accéléré dans l'univers. Mais souvent ce n'est que l'idéalisation de l'édifice complexe de la mécanique classique ou relativiste qui nous est connue. Plusieurs forces secondaires viennent saboter la beauté et la simplicité des orbites parfaites que nous imaginons.

Une fois placé sur une trajectoire elliptique par une fusée porteuse, avec le centre de gravité de la Terre comme un des deux foyers de l'orbite, un satellite entreprend immédiatement de dévier de cette orbite hypothétique et idéale, supposée demeurer stable par rapport au système de référence des étoiles de notre galaxie. Ces déviations ont pour nom « perturbations ». Nous allons en étudier les principales et voir comment sous une fausse apparence, elles obéissent néanmoins aux lois rigides de la mécanique céleste.

Toutes ces perturbations quoique le plus souvent indésirables au premier abord (le freinage de la haute atmosphère raccourcit la vie orbitale de tout satellite), peuvent être auscultées à l'aide de la télémétrie et du radar; elles

deviennent des indicateurs irremplaçables sur la nature des forces en jeu. Ainsi peut-on estimer la densité et la hauteur de la haute atmosphère, découvrir les anomalies gravimétriques de la Terre, de la Lune ou des planètes. Il est possible de déterminer la forme exacte des planètes ainsi que leur constitution interne. En analysant méticuleusement les infimes variations dans la vitesse orbitale de *Lunar Orbiter V* placé autour de la Lune en 1967, deux chercheurs américains ont établi que l'intérieur de la Lune était parsemé d'amas de matière comparativement plus denses, un peu comme un pain au raisin. Ces anomalies coïncidaient exactement avec les mers circulaires; vif émoi, et appui inattendu à l'hypothèse qui prétend que les mers circulaires aient pour origine un impact de météorites. L'astéroïde incrusté à environ 50 milles sous la surface, serait responsable de l'anomalie gravimétrique.

Sous l'emprise de la mécanique classique

Si l'espace extra-atmosphérique constituait un vide parfait, si la Terre était une sphère homogène parfaite, déjà les

orbites seraient beaucoup plus stables et simples à calculer. En revanche, pour obtenir des orbites qui demeurent inchangées pour l'éternité, il faudrait faire fi de toutes les influences extérieures, à partir de l'attraction lunaire jusqu'à l'emprise de la Galaxie; on ne peut ainsi balancer tout l'univers.

Toute trajectoire est décrite selon les lois de Newton et de Kepler énoncées il y a plusieurs siècles. L'orbite idéale est une trajectoire elliptique (le cercle est un cas particulier d'ellipse) autour de l'astre principal qui occupe l'un des deux foyers. La distance au centre de masse varie donc, et la vitesse du satellite change aussi constamment: plus l'orbite éloigne le satellite de l'astre, plus sa vitesse devient faible. Elle atteint une valeur minimale à l'*apogée*. Lorsque l'orbite entraîne le satellite vers le *périastre* — endroit le plus rapproché de l'astre —, la vitesse devient maximale. Dans la révolution de

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique, B. Sc. IV, à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal. Les illustrations, fournies par l'auteur: pp. 62, 63, dessins de Mariette Chagnon, Montréal, terminés par Claude Forest, de Joliette; p. 64, carte de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), de Washington, D.C.

la Terre autour du Soleil, nous sommes au périhélie vers le 21 décembre de chaque année; c'est au meilleur de l'été dans l'hémisphère nord, que nous bouclons l'aphélie le 21 juin. La température à la surface dépend beaucoup plus de l'inclinaison de notre globe et de l'opacité de l'atmosphère que de la distance à l'astre solaire.

Une orbite correspond à une énergie précise dont est doté le satellite; cette énergie détermine et son rayon et sa vitesse de révolution. Il est absolument impossible de placer sur une même orbite des satellites « lents » et des « rapides ». Sur une orbite donnée, tous les engins ne peuvent qu'avoir la même vitesse. Si l'idée vous prend de courser autour de la Terre, attention! Pour doubler votre concurrent, il n'y a qu'un moyen: actionner vos rétrofusées dans le sens opposé à votre mouvement, tout comme pour ralentir. Cette manoeuvre diminuera votre énergie et le rayon de l'orbite; la vitesse orbitale augmentant au fur et à mesure que vous vous rapprochez de la Terre, vous ne tarderez pas à dépasser votre adversaire. Pour dépasser, il faut ralentir! Si au contraire, vous aviez mis à feu vos fusées pour accélérer dans la direction de votre

mouvement, l'énergie du satellite aurait été accrue, et à l'apogée, vous auriez eu la surprise désagréable de vous trouver peut-être à 100 000 milles de la Terre. Pour revenir, il est préférable de donner chaque coup de frein dans la région du périhélie qui fera correspondre un abaissement de l'apogée d'abord très considérable puisque l'orbite est très allongée, puis chaque fois moins grand à mesure que diminue l'excentricité de l'orbite. Toute manoeuvre est plus efficace lorsqu'elle est effectuée au périhélie.

Après injection orbitale, un engin cosmique trace une trajectoire qui en principe occupe indéfiniment la même position; le plan orbital garde toujours la même orientation dans l'espace. Ce principe de la mécanique classique se traduit par un déplacement apparent de l'orbite par rapport à la surface de la Terre; celle-ci nous le savons, tourne sur son axe d'environ 15° à l'heure (360° par jour). Comme le plan orbital demeure fixe dans l'espace, si nous enregistrons chacun des passages à l'équateur du satellite, il nous paraîtra décalé vers l'ouest d'environ 15° par rapport au précédent. Cet effet est extrêmement utile pour les satellites mé-

téorologiques et scientifiques placés sur des orbites polaires; le satellite *Nimbus* par exemple, peut photographier quotidiennement tous les points de la Terre. Cette perturbation n'est qu'apparente; aucune force réelle n'entre en jeu, mais uniquement le mouvement de l'observateur.

Nous sommes beaucoup trop lents pour la mécanique relativiste

Les orbites allongées des satellites artificiels doivent afficher des déviations infimes inexplicables dans la mécanique newtonienne. La théorie de la relativité générale d'Einstein décrivant plus exactement la nature, peut rendre compte de ces comportements particuliers. La relativité prévoit en effet la rotation continue de la ligne des apsides (le grand axe) de l'orbite elliptique. Ceci entraîne la précession du périhélie; en fait, avec nos satellites dont les vitesses sont tellement faibles (10 km/sec) en regard de celle de la lumière (300 000 km/sec) où la relativité s'applique résolument, l'effet demeure négligeable. Le bourrelet équatorial de la Terre provoque une précession qui est autrement plus prononcée. La formule suivante nous permet de calculer la précession du périhélie, P, en secondes d'arc par révolution:

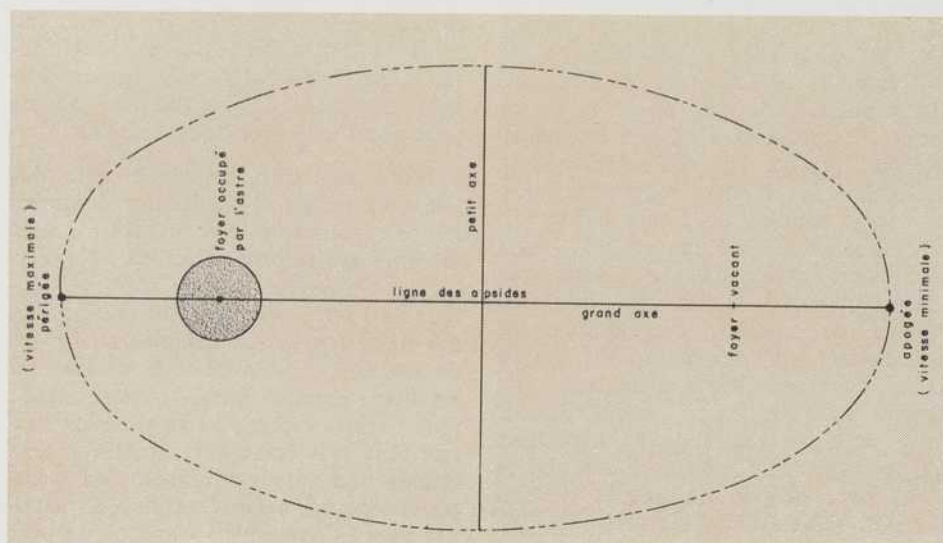
$$P = \frac{1.73 \times 10^6}{a(1 - e^2)}$$

où e: l'excentricité de l'orbite qui est le rapport entre la distance des foyers au grand axe. (Plus l'excentricité est grande, plus considérable est la précession).

a: le demi-grand axe exprimé en centimètres.

Le calcul montre que la précession relativiste des satellites artificiels ne se chiffrerait annuellement qu'à quelques secondes d'arc.

Il est intéressant de souligner le cas de Mercure; elle est la planète la plus rapprochée du Soleil et elle possède la plus grande vitesse de révolution, 47,5 km/sec. On a pu mesurer une précession de 41 secondes d'arc par siècle. Cependant, récemment le professeur R. S. Dicke de l'université Princeton a démontré qu'un infime aplatissement du Soleil d'une partie dans 30 000 pourrait rendre compte de l'avance séculaire du



Principaux paramètres d'une orbite elliptique. Tous les satellites décrivent des orbites plus ou moins elliptiques; font exception ceux qu'on lance en direction des planètes et qui doivent échapper à l'attraction terrestre pour entrer en orbite autour du Soleil. L'excentricité se définit comme le rapport entre la distance qui sépare les deux foyers de l'ellipse et la longueur du grand axe. Les formes et grandeurs des orbites ne sont pas les effets du hasard mais dépendent étroitement de l'énergie fournie au satellite.

périhélie de Mercure telle qu'observée; le phénomène s'expliquerait donc par la mécanique de Newton. L'une des preuves astronomiques les plus éclatantes de la validité de la relativité serait alors balayée impitoyablement. Plusieurs mesures de l'aplatissement du Soleil ont été effectuées, mais aucune ne s'avère satisfaisante en raison des grandes difficultés d'observation.

Le bourrelet équatorial et les multiples aspects du « géoïde »

Toute dissymétrie dans la forme et la masse de la Terre provoque des modifications de l'orbite et des variations dans la vitesse d'un satellite. Nous connaissons bien le bourrelet équatorial de la Terre; en fait, le diamètre équatorial de notre globe n'est que de 26.6 milles supérieur au diamètre polaire. Cette différence demeurerait imperceptible à l'oeil le plus averti, ne représentant qu'une déviation de 1/298.25.

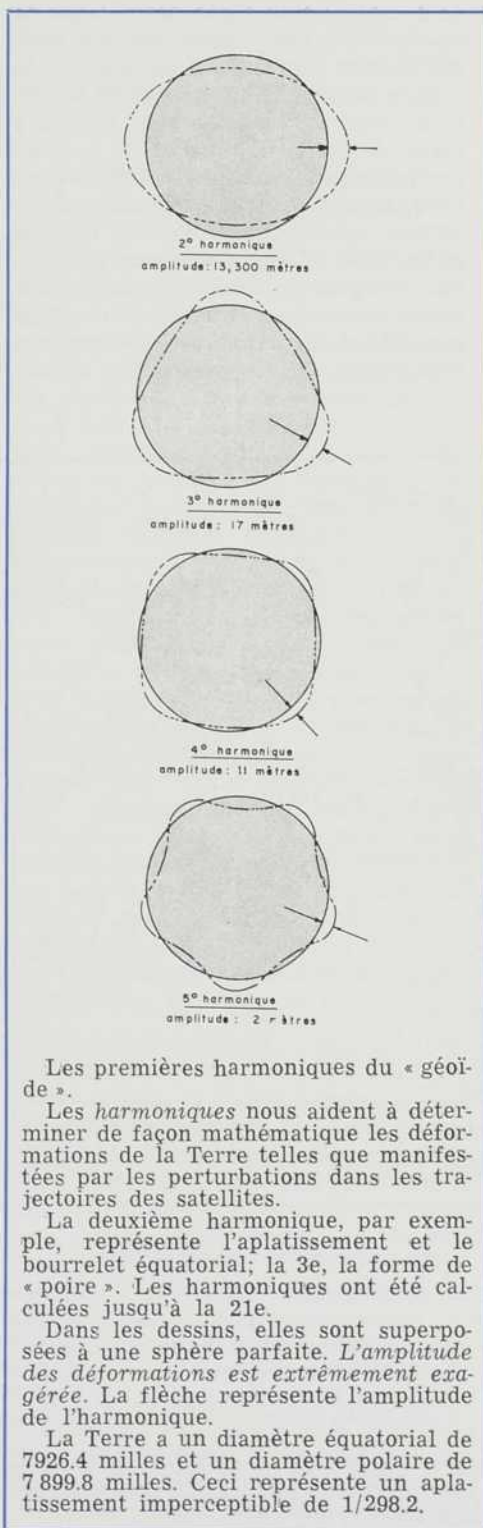
Partant d'un modèle déformable en équilibre hydrostatique, les calculs prédisaient un aplatissement de 1/299.8. Bien que la valeur théorique soit très rapprochée de celle tirée des observations sur les satellites artificiels, la différence est suffisamment grande pour suggérer que l'intérieur de la Terre n'est pas en équilibre hydrostatique. Il y règne une force mécanique suffisante pour maintenir la forme du *géoïde* en dépit des tensions internes à la base du manteau.

La forme du *géoïde* (volume géométrique correspondant à la forme réelle de la Terre) est obtenue à partir de l'expansion mathématique de la fonction de potentiel gravitationnel de la Terre; cette équation très complexe conduit à une série d'*harmoniques*. Ces harmoniques ont été vérifiées dans la réalité par leur influence sur les trajectoires des satellites, jusqu'à la 8e pour les harmoniques paires et jusqu'à la 21e pour les impaires; elles représentent la *superposition* d'infimes déformations successivement plus faibles de la sphère originale :

- 1ère harmonique : sphère idéale
- 2e " : aplatissement
- 3e " : la « poire » ou déviation de 17 mètres de la sphère
- 4e " : déviation de 11 mètres

et ainsi de suite.

La 3e harmonique (« poire ») a une amplitude de 17 mètres au pôle Nord; ceci signifie qu'il y a là un excès de masse ou une variation compliquée dans la distribution de la masse dans le manteau, capable de soulever de « niveau de la mer » de 17 mètres sur



Les premières harmoniques du « géoïde ».

Les *harmoniques* nous aident à déterminer de façon mathématique les déformations de la Terre telles que manifestées par les perturbations dans les trajectoires des satellites.

La deuxième harmonique, par exemple, représente l'aplatissement et le bourrelet équatorial; la 3e, la forme de « poire ». Les harmoniques ont été calculées jusqu'à la 21e.

Dans les dessins, elles sont superposées à une sphère parfaite. L'amplitude des déformations est extrêmement exagérée. La flèche représente l'amplitude de l'harmonique.

La Terre a un diamètre équatorial de 7926.4 milles et un diamètre polaire de 7899.8 milles. Ceci représente un aplatissement imperceptible de 1/298.2.

une superficie aussi grande que l'Atlantique. L'ampleur des forces en jeu est tout de même énorme, quoique à première vue une déformation de 17 mètres paraisse insignifiante à l'échelle du globe.

Vous serez peut-être surpris d'apprendre que bien avant les calculs des mathématiciens et les observations par satellite, et 150 ans avant qu'on connût l'aplatissement de la Terre, quelqu'un avait suggéré vers l'an 1500 que la Terre avait la forme d'une poire. L'idée vint de Christophe Colomb qui eut l'intuition que notre globe pouvait bien n'être pas sphérique mais prendre la forme d'une poire (*la forma de una pera*...). Etrangement prophétique pour une intuition.

Les principales anomalies gravimétriques perturbant les trajectoires de satellites, sont situées dans la partie occidentale de l'océan Pacifique, dans l'océan Indien et dans l'Antarctique. En résumé, on ne peut calculer l'orbite du satellite en assumant que la Terre peut être réduite à une simple masse ponctuelle ou un ellipsoïde parfait.

Le principal effet du bourrelet équatorial est de chercher à faire basculer le plan de l'orbite. Alors, tout comme pour le gyroscope ou la toupie, l'axe du plan orbital se dérobe latéralement, et le plan de l'orbite tourne légèrement dans le sens contraire à celui du satellite. L'axe est entraîné dans un mouvement de *nutation* périodique. Pour un engin placé sur orbite basse et avec une inclination moyenne, la précession est de l'ordre de quelques degrés par jour. Même si la Terre ne tournait pas, un satellite ne survolerait pas à chaque tour les mêmes points du globe; il couperait chaque fois l'équateur en un point situé plus à l'ouest (s'il voyage d'ouest en est). Répétons encore une fois qu'un satellite n'est pas entraîné par la rotation de son globe.

De plus, le bourrelet équatorial modifie aussi l'orientation de l'orbite, perturbation qui signifie *rotation de la ligne des apsides*, très considérable en regard de l'effet relativiste.

L'influence gravitationnelle de la Lune et du Soleil

En général, pour des orbites à faible altitude, l'influence gravitationnelle du Soleil et de la Lune est noyée par celle de la Terre; la perturbation du bourre-

let équatorial est de beaucoup plus importante. Ce n'est que sur des orbites qui s'éloignent à de grandes distances, que l'influence solaire ou lunaire peut jouer de façon déterminante. On peut les utiliser pour prolonger ou réduire la vie des satellites. Pour des trajectoires extrêmement allongées, il faut même tenir compte de l'attraction de Jupiter.

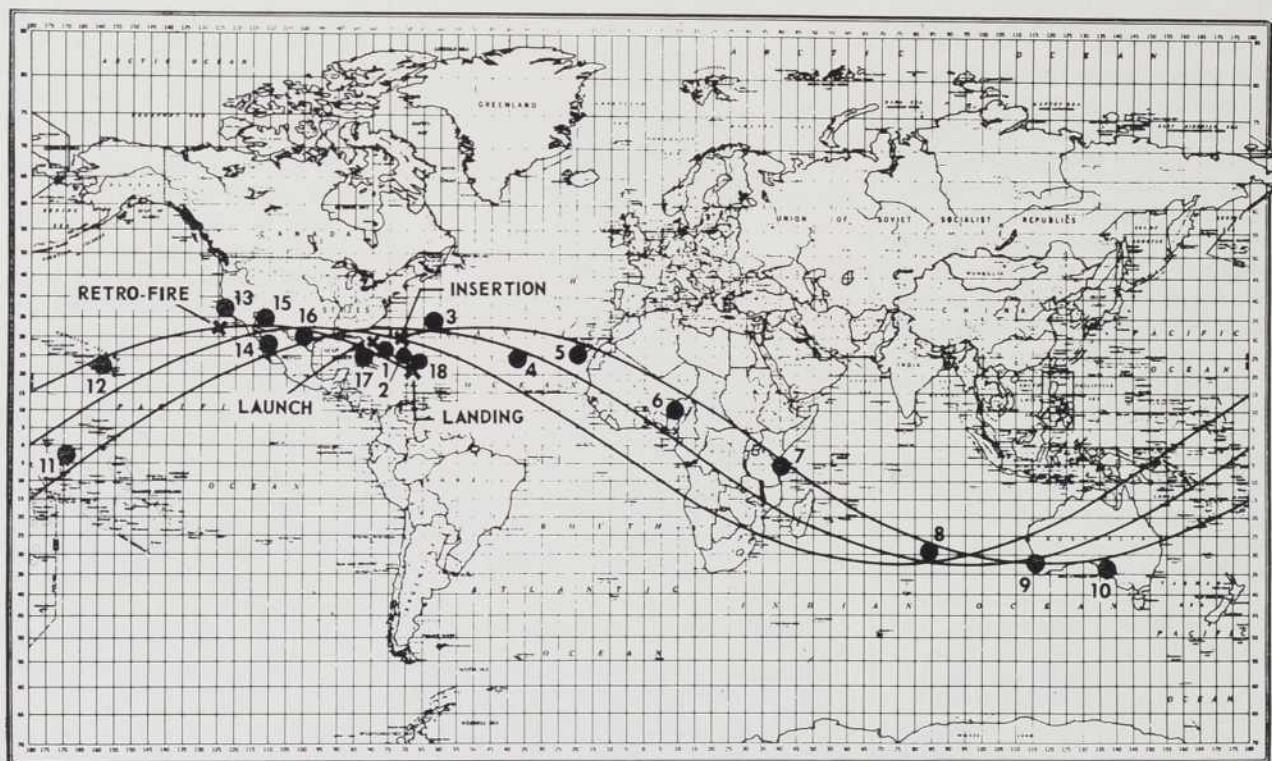
Les perturbations où entrent en scène trois corps — le satellite, la Terre et la Lune ou le Soleil — sont très difficiles à généraliser; chaque influence doit être traitée séparément. En mécanique classique, le *problème des trois corps* est très difficile à résoudre, et il a toujours été impossible d'élaborer une théorie aussi élégante que celle de la dynamique de deux corps, comme le système Terre-Lune isolé.

Une économie et un cauchemar pour l'astronautique : le freinage atmosphérique

Cet effet tant sous-estimé au début de l'astronautique s'est très tôt acquis le prestige d'un grand monsieur qu'il faut prendre en considération étant donné qu'il abrégait de façon draconienne la vie des satellites placés sur des orbites basses. Avant 1956, on évaluait la densité atmosphérique autour de la Terre à l'aide de modèles bien connus à partir de la loi des gaz et de la thermodynamique. Il fallut déchanter assez vite, car on s'aperçut qu'à partir d'une altitude d'environ 90 milles, l'atmosphère était 10 fois plus dense que prévue. De plus, la dilatation de l'atmosphère sur la face éclairée et chauffée par le Soleil, prenait des proportions imprévues: le rayonnement solaire

réussissait à injecter de larges quantités de matière dans la haute atmosphère. L'enveloppe gazeuse qui nous protège nous apprend à la respecter en régurgitant nos satellites beaucoup plus tôt que nous l'aurions voulu. Les raisons majeures du freinage atmosphérique sont les suivantes :

- a) un effet diurne de gonflement de la partie éclairée par le Soleil (expansion d'un gaz chauffé);
- b) un cycle de onze ans ayant pour cause la variation du taux d'injection de particules tributaire de l'activité solaire;
- c) un freinage erratique variable dû aux bouffées de particules provenant des explosions sporadiques sur le Soleil;
- d) un effet semestriel dépendant du plasma solaire.



PROJECT MERCURY GROUND STATIONS

- | | | |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1. CAPE CANAVERAL | 7. ZANZIBAR | 13. POINT ARGUELLO, CALIFORNIA |
| 2. GRAND BAHAMA ISLAND | 8. INDIAN OCEAN SHIP | 14. GUAYMAS, MEXICO |
| 3. BERMUDA | 9. MUCHEA, AUSTRALIA | 15. WHITE SANDS, NEW MEXICO |
| 4. MID-ATLANTIC SHIP | 10. WOOMERA, AUSTRALIA | 16. CORPUS CHRISTI, TEXAS |
| 5. CANARY ISLANDS | 11. CANTON ISLAND | 17. ELGIN, FLORIDA |
| 6. KANO, NIGERIA | 12. KAUAI, HAWAII | 18. GRAND TURK |

Ces trois trajectoires à intervalles de 90 minutes, de la cabine Mercury lors du vol d'essai du 12 novembre 1961, montrent le décalage successif de l'orbite dû à la rotation de la Terre de 15 degrés à l'heure.

Cette résistance de l'air se répercute en convertissant l'énergie cinétique du satellite en chaleur; cette dernière se dissipe dans les molécules subissant la collision avec l'engin. L'énergie diminuée, l'orbite devient tout d'abord de plus en plus circulaire et le satellite est entraîné plus profondément dans l'atmosphère jusqu'à ce que son orbite recoupe des couches si denses qu'il soit happé et détruit en flambant comme un brin de paille; toute l'énergie cinétique de l'engin est alors transformée en chaleur. Le freinage atmosphérique est une technique très économique pour freiner les satellites qu'on désire ramener intacts au sol. Mais elle exige une grande connaissance de l'aérodynamique hypersonique et un contrôle qui ne peut se permettre la moindre défaillance.

Vous avez vu la mise à feu de la super-fusée Saturne V crachant 7 500 000 livres de poussée pour propulser la cabine Apollo vers la Lune à une vitesse de 25 000 milles à l'heure; au retour de la banlieue lunaire, le bolide doit percuter dans l'atmosphère à un angle extrêmement précis duquel on ne peut dévier sans courir le risque certain de tourner en étoile filante et d'être volatilisé. Le vaisseau Apollo doit alors convertir en chaleur dans l'atmosphère presque autant d'énergie que lui en avaient fournie au lancement les trois étages de la Saturne V.

Le freinage magnétique

Il existe pour les satellites géants qui se déplacent dans le champ magnétique de la Terre, une cause de ralentissement souvent ignorée. C'est l'infime perturbation magnétique créée par la force électromotrice (FEM) engendrée lorsque le satellite voyage dans le champ géomagnétique. Cette force s'exprime ainsi

$$FEM = 10^{-8} H v$$

où FEM: la force électromotrice en volt/cm; elle est perpendiculaire à la fois à la direction du satellite et au champ magnétique.

H: l'intensité du champ magnétique en gauss.

v: la vitesse du satellite en cm/sec.

La force électromotrice attirant les électrons à une extrémité du satellite a pour effet de polariser le satellite, c'est-à-dire de le rendre positif à un bout et

chargé négativement à l'autre. Tout comme dans un moteur électrique, l'interaction entre le satellite devenu conducteur de courant avec le champ magnétique ralentira l'engin. On a calculé que le freinage magnétique est proportionnel au cube des dimensions du satellite. Ainsi pour un appareil ayant plus de 150 pieds de diamètre, et orbitant à plus de 700 milles d'altitude, le ralentissement magnétique peut dépasser le freinage atmosphérique.

La pression de radiation : les photons qui bousculent

Pour terminer, considérons brièvement les effets de la pression de radiation causée par le bombardement des photons, — particules de la lumière dont la masse au repos est nulle. Quand un photon de lumière solaire percute la surface d'un objet dans l'espace pour être absorbé ou réfléchi, une infime valeur de quantité de mouvement est transférée à cet objet. Une force de pression est alors engendrée, qui est proportionnelle au nombre de photons, ou à la puissance du rayonnement solaire. A la distance où nous sommes de notre étoile, la pression de radiation solaire est de 9.2×10^{-6} newtons/mètre². C'est faible direz-vous; la pression atmosphérique au sol est environ 10 milliards de fois plus considérable. Mais, dans le vide relatif de l'espace cosmique, l'impulsion des photons est suffisante pour faire varier de façon étonnante le périhélie de gros satellites à faible densité, tels Echo ou PAGEOS. Dépendant de l'orientation de l'orbite par rapport au Soleil, la pression de radiation peut enfoncer ou élever le périhélie de plusieurs centaines de milles.

Echo 1, par exemple, offrait à la fois une surface considérable et une très faible inertie; le ballon géant mesurait 100 pieds de diamètre et ne pesait que 166 livres. Durant son existence, il se livra à un ballet assez curieux: son orbite, d'elliptique qu'elle était, voyait son apogée diminuer de près de 500 milles pour devenir circulaire. Quelques mois plus tard, les conditions de pression de radiation redevenues favorables, le satellite recommençait son ascension; ce galvaudage a fini par précipiter le satellite dans les couches plus denses, où rien n'a pu le tirer d'affaire; l'été dernier, il disparut. Les comètes présentent un cas de pression de radiation depuis longtemps connu en

astronomie; leur queue est un effet du bombardement des photons arrivant du Soleil et prend toujours une direction diamétralement opposée à l'astre solaire.

Bibliographie

- CORLISS, W. R. *Scientific Satellites*, NASA, 1967, 822 pages.
- GALIANA, Thomas de. *A la conquête de l'espace*, Larousse, 1967.
- GALIANA, Thomas de. *Dictionnaire de l'Astronautique*, Larousse, 1964, 320 p.
- GAMOW, G. *La gravitation*, Petite bibliothèque Payot, 1962, 152 pages.
- HOUSTON, W. et A. BONNIER. *La théorie de la gravitation, de Newton à Kepler*, « Le Jeune Scientifique », octobre 1967, vol. VI, no 1, pp. 12-13.
- JASTROW, R. *Results of Experiments in Space*, U. S. Government Printing Office, 1962, 26 p.
- KING-HELE, Desmond. *The Shape of the Earth*, « Scientific American », octobre 1967, pp. 67-76.
- NADEAU, Alphée. *Quelques notions d'astronautique: lois de la mécanique céleste*, « Le Jeune Scientifique », février 1966, vol. IV, no 5, pp. 104-107.
- ROY, J.-R. *La magnétosphère*, « Le Jeune Scientifique », mai 1968, vol. VI, no 8, pp. 169-174.

Le phénomène de métamorphose chez les insectes

par M. Lal Sharma

Phénomène de croissance

Dans le règne animal, tout être vivant, à l'éclosion, ne ressemble pas nécessairement à ses parents adultes. De l'oeuf qui est déposé au départ sortira un jeune à l'éclosion. Ce jeune diffère de l'adulte par la forme, la couleur et la taille. Cependant, la croissance et la maturité accentueront la ressemblance. Voilà le cycle de vie le plus simple chez les insectes. Toutefois ce n'est pas le cas de tous les insectes. Pour commencer, l'oeuf ainsi déposé peut exiger une période d'incubation plus courte ou plus longue. Plus tard, à la sortie de l'oeuf, le jeune peut ou non ressembler aux parents adultes. Pour ce, il faut une période de croissance et de maturité durant laquelle le jeune passe par plusieurs stades appelés *instars*. Chaque stade rapproche l'animal de l'adulte par la grosseur et la structure. Parfois la forme et la structure du jeune sont tellement différentes de celles de l'adulte qu'il faut une observation soutenue pour découvrir les changements drastiques qui surviennent chez le jeune individu avant d'obtenir sa forme finale qui nous est familière. Nous savons que le papillon adulte provient de la larve rampante (chenille) mais que ces deux stades ne se ressemblent

en rien. De même, les asticots se transforment lentement en mouches domestiques, mais la forme, la structure et même le mode de vie sont si différents que nous devons observer le phénomène de très près.

Comme le but final de la croissance est la maturité, les jeunes nouvellement nés doivent entreprendre tous les stades de croissance. Cette croissance est toujours accompagnée de la *mue* ou

du rejet de la peau (*cuticule*) appelé l'*ecdysie*. Pendant la mue la vieille cuticule est rejetée; alors l'animal augmente sa taille et ensuite une nouvelle cuticule se forme. Le nombre de stades de développement (*instars*) varie d'un insecte à l'autre.

Le cycle de vie le plus simple est formé des stades suivants : l'oeuf, la larve et l'adulte. Ce phénomène, au cours duquel un insecte subit ces changements de la

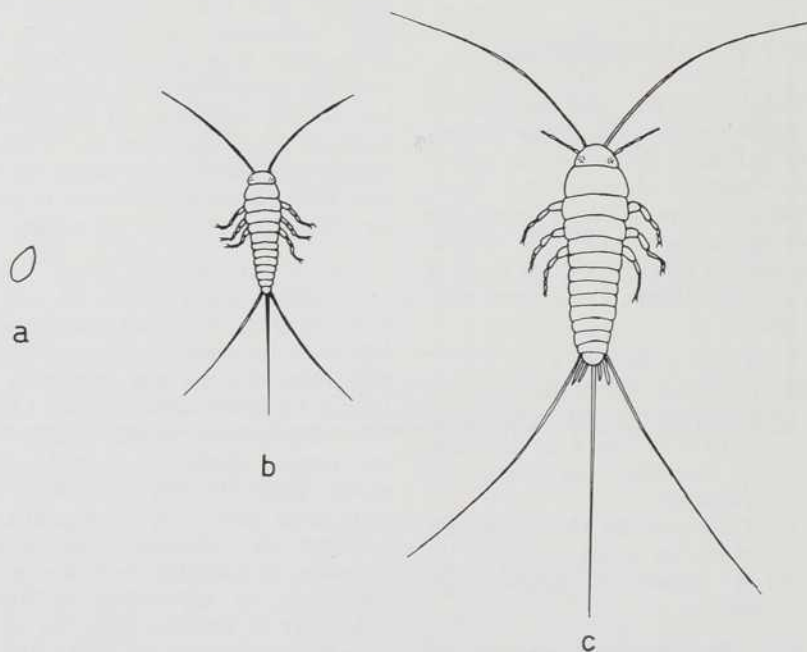


Fig. 1

Cycle de vie du Lépisme montrant la métamorphose simple. a, stade de l'oeuf; b, le jeune; c, l'adulte.

L'auteur du texte et des figures, Madan Lal Sharma, D. Sc., est professeur au Département de Biologie de l'Université de Sherbrooke.

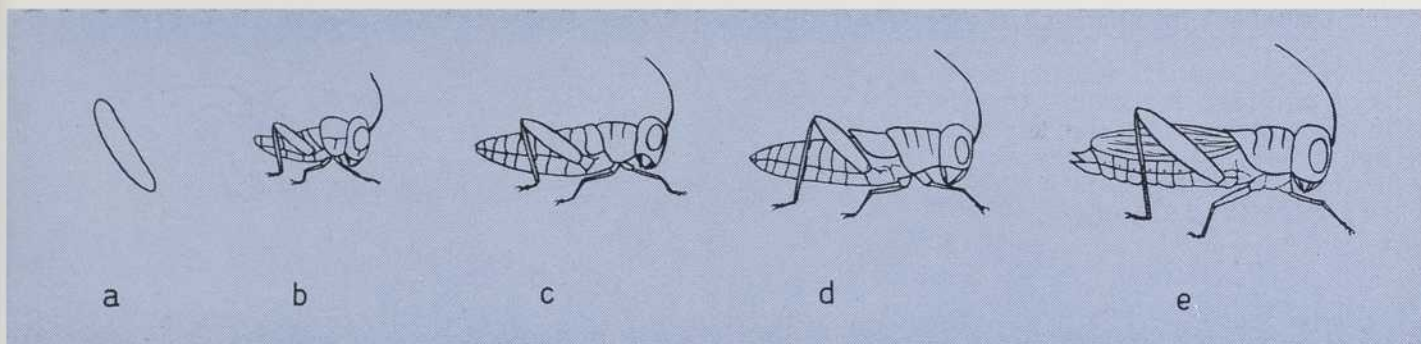


Fig. 2
Cycle évolutif d'une sauterelle pour montrer la métamorphose graduelle. a, l'oeuf; b-c-d, stades montrant l'apparition graduelle des ailes au cours des instars; e, l'adulte avec ses ailes.

naissance à l'adulte, s'appelle la *métamorphose*.

On peut diviser les Insectes en quatre groupes suivant leur type de métamorphose. Ce sont :

- Les Amétaboles.
- Les Paurométaboles.
- Les Hémi-métaboles.
- Les Holométaboles.

Les Amétaboles

Lorsqu'un insecte ne subit pas ou presque pas de métamorphose, on le classe dans le groupe des Amétaboles. Dans cette catégorie il n'y a pratiquement pas de différence, autant dans la forme que dans la structure, entre le jeune et l'adulte, sauf pour la taille. Cette différence de taille est comblée cependant par la croissance. Au cours du développement l'insecte amétabole passe par plusieurs mues qui cessent à la maturité. Les stades du cycle de vie des insectes amétaboles sont : l'oeuf, le jeune et l'adulte. Ce type de métamorphose se retrouve chez le lépisme (Fig. 1). Le jeune lépisme, à l'éclosion, est un adulte en miniature.

Les Paurométaboles

Chez les insectes paurométaboles la métamorphose est graduelle. Bien que le jeune ressemble à l'adulte, il est toutefois plus petit. Le développement implique une succession de mues au cours

desquelles la taille augmente et les ailes se développent extérieurement et graduellement. Les adultes de ce groupe possèdent normalement des ailes. Les insectes paurométaboles passent par les stades suivants : l'oeuf, la nymphe et l'adulte. Il y a habituellement plusieurs nymphes successives. Chez la sauterelle, par exemple, nous assistons au passage de plusieurs stades nymphals avec le développement graduel des ailes à chacun des stades, pour arriver à un adulte ailé (Fig. 2).

Les Hémi-métaboles

Tandis que chez les insectes paurométaboles les jeunes ressemblent aux adultes, tel n'est pas le cas pour les insectes hémi-métaboles. Les stades immatures sont aquatiques et appelés « naïades ».

Les adultes par contre sont terrestres. Après plusieurs ecdyses, les naïades atteignent le stade adulte. La libellule est un exemple type d'insecte hémi-métabole. (Fig. 3).

Les Holométaboles

Chez ce groupe d'insectes, le jeune à l'éclosion est si différent de l'adulte tant par la structure que par le mode de vie, qu'il doit subir une métamorphose complète avant d'arriver à maturité et ainsi ressembler à l'adulte. Les différents stades rencontrés dans ce type de métamorphose sont : l'oeuf, la larve, la pupe et l'adulte. La larve peut avoir la forme d'un ver comme la larve de la mouche domestique, ou la forme d'une chenille, comme la larve du papillon. Le stade de pupation est inactif extérieurement, mais

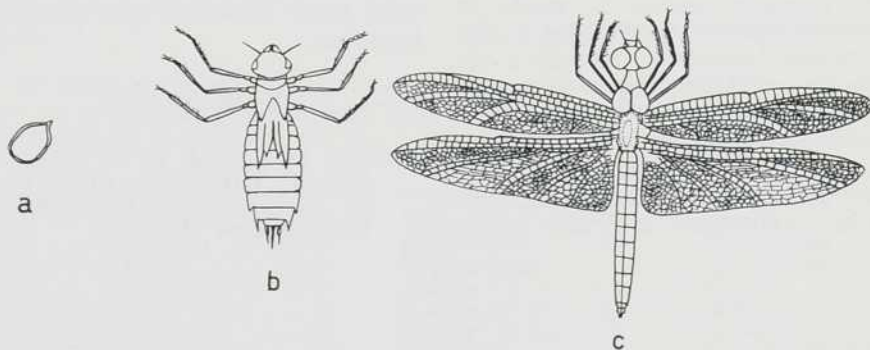


Fig. 3
Cycle de vie d'une libellule pour expliquer une métamorphose quasi complète. a, l'oeuf; b, la naïade ou stade larvaire aquatique; c, libellule adulte ailée.

intérieurement de profonds changements interviennent pour l'évolution des organes nécessaires à la vie adulte. Les ailes ont une formation interne. L'abeille, le papillon et la mouche de maison sont autant d'exemples familiers de ce groupe (Fig. 4).

Phénomène d'hypermétamorphose

Il existe des cycles de vie d'insectes qui subissent une métamorphose complète commençant avec l'oeuf, continuant avec la larve, la puppe et l'adulte. La différence réside dans le stade larvaire. Au lieu d'avoir un seul stade larvaire de même forme et de même structure, l'insecte peut avoir plusieurs stades larvaires; la larve diffère de forme et de structure à chaque instar larvaire. Ces insectes subissent donc le phénomène d'hypermétamorphose. Après avoir passé par plusieurs instars larvaires, l'insecte devient puppe et finalement adulte.

Les liens secrets

Le phénomène de métamorphose, si important et pratiquement universel chez les insectes, comporte de multiples facettes. L'insecte ne peut atteindre le stade adulte qu'en entreprenant la formation de structures essentielles à la vie de l'adulte, ce qui nécessite une transformation complète de forme et de structure. Il en résulte une modification dans le mode de vie de l'insecte. L'homme utilise ce phénomène de plusieurs façons. Pour combattre les insectes, l'homme choisit le stade le plus susceptible aux insecticides (le stade larvaire). Le stade de puppe du ver à soie est indispensable dans l'industrie de la soie. Il faut des adultes capables de voler d'un endroit à l'autre pour polliniser les fleurs et ainsi augmenter la production de fruits utiles

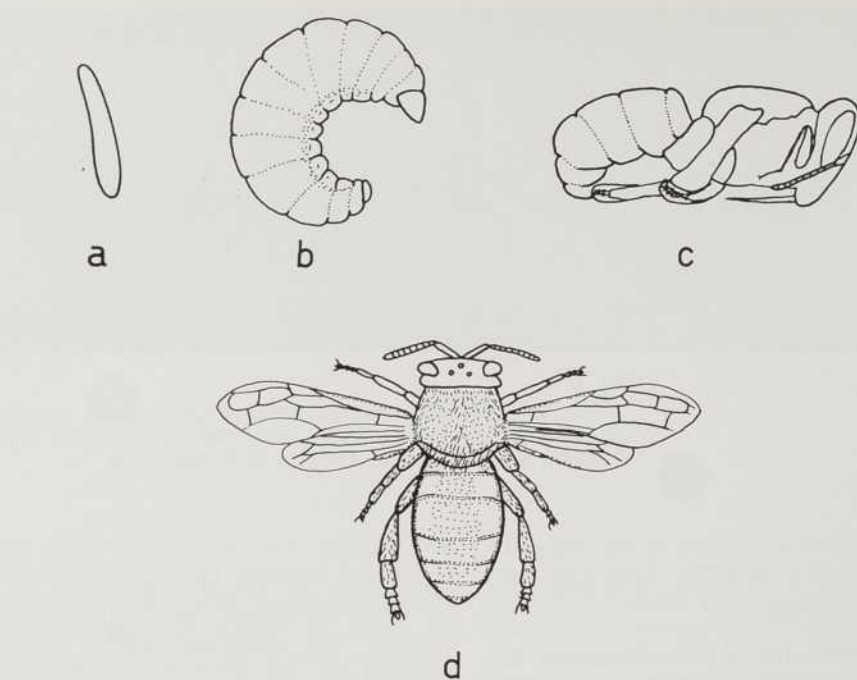


Fig. 4

Divers stades de la vie d'une abeille qui subit une métamorphose complète : a, l'oeuf; b, stade larvaire; c, stade de puppe (stade inactif); d, l'adulte.

à l'homme. Tandis que la métamorphose est un phénomène vital pour l'insecte, elle fournit des liens secrets de l'existence aussi bien pour l'homme que pour les insectes.

Bibliographie

- BORER, D. J. and D. M. DELONG. 1963. *An introduction to the study of Insects*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- COMSTOCK, J. H. 1960. *An introduction to Entomology*. The Comstock Publishing Co., Ithaca, N.Y.
- DENNIS, C. J. 1965. *Introductory Entomology (Laboratory manual)*. L.M.C. Brown Co. Publishers, Dubuque, Iowa.
- IMMS, A. D. 1960. *A general textbook of Entomology*. E. P. Dutton Co., New York.
- ROSS, H. H. 1966. *A textbook of Entomology*. John Wiley and Sons, N.Y.

ANNUAIRE GRAPHIQUE 1969

préparé par l'Observatoire Astronomique de Québec

Description

Le tableau comprend trente-sept décades, soit 365 jours en 1969 plus cinq jours en 1970, et couvre toutes les heures de la journée, de 8 h du matin à 8 h du matin, le lendemain. Il débute par le jour julien 2 440 222, qui est celui du 31 décembre 1968 au 1er janvier 1969, et qui commence à midi Temps Universel, soit à 7 h du matin, Heure Normale de l'Est. Il donne l'heure du lever, du coucher ou du passage au méridien de divers objets célestes. Ces événements sont donnés en temps civil local, le même pour tous les endroits de la Terre, parce que ces objets sont considérés comme immobiles par rapport au Soleil (moyen) pour un court laps de temps, ici une journée. Un objet qui est à peu près immobile par rapport au Soleil pendant plusieurs jours, s'enregistre suivant une ligne presque verticale. C'est le cas de Mars, au début de septembre. Une étoile, qui fait le tour du ciel en un an, s'enregistre suivant une diagonale, par exemple le passage inférieur de la Polaire. La planète Jupiter, qui fait le tour du ciel en 12 années, a une pente un peu plus accentuée. Si l'on joint une Nouvelle Lune à la Pleine Lune, on a une ligne à peu près horizontale, parce que la Lune fait le tour du ciel en vingt-huit jours environ. Un satellite synchrone, fixe par rapport à la Terre et faisant le tour du ciel en 24 h, aurait une ligne parfaitement horizontale. En somme, les lignes verticales du tableau représentent le mouvement de rotation de la Terre, et

les lignes horizontales (les dates), son mouvement de translation autour du Soleil.

Le Soleil vrai est tantôt en avance, tantôt en retard sur le soleil moyen et fictif, qui sert à déterminer l'heure civile. Cette différence est indiquée chaque jour de l'année par la ligne de l'Équation du Temps. Le Soleil vrai passe au méridien après midi (heure locale), en mars, par exemple, et avant midi en novembre, du nombre de minutes indiquées.

Pour passer de l'heure locale du graphique, à l'heure normale de nos montres, il faut appliquer une correction qui dépend de la longitude du lieu, par rapport au méridien central du fuseau horaire. Cette correction est indiquée en minutes dans le tableau suivant, pour certaines villes du Canada.

Cette correction-longitude se calcule de la façon suivante. Connaissant la longitude du lieu, on fait la différence avec les longitudes 52,5° (pour Terre-Neuve), 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, etc., suivant la zone horaire de l'endroit. La correction est de 4 minutes par degré, en plus si l'endroit est à l'Ouest du méridien central de la zone, et en moins s'il est à l'Est. Pour Sept-Iles, par exemple, de longitude 66,5°, on trouve une correction de 25 minutes, à une minute près.

La droite du graphique est dominée par les courbes du coucher et du lever du Soleil, de 16 h jusqu'à 8 h. Ces don-

nées sont calculées pour la latitude 46,8°, celle de l'Observatoire de Québec, mais elles sont encore assez exactes pour 2 ou 3 degrés de différence. Pour 5°, il y aurait une correction d'une vingtaine de minutes à appliquer, à l'époque des solstices. Ajoutés aux lignes du Soleil, au milieu de la décade, des traits indiquent la longueur du crépuscule civil, temps pendant lequel le Soleil est à moins de 6° sous l'horizon. Le crépuscule civil, comme le crépuscule astronomique, passent par deux valeurs minimales, en mars et en octobre, et par deux valeurs maximales, en décembre et en juin.

Les lignes continues des corps célestes se rapportent aux passages au méridien; les lignes entrecoupées d'un trait, aux levers et aux couchers. Mercure, Vénus et les satellites artificiels ont des lignes propres. Chaque ligne est identifiée par une lettre et un signe, suivant la légende du tableau.

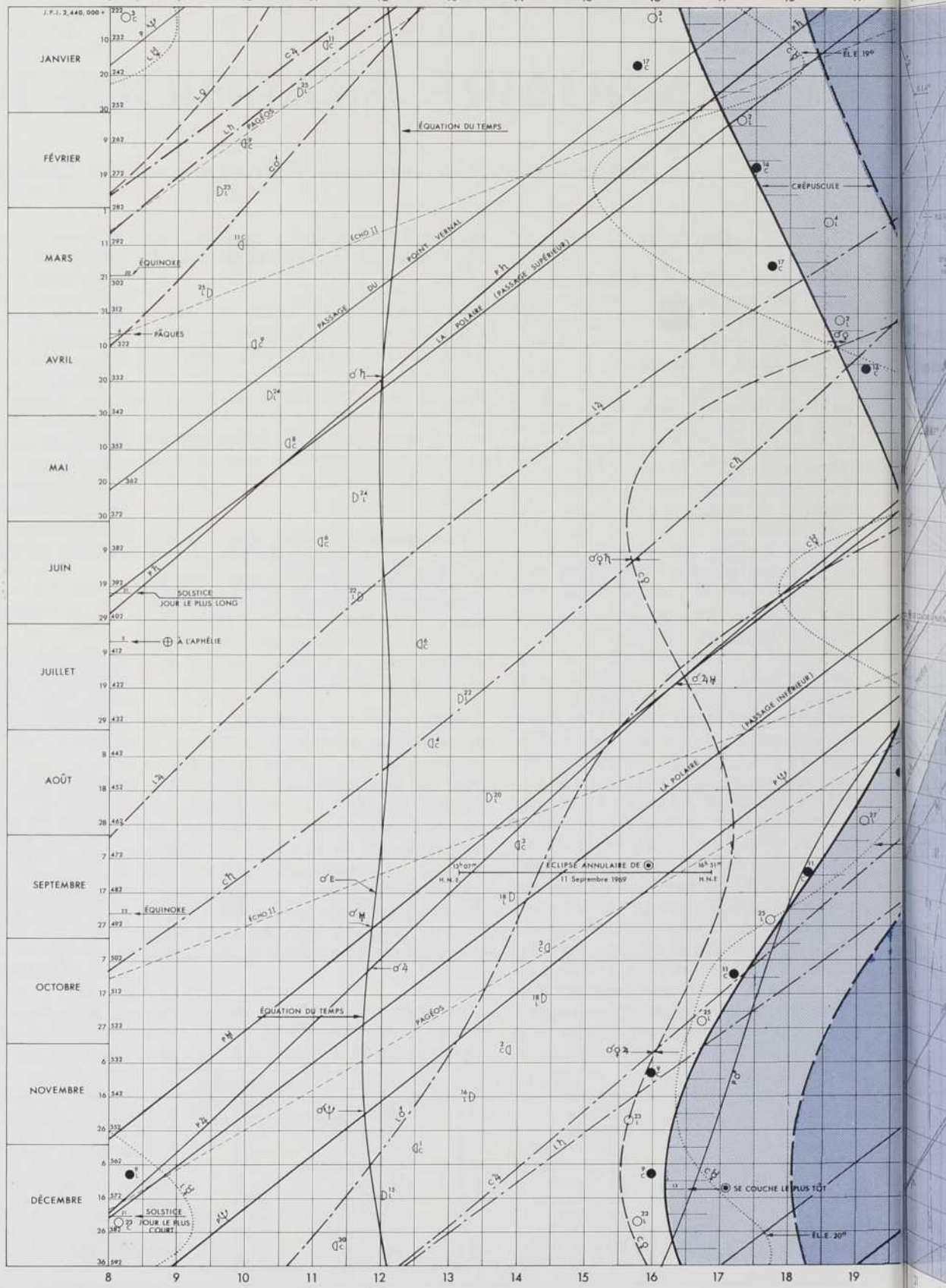
Pour ce qui est de la Lune, le graphique indique la date de ses quatre phases, en même temps que l'heure de son lever ou de son coucher à cette occasion. Il est facile de trouver approximativement l'heure du lever ou du coucher pour les jours intermédiaires par interpolation.

Comment lire le graphique

La lecture du tableau se fait en projetant à la marge du haut ou du bas, le point de rencontre de la date avec

Alma	-13	Halifax	+14	Montmagny	-18	Roberval	-10	Sept-Iles	+25
Amos	+12	Joliette	-6	Montréal	-6	St-Boniface	+29	Shawinigan	-9
Calgary	+36	Louiseville	-8	Nicolet	-9	St-Hyacinthe	-8	Sherbrooke	-12
Charlottetown	+12	La Malbaie	-18	Ottawa-Hull	+3	St-Jean (T.-N.)	+1	Sorel	-7
Chicoutimi	-15	La Tuque	-9	Parent	-2	St-Jean (N.-B.)	+24	Sudbury	+24
Drummond-ville	-10	Matane	-29	Québec	-15	St-Jean (P.Q.)	-7	Toronto	+18
Edmundston	+33	Moncton	+19	Régina	-2	Saskatoon	+7	Trois-Rivières	-10
Gaspé	+18	Montbello	± 0	Rimouski	-26	Senneterre	+9	Valleyfield	-3
		Mont-Joli	-27	Rivière-du-Loup	-22	Schefferville	+27	Victoriaville	-12
								Windsor, Ont.	+32

HEURE LOCALE
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19



LÉGENDE

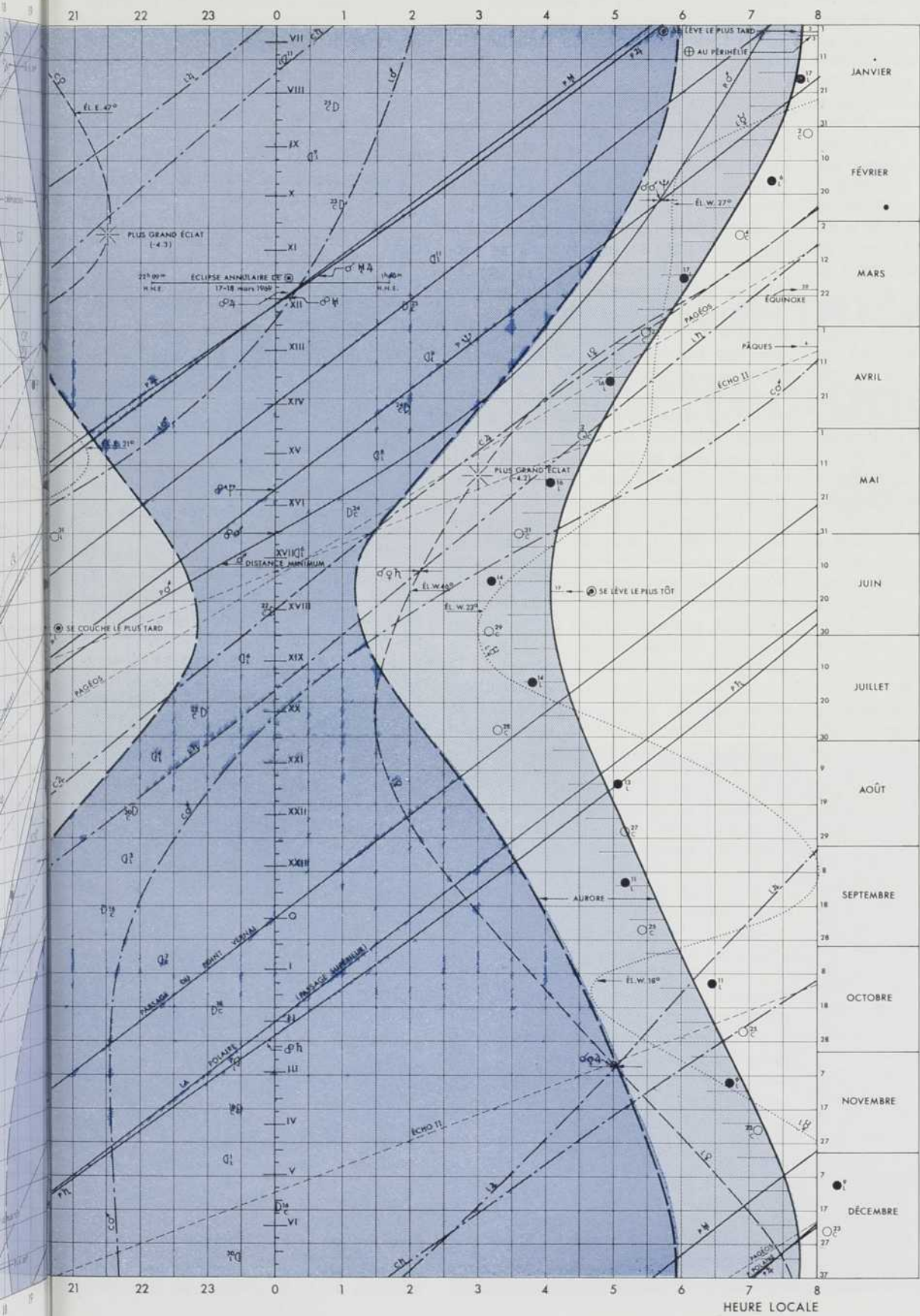
- SOLEIL
- PLEINE LUNE
- NOUVELLE LUNE
- PREMIER CARTIER
- DERNIER CARTIER
- MERCURE
- VÉNUS
- TERRE
- MARS
- JUPITER
- SATURNE
- URANUS
- NEPTUNE
- PLUTON
- LEVER
- COUCHER
- PASSAGE AU MÉRIDIEN
- ÉLONGATION-EST
- ÉLONGATION-OUEST
- CONJONCTION (AVEC ☉)
- OPPOSITION (AVEC ☉)
- PLUS GRAND ÉCLAT DE ♀
- JOUR DE LA PÉRIODE JULIENNE J.P.J.

ÉTOILES FILANTES

- QUADRANTIDES 2-3 janvier
 - LYRIDES 20-22 avril
 - AQUARIDES 1-13 mai
 - AQUARIDES 25-30 juillet
 - PERSÉIDES 30 juillet-17 août
 - GIACOBINIDES 9 octobre
 - ORIONIDES 16-22 octobre
 - LÉONIDES 15-20 novembre
 - ANDROMÉIDES 17-23 novembre
 - GÉMINIDES 9-13 décembre
- (d'après l'annuaire C. FLAMMARION)

LES SAISONS (1969)

- PRINTEMPS 20 mars 14h 08m H.N.E.
- ÉTÉ 21 juin 8h 55m H.N.E.
- AUTOMNE 23 sept. 0h 07m H.N.E.
- HIVER 21 déc. 19h 44m H.N.E.



**POSITION
DES PLANÈTES SUPÉRIEURES
EN 1969**

- MARS : ♂ : VIERGE, BALANCE, SCORPION-OPHIUCHUS, SAGITTAIRE, CAPRICORNE, VERSEAU.
- JUPITER : ♃ : VIERGE
- SATURNE : ♄ : POISSONS, BALÉINE-BÉLIER
- URANUS : ♅ : VIERGE
- NEPTUNE : ♆ : BALANCE
- PLUTON : ♇ : CHEVELURE DE BÉRENICE

SATELLITES ARTIFICIELS

INCLINAISON DE L'ORbite SUR L'ÉQUATEUR DE LA ☽

ÉCHO II $i = 81^{\circ} 28'$

PAGÉOS $i = 84^{\circ} 07'$ (SEPT. 1968)

LES PLUS BRILLANTES ÉTOILES DE L'HÉMISPÈRE NORD

ÉTOILE	MAGNITUDE
SIRIUS	1.6
VÉGA	0.1
CAPELLA	0.2
ARCTURUS	0.2
RIGEL	0.3
PROCYON	0.5
ALTAIR	0.9
BÉTELGEUSE	0.9
ALDÉBARAN	1.1
POLLUX	1.2
L'ÉPI	1.2
ANTARÈS	1.2
FOMALHAUT	1.3
DENEK	1.3
RÉGULUS	1.3

(d'après J. DELHAYE)

la ligne de l'astre en question. Par exemple, pour les vingt-quatre heures du vendredi 10 janvier (J.P.J. 2 440 232) au samedi 11 janvier, Neptune passe au méridien à 8 h 26 (la plupart des événements cités jusqu'à 16 h, sont invisibles par les moyens ordinaires); Mercure se lève à 8 h 55; Vénus se lève à 10 h 00; Jupiter se couche à 11 h 00; Saturne se lève à 11 h 30; la ligne médiane de Pagéos passe au méridien à 11 h 54; Mars se couche à 12 h 06; le Soleil vrai passe au méridien à 12 h 07; la branche ascendante (Sud-Nord) de l'Echo II passe à la verticale à 13 h 38 (voir plus loin une note à ce sujet); le Soleil se couche à 16 h 32; le Point Vernal passe au méridien à 16 h 45 (il est zéro heure sidérale à ce moment); la branche descendante de Pagéos (Nord-Sud) passe à la verticale à 17 h 26; Saturne passe au méridien à 17 h 54; Mercure se couche à 17 h 56; le crépuscule astronomique se termine à 18 h 22; la Polaire passe au méridien supérieur à 18 h 42; la ligne médiane de l'Echo II passe à la verticale à 19 h 02; Vénus se couche à 20 h 29; Jupiter se lève à 23 h 10; l'heure sidérale à minuit est 7 h 20; le dernier quartier de la Lune se lève à 0 h 08; Saturne se couche à 0 h 14; la branche descendante (Nord-Sud) de l'Echo II passe à la verticale à 0 h 20; Mars se lève à 1 h 53; Uranus passe au méridien à 4 h 53; Jupiter passe au méridien à 5 h 02; l'aube commence à 5 h 54; la Polaire passe au méridien inférieur à 6 h 38, etc.

Les planètes

La planète *Mercury*, toujours très près du Soleil, ne s'observe qu'à l'époque de ses plus grandes elongations, toutes indiquées sur le graphique. Sous nos latitudes, celle du soir le 5 mai, et celle du matin le 14 octobre, sont les plus faciles à observer. La planète *Vénus* sera la brillante *Etoile du Soir*, jusqu'en avril. A l'époque de son plus grand éclat (3 mars), elle brillera douze fois plus que l'étoile Sirius et huit fois plus que la planète Jupiter, se levant à l'Est. Après sa conjonction inférieure du 8 avril, elle devient *Etoile du Matin* et brille tout autant que le soir, jusqu'à la fin de l'année. *Mars* sera dans le ciel du soir à partir d'avril, alors qu'il commence à se lever avant minuit. Il y demeure tout le reste de l'année. Il est en opposition avec le Soleil le 31 mai, mais sa distance à la Terre n'est minimale que le 8 juin. A cette époque,

Mars brillera autant que Jupiter, un peu plus à l'Ouest, et surpassera dix-sept fois l'étoile rouge Antares, agitée par la turbulence, près de laquelle elle effectuera sa boucle d'opposition. *Jupiter* évolue toute l'année dans la constellation de la Vierge. Il se lève à minuit au début de l'année et demeure dans le ciel du soir, jusqu'à sa conjonction avec le Soleil, le 9 octobre. Après quoi, il passe dans le ciel du matin pour y demeurer jusqu'à la fin de l'année. *Saturne*, dans les Poissons puis le Bélier, est visible le soir jusqu'à sa conjonction du 18 avril; il passe ensuite dans le ciel du matin, où il demeure jusqu'en juillet; il est de nouveau observable le soir, pour le reste de l'année. Ses anneaux sont maintenant ouverts sous un angle de 18°. *Uranus*, de magnitude 5,7 à son opposition du 22 mars, est dans la constellation de la Vierge. *Neptune*, de magnitude 7,7, est en opposition le 18 mai, dans la constellation de la Balance. *Pluton*, de magnitude 15, est en opposition le 14 mars, dans la Chevelure de Bérénice, constellation située au nord de la Vierge. La ligne de passage de Pluton a été omise sur le graphique, parce qu'elle se serait confondue avec celles de Jupiter et d'Uranus, sur une grande partie de son parcours. Par définition, les lignes de passage des planètes rencontrent la ligne de minuit à la date de l'opposition, et la ligne de midi — ou plutôt celle de l'Equation du Temps (passage du Soleil vrai) — à la date de la conjonction.

Le soir, au début d'avril, nous avons le ciel le plus riche de l'année, avec douze des quinze étoiles les plus brillantes de l'hémisphère nord visibles en même temps. En 1969, il y aura en plus Vénus, dans la lueur crépusculaire, et Jupiter, se levant à l'Est, toutes deux plus brillantes encore que les étoiles. On pourrait même ajouter la planète Saturne, mais celle-ci sera à peine remarquée, trop près de Vénus (8° au Sud) et brillant cent fois moins qu'elle. Remarquons, en passant, que Vénus et Saturne se couchent en même temps les 25 mars et 3 avril, mais qu'il n'y a pas conjonction en ascension droite, en aucune de ces occasions.

Il y aura cinq éclipses au cours de l'année, trois de Lune, par la pénombre et sans intérêt pour le profane, et deux de Soleil. L'éclipse annulaire de Soleil, du 17-18 mars, sera visible de certaines petites îles de l'Indonésie. L'éclipse de

Soleil du 11 septembre, annulaire également, passera surtout dans le Pacifique. La fin sera observable du Pérou et de la Bolivie.

Les lignes identifiées Echo II et Pagéos (l'Echo I a disparu de la scène le 23 mai 1968) permettent de déterminer à quel endroit de la Terre aura lieu un passage à la verticale, d'après l'heure des passages à l'Equateur, donnée quinze jours d'avance par les centres de calculs. Pour l'hémisphère sud, les lignes doivent être déplacées parallèlement, du point de rencontre sur la ligne de midi, à la ligne de minuit, et inversement, c'est-à-dire de 12 heures. La ligne figurant sur le graphique indique la rotation supposée uniforme de la ligne médiane de l'orbite, ou du plan passant à 90° des noeuds de l'orbite, la rotation de ce plan étant indépendante de la latitude ϕ du lieu d'observation et de l'inclinaison i de l'orbite du satellite. L'heure du passage de la branche ascendante, ou descendante, à la verticale du lieu est donnée par la formule :

$$\cos x = \operatorname{tg} \phi \cot i$$

x étant exprimé en heures. Il s'agit de tracer des lignes parallèles aux lignes pointillées, à la distance $-x$, pour la branche ascendante (sud-nord), et à la distance $+x$, pour la branche descendante (nord-sud). L'emploi de la couleur pour ces lignes de surplus aide à les identifier sur le graphique déjà un peu chargé. Ainsi se trouvent déterminées les périodes de passage des orbites à la verticale pendant le crépuscule, et partant des périodes optimales de visibilité des satellites artificiels Echo II et Pagéos. Comme remarque, on constate que les lignes colorées sont sur le point de se rencontrer au crépuscule de la fin de mai. A cette époque, les branches ascendantes de ces satellites passent à la verticale à moins d'une heure d'intervalle. Il est donc possible que l'on voie les deux satellites cheminer côte à côte, à cette occasion.

On peut obtenir des tirés à part de cet Annuaire Graphique en s'adressant à l'Observatoire de Québec, 229 ouest, boul. Saint-Cyrille, Québec 6. Prix: 25 cents l'unité; reproduction du dessin original, 54 x 36 pouces, \$2. l'unité.

Des conquêtes de la technique dépendent les progrès de la science, et des progrès de celle-ci dépendent ceux de la technique : féconde interaction perpétuellement entretenue... On lui doit toutes les grandes acquisitions de notre temps et, dans l'ordre des investigations menées aux profondeurs du monde de l'extrêmement petit, des possibilités nouvelles, naguère tout à fait insoupçonnées.

On croyait, hier, avoir atteint les limites de l'exploration permises au regard de l'homme. Mais on est allé et l'on continue d'aller toujours plus avant, — de même que du côté de l'infiniment éloigné. « Ce qui ne se voit pas sera vu », dit Jean Rostand, qui ajoute : « Ce qui ne se décèle pas sera décelé. Ce qui ne se manipule pas sera manipulé ». (Notons que la dernière proposition ne concerne ici, sous la plume de l'auteur des *Pensées d'un biologiste*, que la science de la vie. Or elle prend à présent une signification grandiose avec la naissance de l'astronomie expérimentale inaugurée au moyen des engins spatiaux : ne commence-t-on pas, aujourd'hui, de manipuler même les « choses du ciel » ?).

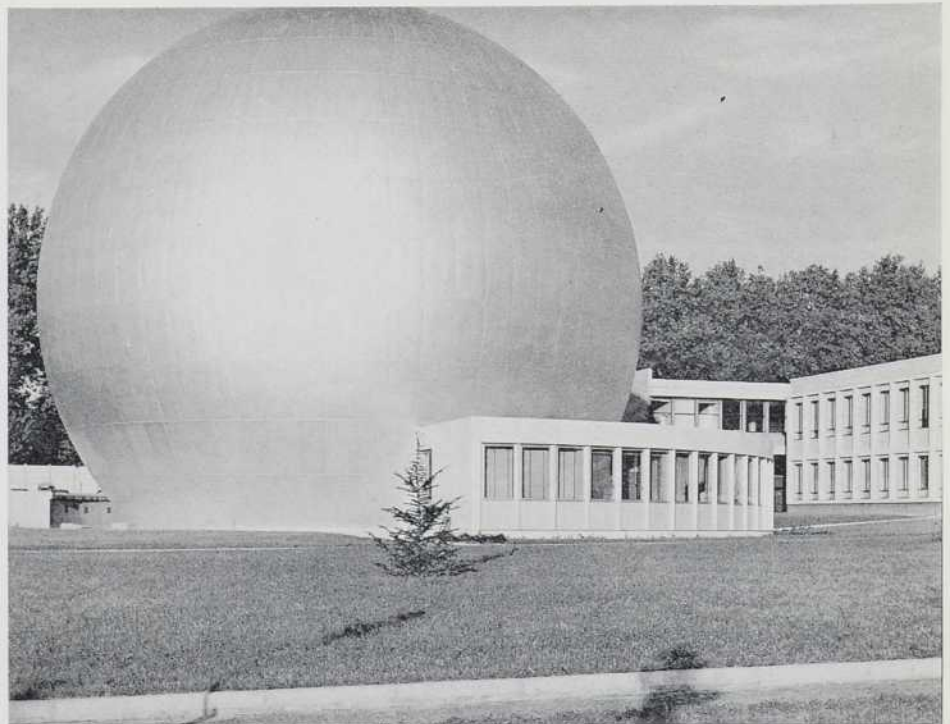
En ce qui concerne le domaine de la microscopie, alors que le microscope optique paraissait être parvenu à son plus haut degré de perfection, est apparu un instrument tout nouveau, le microscope électronique, qui a permis de dépasser d'emblée, et de fort loin, les limites atteintes jusqu'alors. Rappelons qu'il représente une

L'auteur, Fernand Lot, est écrivain scientifique, à Paris, et membre actif de l'Association des Ecrivains scientifiques de France. Les illustrations, fournies par l'auteur, sont du Laboratoire d'Optique Electronique du C.N.R.S., Toulouse.

Le microscope électronique géant de Toulouse

par Fernand Lot

La grande sphère d'acier qui abrite le microscope électronique géant de Toulouse.



éclatante application des géniales théories de la Mécanique ondulatoire, dues à Louis de Broglie. Prévoyant, en effet, que les électrons étaient susceptibles de se diffracter (car ils devaient avoir un aspect ondulatoire en même temps qu'un aspect corpusculaire) et que, partant, il n'y avait pas de différences fondamentales entre l'optique lumineuse et l'optique électronique, ces théories, bientôt vérifiées par l'expérience, devaient conduire à réaliser des hypermicroscopes dans lesquels la lumière est remplacée par un jet d'électrons.

Le microscope électronique est donc basé sur des principes similaires à ceux du microscope opti-

que, — les éléments optiques habituels (lentilles de verre) y étant remplacés par des éléments électroniques (dispositifs électrostatiques ou magnétiques), lesquels agissent sur le flux d'électrons exactement comme le font les lentilles de verre sur les rayons lumineux. L'image obtenue dans ces conditions peut être enregistrée sur une plaque photographique ou bien observée directement sur un écran fluorescent semblable à ceux qu'éclairaient les rayons X en radioscopie.

Mais les grossissements auxquels on parvient ici (de l'ordre, couramment, de 100 000), sont autrement considérables qu'en microscopie optique, (2 000), par-

ce que l'onde électronique est beaucoup plus courte que l'onde lumineuse. Elle possède donc un pouvoir séparateur plus grand. En effet, pour toute espèce de mouvement ondulatoire, la plus petite distance entre deux points qui permet de les séparer (c'est-à-dire de les voir séparément) est d'environ la moitié de la longueur d'onde de la lumière sous laquelle on les examine. Par conséquent, plus la longueur d'onde est courte, plus on augmente le pouvoir séparateur, et d'innombrables détails surgissent dans ce qui n'était, avec la lumière, qu'une petite tache uniforme.

Une autre loi, d'ordre instrumental, veut que, plus on descend dans la petitesse, plus il faut augmenter la taille des appareils : l'extrême finesse appelle le gigantesque...

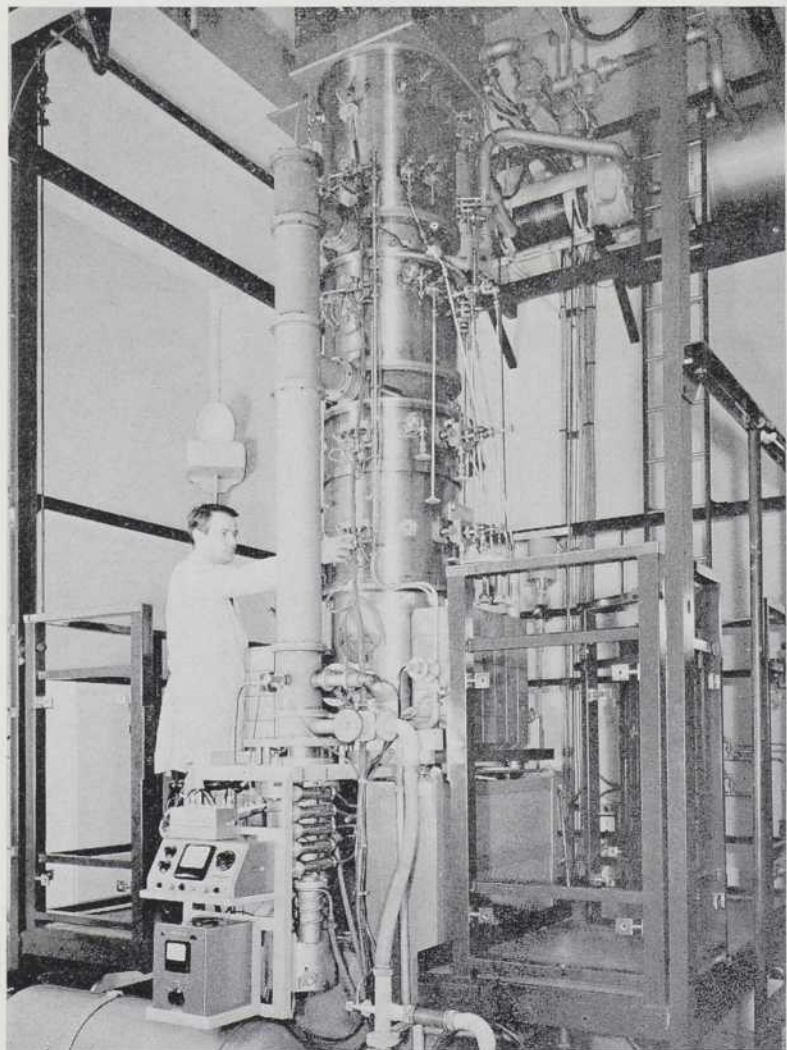
C'est ainsi que le professeur Gaston Dupouy, créateur et directeur du *Laboratoire d'Optique Electronique* du Centre National de la Recherche Scientifique, à Toulouse, a été conduit à concevoir et à faire construire dans ce laboratoire un instrument de dimensions exceptionnelles. (C'est actuellement un des plus puissants du monde).

Son logement apparaît de loin, à Toulouse : boule majestueuse qui domine les bâtiments voisins. Il s'agit d'une sphère en acier, de vingt-quatre mètres de diamètre. Soigneusement calorifugée, elle est doublée intérieurement de feuilles d'aluminium gaufré, un épais matelassage de laine de verre s'intercalant entre les deux parois.

Sous la coupole, le premier étage contient le générateur et le canon à électrons. Au rez-de-chaussée, se trouvent plusieurs salles de travail, dont celle où est installé le microscope lui-même.

Quelques chiffres éloquentes : du sol jusqu'au sommet des colonnes isolantes, le générateur haute tension a une hauteur de neuf mètres cinquante. Quant au microscope, il est haut de trois mètres et pèse quelque quatre tonnes. Mis au point par M. Gaston Dupouy avec la collaboration de

Au rez-de-chaussée de la coupole, le microscope électronique, capable de fonctionner sous une tension de 1 500 000 volts.



MM. Perrier et Fabre, il a été conçu — d'où les impressionnantes colonnes à foudre qui le surmontent — pour travailler sous des différences de potentiel très élevées : jusqu'à un million cinq cent mille volts. (Les appareils commerciaux usuels fonctionnent sous des tensions comprises seulement entre cinquante mille et cent mille volts).

Les électrons issus de la cathode franchissent dix étages d'accélération. Sous la tension d'un million et demi de volts, les électrons deviennent *relativistes*, car leur vitesse avoisine alors celle de la lumière (300 000 km par seconde), et leur masse s'accroît conformément aux équations d'Einstein.

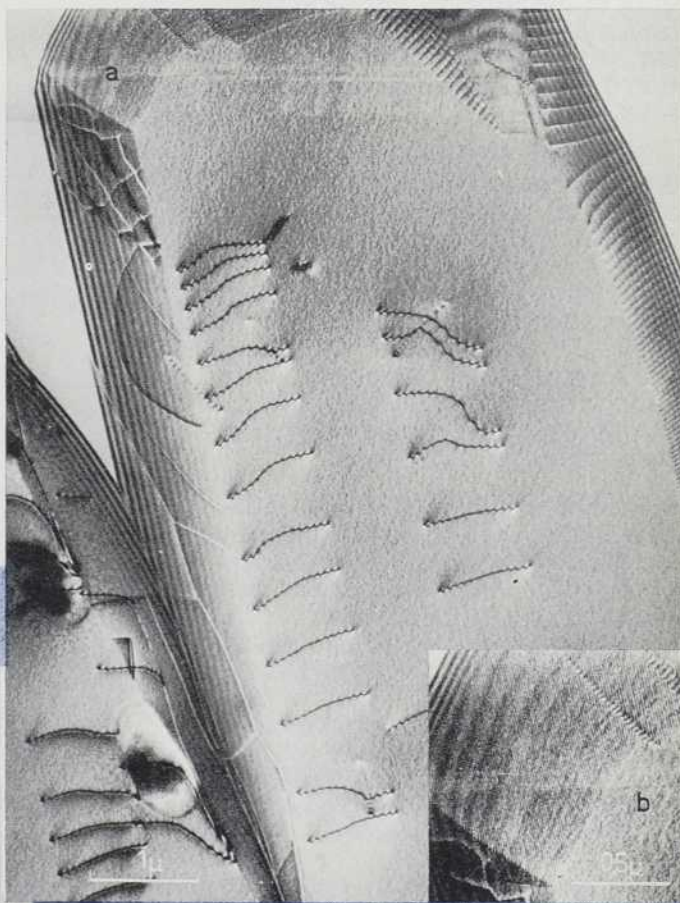
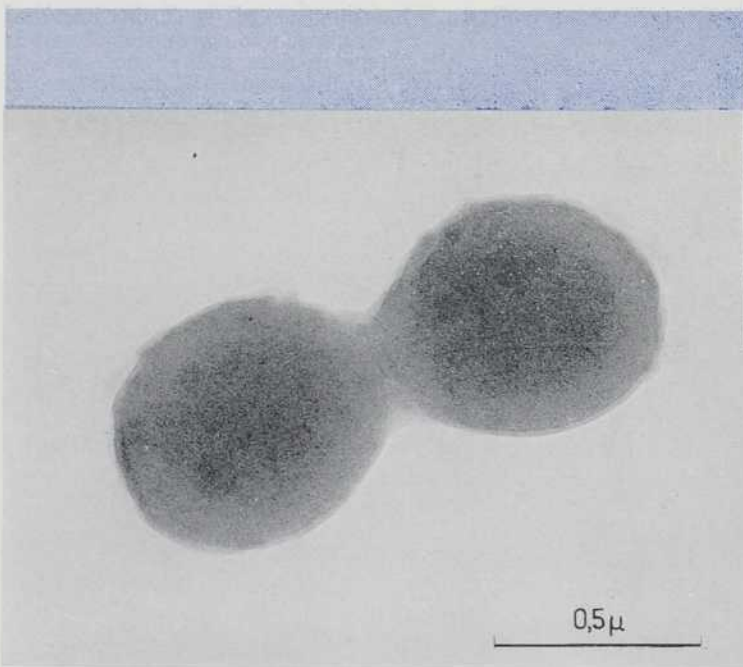
Comme la pénétration des électrons très rapides qui servent à former les images est ainsi notablement accrue, on peut observer sur celles-ci des détails de structure invisibles à des tensions moins élevées. Les très hautes tensions présentent d'autres avantages. En particulier, l'aberration chromatique diminue quand l'énergie des électrons augmente.

Bien entendu, il fallait ici venir à bout de difficultés technologiques de toutes sortes, notamment obtenir des courants stabilisés, —

ce à quoi l'on est parvenu. Il y avait aussi les problèmes posés par la protection contre les rayonnements dangereux. En effet, en tous les points du microscope où le faisceau d'électrons vient frapper un diaphragme matériel, il y a émission de rayons X aux points d'impact, et dans le cas des tensions élevées que l'on utilise, les rayons X sont très durs et pénétrants : ils appartiennent au rayonnement *gamma*. Le problème de la protection des opérateurs a donc revêtu une acuité particulière. Il s'agissait, en premier lieu, de les protéger contre les rayons X pouvant être émis de haut en

bas, depuis la pièce où se trouve placé le générateur. Pour cela, les salles de travail du rez-de-chaussée ont été construites avec des murs en ciment baryté absorbant, de 30 cm d'épaisseur. Dans les régions les plus dangereuses, ont été disposés des écrans de plomb (le poids des briques de plomb assemblées représente plusieurs tonnes). Enfin, c'est à prudente distance, à l'aide de caméras de télévision, que l'on règle le centrage du faisceau d'électrons dans le microscope.

Au cours de ces dernières années, et tout récemment encore,



Ci-haut : comment apparaît, au microscope électronique, un échantillon d'acier inoxydable, avec ses curieuses dislocations intimes. La partie marquée « b », dans le coin gauche de la photo, est un agrandissement de « a », en haut de la photo.

Photo A (à gauche) : un staphylocoque, au microscope électronique.

de nombreux et très importants perfectionnements ont été apportés, par les chercheurs de Toulouse, aux méthodes de la microscopie électronique, en particulier, grâce à un écran spécial, ils ont obtenu une remarquable amélioration du contraste et, par suite, des images d'une qualité non pareille.

Le magnifique instrument de Toulouse a déjà permis de scruter toutes sortes d'échantillons métalliques, au plus grand bénéfice des études métallographiques et de la physique du solide. Les images révèlent, en effet, les subtils défauts de structure des métaux et des alliages : dislocations, fautes d'empilement dans les cristaux rendus imparfaits sous l'action des contraintes de diverse nature...

Enfin, un des plus beaux succès du Laboratoire de Toulouse est la mise en oeuvre d'une technique originale qui permet de photographier des *microbes vivants*, ce qui était jusqu'alors impossible dans les conditions mêmes de la microscopie électronique. En effet, les électrons ne cheminant que dans le vide, toute cellule vivante, placée « telle quelle » dans le corps de l'appareil, éclate.

En outre, une bactérie, si mince soit-elle, est pratiquement opaque au rayonnement électronique quand on l'observe dans un microscope usuel, de sorte que l'on ne peut y examiner qu'une cellule morte, et encore par fragments successifs, après que l'on a pris soin, sous le rasoir du microtome, de la déliter en tranches très fines : des coupes dont l'épaisseur ne doit pas excéder un dixième de millièmètre.

On est venu à bout des deux obstacles majeurs, d'une part, en recourant aux faisceaux électroniques extrêmement puissants dont on dispose à Toulouse; d'autre part, en remplaçant le porte-objet habituel par une minuscule boîte étanche — qui peut donc être soustraite aux effets du vide —, dont le volume n'est que d'un dixième de centimètre cube environ, à l'intérieur de laquelle est placé l'échantillon biologique.

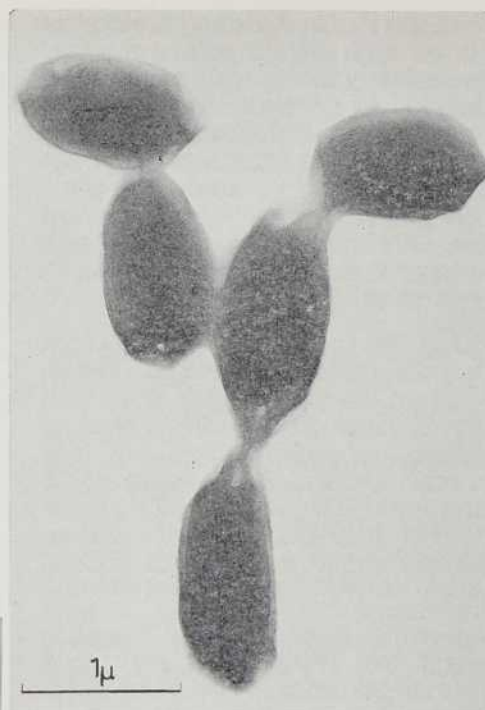
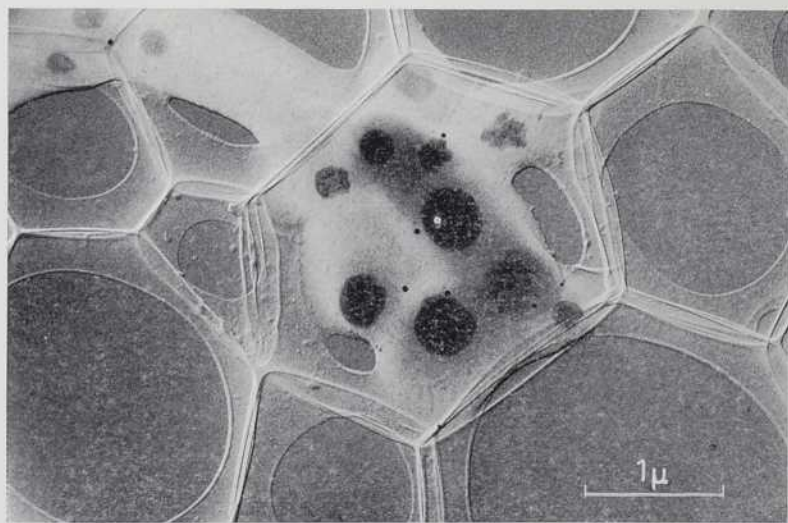


Photo B (en haut);
photo C (à gauche);
photo D (en bas).

Photos A, B et C: des bactéries vivantes, photographiées sous une tension d'un million de volts. A, Staphylocoque; B, bacille subtil; C, *Corynebacterium diptheriae*.



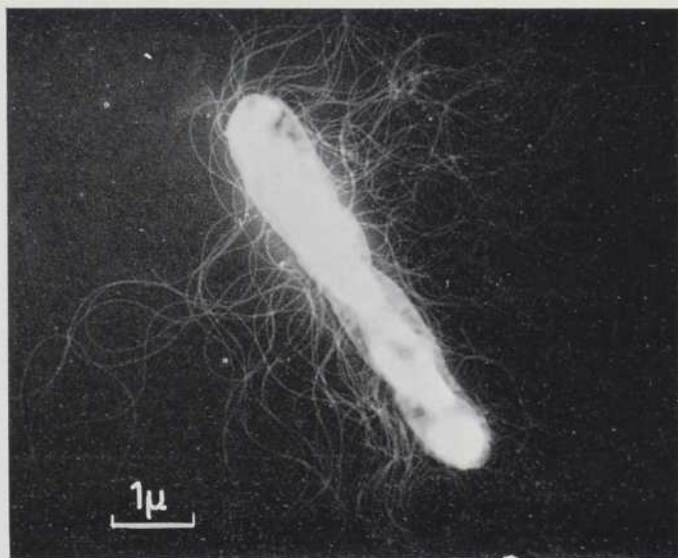
Ce petit « logis pour bactéries » est fermé par deux fenêtres très minces (leur épaisseur est inférieure à un dixième de micron), formées d'une membrane de collodion recouverte d'une pellicule de carbone. Un très fin tuyau y débouche, qui permet d'y conditionner l'air. Ainsi, l'enceinte exiguë étant convenablement aérée et humidifiée, les cellules vivantes peuvent-elles, soustraites aux effets destructeurs du vide, être maintenues dans des conditions de vie normales.

Une ère nouvelle s'ouvre donc dans le domaine des investigations ultramicroscopiques en biologie, puisqu'il est devenu possible d'observer les microbes sans les tuer, de suivre leur comportement en les photographiant, voire en les filmant, dans les stades successifs de leur évolution. D'infinies perspectives s'ouvrent ainsi en biologie, en bactériologie, en médecine.

Et d'une façon générale, qu'il s'agisse aussi bien de la matière inanimée, on voit se déployer un vaste éventail d'investigations et de découvertes, en faveur d'une avancée toujours plus poussée dans le monde prodigieux de l'extrêmement petit.

Photos D et E: images de bactéries obtenues au moyen de l'écran de contraste. (Tension 1 million de volts). D, *Corynebacterium diphteriae*; E, *Proteus*.

Photo E (en bas).



Au Laboratoire de Toulouse

Le laboratoire d'optique électronique de Toulouse, qui dispose d'un microscope électronique à très haute tension (1 million de volts), construit actuellement un appareil qui fonctionnera sous 3,5 millions de volts. L'intérêt de ces appareils, uniques pour l'instant dans le monde, est de permettre l'observation de préparations relativement épaisses, c'est-à-dire d'observer des échantillons vraiment représentatifs de la matière à trois dimensions. On a pu d'autre part montrer que l'aberration chromatique est environ 20 fois plus faible à 1 000 Kv qu'à 100 Kv.

On doit aussi réaliser la mise au point de dispositifs sélecteurs de vitesse qui, adaptés à des microscopes électroniques ordinaires permettent, d'une part un gain substantiel dans la qualité des images, d'autre part un nouveau moyen d'étude des interactions électron-cristal.

(Bulletin d'Information technique, Ambassade de France au Canada, no 3, 1968).

Qu'est-ce que le "climat" ?

Quel est le sens de l'expression "moyenne climatique" ?

Cet article répond à ces questions en employant des exemples pris dans la région du Saguenay — Lac-St-Jean.

Le climat du Saguenay — Lac-St-Jean

par Raymond-M. Gagnon

Introduction

Les phénomènes atmosphériques ont toujours existé. L'ouragan, la tornade, l'orage, le tonnerre, l'éclair sont présents dans l'atmosphère depuis que « la terre, l'air, l'eau et la lumière ont été séparés » selon l'expression de la Genèse. Certains savants soutiennent même que c'est l'atmosphère orageuse de la terre primitive qui serait à l'origine de la vie. L'atmosphère aurait donné la vie et c'est elle qui la maintient par l'oxygène qu'elle fournit aux plantes et aux animaux. A cause de cette importance de l'atmosphère, il n'est pas étonnant de constater à travers les âges que les phénomènes atmosphériques aient été considérés comme une manifestation de la faveur ou de la fureur divine. Agamemnon n'a-t-il pas sacrifié sa fille Iphigénie pour obtenir des vents favorables qui devaient le conduire à Troie? Les peuplades primitives ne font-elles pas encore aujourd'hui des sacrifices à leur divinité afin d'obtenir l'eau nécessaire à leurs cultures? La civilisation technique et scientifique a apporté quelques changements à cette façon de considérer les phénomènes atmosphériques. Maintenant, on les impute à l'homme. La « colère météorologique » n'est plus une manifestation de la colère divine, elle est prétexte à la colère des hommes. Le contrôle du temps par l'homme viendra peut-être un jour, mais pour le moment il ne faut pas devancer la science. Il faut d'abord connaître la nature et en

suite essayer de mesurer sa contribution avant d'imputer à l'homme des phénomènes qui sont tout à fait naturels.

Il faut donc connaître la nature. Mais la nature est parcimonieuse quand il s'agit de livrer ses secrets atmosphériques. Si l'on observe l'orage, la pluie, le vent, la grêle depuis la plus haute antiquité, ce n'est qu'au siècle actuel qu'on a pu élaborer quelques théories sérieuses sur leur formation. De même, quand il s'agit de connaître le *climat* (i.e. l'état moyen de l'atmosphère en un endroit), la nature est toujours avare. Elle n'y va qu'au compte-goutte dans ses informations et encore faut-il les recueillir avec beaucoup de soin.

Le présent article traite du climat. Il montre ce qu'on entend par l'expression moyenne climatique et est illustré d'exemples pris dans la région du Saguenay - Lac-Saint-Jean.

Définition

Le climat est d'après Larousse « l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné ». C'est beaucoup dire en une seule phrase. C'est *l'ensemble des phénomènes atmosphériques* i.e. la pluie, la neige, la grêle, la température, la pression, le vent, l'insolation, la radiation, l'humidité, la rosée, l'évaporation, la nébulosité, etc.; *qui caractérisent l'état de*

l'atmosphère et son évolution en un lieu i.e. que cet ensemble de phénomène est propre à un lieu donné: il varie d'un lieu à un autre.

Mais cet état de l'atmosphère est un « état moyen » et c'est là la clef de la définition. Qu'est-ce qu'une « moyenne »? Très simplement la moyenne est la somme d'une série de valeurs divisée par le nombre de valeur de la série (v.g. la moyenne de 10, 30, 50 et 70 est 40).

Lorsqu'il s'agit de donner une signification à cette moyenne, on est en butte à bien des difficultés. D'abord, une moyenne n'a pas beaucoup de signification si elle provient d'un petit nombre de valeurs. Une moyenne obtenue avec 10 valeurs n'a pas la même précision qu'une obtenue avec 200 valeurs. Le hasard peut produire des écarts considérables qui font que les valeurs moyennes obtenues avec de courtes séries sont très éloignées de celle obtenue à partir d'une série plus longue. Aussi, pour être suffisamment significative, une moyenne climatologique doit provenir d'une série de 30 ans. L'Organisation météorologique mondiale a d'ailleurs fixé cette norme qui est utilisée (lorsque c'est possible) à l'échelle mondiale. Dans le con-

L'auteur du texte et des tableaux, Raymond-M. Gagnon, M. Sc., est météorologiste au Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.

texte actuel, lorsque les moyennes climatiques sont calculées d'après la période de 1931-1960, on parle de valeurs normales.

De plus, la moyenne peut provenir d'une série *symétrique* ou *asymétrique*. Ainsi la moyenne de 1, 3, 4 et 172 est 40 de même que celle de 30, 41, 42 et 47. Dans le premier cas, trois nombres sont plus petits que la moyenne et un seul plus grand, alors que dans le deuxième, trois sont plus grands. On parle alors d'asymétrie à gauche ou à droite selon le cas. Par contre, dans le cas de 10, 30, 50 et 70 où la moyenne est 40, deux nombres sont plus petits et deux sont plus grands que la valeur moyenne: on dit que la distribution est *symétrique*. Dans le cas d'une distribution *symétrique*, la moyenne prend donc le sens suivant: c'est une valeur provenant d'une série de nombres dont la moitié lui sont supérieurs et l'autre moitié inférieurs. En climatologie, la plupart des distributions sont à peu près *symétriques* et la moyenne se définit alors comme une valeur telle que la moitié des observations lui sont supérieures et l'autre moitié inférieures. La valeur moyenne n'est donc pas une valeur qui doit se produire nécessairement: elle marque simplement une ligne de démarcation et c'est là le sens qu'il faut lui donner en climatologie.

La moyenne en elle-même est loin d'être une donnée complète. Elle provient d'une certaine série de valeurs et souvent des séries bien différentes peuvent donner la même moyenne.

Il y a encore un point qu'il faut considérer lorsqu'on parle de valeur moyenne. Pour ne parler que de distribution *symétrique*, les séries 1, 2, 158 et 159 de même que 78, 79, 81 et 82 donnent toutes les deux comme moyennes 80. On voit immédiatement que les valeurs de la deuxième série sont des valeurs très proches de la moyenne alors que celles de la première sont très éloignées. Ceci a son importance puisque si les valeurs citées sont des mesures de température de l'air, la série 78, 79, 81 et 82 pourrait être des valeurs terrestres mais il faudrait chercher ailleurs que sur notre planète pour donner un sens à l'autre série. La dispersion des valeurs autour de la moyenne a donc une grande importance. On mesure cette dispersion autour de la moyenne de différentes façons et c'est cette mesure de la dispersion autour de la moyenne qui

nous permet d'attribuer un certain niveau de probabilité aux observations.

Telle est la définition du climat: *c'est l'ensemble des phénomènes atmosphériques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.*

La station climatologique

Sachant maintenant ce qu'est le climat, nous allons voir comment on procède à des observations climatiques. Le climat est une caractéristique d'un lieu d'après sa définition. Il faut donc, si on veut connaître le climat d'un endroit, y faire des observations et répéter les mêmes observations en plusieurs endroits si le climat de différentes localités intéresse. Au Québec, nous avons quelque 600 postes d'observations répartis dans différentes régions. Ainsi dans les comtés de Chicoutimi, Jonquière, Kénogami, Lac-St-Jean et Roberval, 88 stations climatologiques ont déjà été installées, 50 y sont encore en opération dont 27, en toutes saisons et 23, de mai à novembre.

La station de Chicoutimi est la plus ancienne et ses données remontent à 1871. C'est donc dire que la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean est assez bien connue du point de vue climatique, puisque 50 stations y sont installées et qu'on y relève des données depuis 1871.

L'atmosphère n'est pas un corps homogène. Ses propriétés thermiques et hygrométriques ne sont pas les mêmes sur toute son étendue; elles varient d'un point à un autre. De même son comportement en tant que producteur de pluie et filtre du rayonnement fait que l'observateur est sujet à bien des difficultés. Aussi doit-il se soumettre à des normes assez sévères s'il veut obtenir des valeurs d'observations sérieuses qui seront comparables d'une station à une autre. Les différents instruments doivent être installés de façon similaire aux différents postes d'observations et les mesures doivent être relevées à des heures identiques.

A la plupart des stations du Québec, on n'observe que la température et la précipitation puisque ce sont les phénomènes qui touchent le plus de domaines et qu'avec ces deux phénomènes observés, il est possible de construire des théories qui font que, par simple calcul, on obtient des valeurs qui se rapprochent de la réalité.

Les données climatologiques

Un observateur est chargé de chacune des stations climatologiques du Québec et il y effectue des relevés deux fois par jour, soit à 8 heures et 18 heures. Les relevés sont colligés, analysés sommairement sur une base mensuelle et mis en réserve pour fin d'analyse future. Plus longues sont les séries de relevés disponibles à une station, meilleure est la connaissance des moyennes et des dispersions des valeurs autour des moyennes.

Afin de montrer comment se présente une série brute de données climatologiques, nous avons dressé deux graphiques provenant des relevés effectués à Chicoutimi depuis 1901. Ces deux graphiques s'appliquent au trimestre juin, juillet et août et concernent la pluviométrie de la station. Le premier graphique (Graphique I) représente es hauteurs de chute de pluies des 68 trimestres estivaux depuis 1901 alors que le second (Graphique II) couvre la même période et est construit d'après le nombre de jours du trimestre où une pluie supérieure à un centième de pouce, i.e. une quantité mesurable est tombée.

D'après les 68 dernières années, la chute moyenne de pluie à Chicoutimi pour le trimestre juin, juillet et août est de 11.44 pouces et elle tombe en moyenne en 39.5 jours. Les deux graphiques montrent, dans leur partie non hachurée, les écarts positifs aux deux moyennes et, dans leur partie hachurée, les écarts négatifs.

Les deux graphiques nous permettent de pointer plusieurs faits intéressants.

1) D'abord, une assez forte variation des valeurs est observée d'une année à une autre et rares sont les années où les valeurs sont égales à celles de l'année précédente.

2) On voit également qu'aucune des années de 1901 à 1968 n'a connu une chute de pluie ou un nombre de jours de pluie égal à la moyenne. Cependant dans les deux cas, 35 années ont connu des valeurs supérieures à la moyenne, soit près de la moitié des années et 33, des valeurs inférieures, soit près de l'autre moitié. Ceci montre clairement que la moyenne n'est rien d'autre qu'une ligne de démarcation.

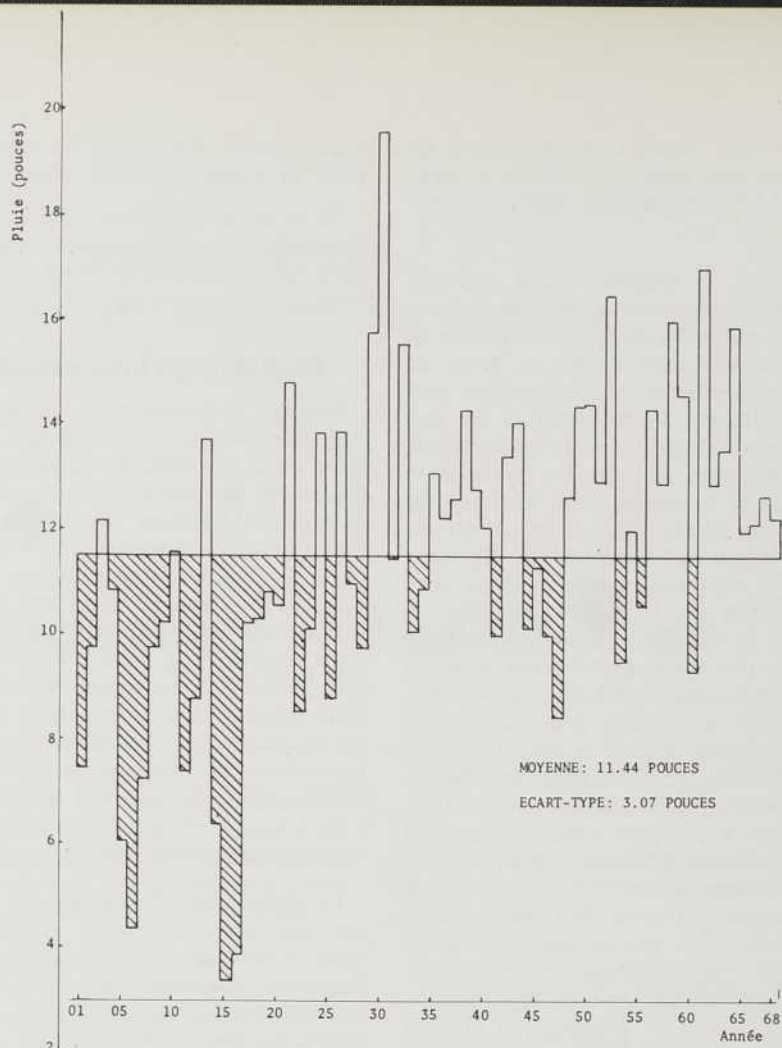
3) Sur les deux graphiques les valeurs annuelles sont plus ou moins éloignées de la moyenne. Toutefois beau-

coup plus d'années sont près de la moyenne que loin d'elle. On peut mesurer la dispersion des valeurs autour de la moyenne au moyen de l'écart-type. Ainsi et ceci peut être pris comme définition de l'écart-type, dans un intervalle de deux écarts-types centré sur la moyenne, près des $\frac{2}{3}$ des valeurs annuelles sont incluses (pour la précipitation, entre 14.51 et 8.37 pouces et pour le nombre de jours, entre 47.6 et 31.4 jours). Il ne reste donc que 33% des valeurs en dehors de ces intervalles. En général, plus on s'éloigne de la moyenne dans un sens comme dans l'autre, moins on trouve de valeurs inférieures ou supérieures au nouveau seuil.

4) Ce phénomène de groupement des valeurs autour des moyennes permet d'établir des niveaux de probabilité de dépassement. Ainsi à un seuil égal à la moyenne moins deux écarts-types (soit 5.30 pouces pour la chute de pluie et 23.3 jours pour le nombre de jours de pluie), on trouvera que 97.7% des valeurs sont supérieures à ce seuil. A une valeur égale à la moyenne moins un écart-type (soit 8.37 pouces et 31.4 jours), on trouvera que 84.1% des valeurs sont supérieures à ce nouveau seuil. A la valeur moyenne (soit 11.44 pouces et 39.5 jours), 50% des valeurs sont supérieures. Symétriquement du côté des écarts positifs, on trouvera à une valeur égale à la moyenne plus un écart-type (soit 14.51 pouces et 47.6 jours), un niveau de dépassement de 15.9% et à une valeur égale à la moyenne plus deux écarts-types (soit 17.58 pouces et 55.7 jours), une fréquence de dépassement de 2.3%. On voit donc qu'il est possible de savoir si un phénomène est plus ou moins fréquent et même d'y attacher une période de retour. Ainsi des pluies égales à celle de 1964 peuvent se produire ou être dépassées cinq années sur 100. Elles se produisent donc

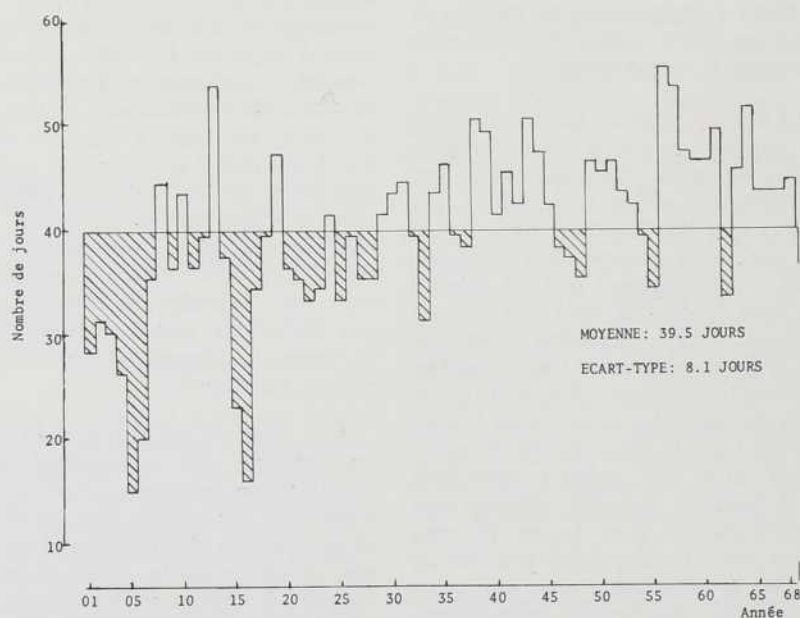
A droite, Graphiques I et II :

D'après les 68 dernières années (1901-1968), la chute moyenne de pluie à Chicoutimi pour le trimestre juin, juillet et août est de 11.44 pouces et elle tombe en moyenne en 39.5 jours. Les deux graphiques montrent, dans leur partie hachurée, les écarts positifs aux deux moyennes et, dans leur partie non hachurée, les écarts négatifs.



Graphique I.

Chicoutimi. Chute de pluie durant le trimestre juin, juillet et août mesurée en pouces.



Graphique II.

Chicoutimi. Nombre de jours du trimestre juin, juillet et août où il est tombé une pluie supérieure à un centième de pouce.

en moyenne tous les 20 ans. Remarquez que ceci ne veut pas dire qu'elles se produisent uniquement tous les 20 ans. Elles peuvent se reproduire l'année prochaine et leur niveau probabilistique ne sera pas changé car le niveau probabilistique donnée est un niveau moyen.

5) On constate encore sur les graphiques que l'année ayant connu la plus forte chute de pluie est l'année 1930 où il est tombé 19.52 pouces de pluie et celle ayant connu le plus de jours de pluie est l'année 1956 avec 55 jours. De même, celle ayant donné le moins de chute de pluie est l'année 1915 avec à peine 3.33 pouces et celle ayant eu le moins de jours de pluie est 1905 où seulement 15 jours de pluie ont été enregistrés. Chacun de ces extrêmes ont des niveaux de probabilité très faibles.

6) Finalement, on remarque cette tendance qu'ont les années sèches et les années humides à se grouper ensemble. Ainsi, la période 1901 à 1930 est une période particulièrement sèche, alors que la période 1931 à 1968 est nettement plus humide. Ces périodes d'alternance d'humidité et de sécheresse sont universelles. C'est d'ailleurs cette alternance des périodes qui a poussé l'Organisation météorologique mondiale à définir la normale comme étant une moyenne basée sur 30 années d'observations. De nombreux chercheurs ont constaté ces alternances de cycles mais aucun n'a réussi à bâtir une théorie valable pour expliquer ce phénomène.

Le climat de la région Chicoutimi — Lac-St-Jean

D'après la classification de Köppen, la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean se situe dans la zone de *climat humide à été frais*. Elle ne fait pas exception au reste du Québec méridional qui, toujours d'après Köppen, connaît le même climat humide à été frais. Il va de soi qu'à l'intérieur du Québec, il y a des différences climatiques qui font que le climat est plus humide ou plus chaud en un endroit plutôt qu'en un autre. Une consultation des cartes climatiques du Québec montre comment se distingue le climat du Saguenay-Lac-Saint-Jean par rapport à celui des autres régions du Québec méridional.

Les cartes consultées sont construites d'après les données de la période 1931-1960. Elles sont donc basées sur des valeurs normales. Il est essentiel de fixer

la période si on veut que les données soient comparables d'une station à une autre et que les cartes soient dressées avec assez d'exactitude.

La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean est une des régions les plus au nord du Québec habité. De façon générale, elle est une région privilégiée par rapport aux régions immédiatement avoisinantes et surtout par rapport aux régions de même latitude. La région est une immense vallée à l'intérieur de la chaîne des Laurentides qui fait que la température est plus chaude et la précipitation plus faible que dans les régions immédiatement avoisinantes.

Les températures y sont plus chaudes. La carte de température moyenne annuelle montre une langue d'air chaud qui, s'avancant à partir du Saint-Laurent dans la vallée du Saguenay, ceinture le lac Saint-Jean. Cette langue de température plutôt élevée contraste avec les faibles valeurs du parc des Laurentides au sud. Les températures moyennes annuelles légèrement supérieures à 35°F sont à peu près les mêmes que celles de la région immédiate de Québec. Les températures maximales absolues de l'ordre de 100°F sont comparables à celle de la région de Trois-Rivières beaucoup plus au sud et les températures minimales absolues légèrement supérieures à -50°F sont absolument semblables à celles de la région de Ste-Agathe dans les Laurentides, au nord de Montréal. Les moyennes mensuelles de température montrent toujours que la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean est favorisée du point de vue thermique.

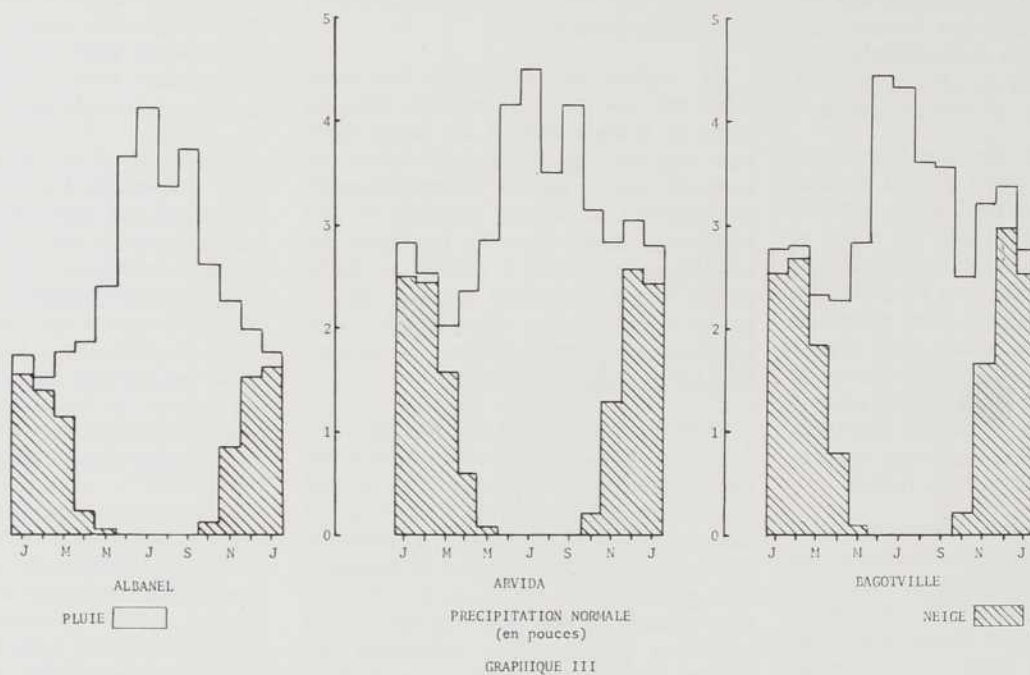
Quoiqu'il soit normal que la précipitation décroisse vers le nord, la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean accuse des valeurs pluviométriques beaucoup plus faibles que les régions avoisinantes. Une vaste région située au sud-ouest du lac Saint-Jean reçoit annuellement moins de 32 pouces de précipitation totale dont moins de 10 pouces d'équivalent d'eau sous forme de neige. Ces valeurs sont parmi les plus faibles du Québec méridional et contrastent auprès des 56 pouces de précipitation totale dont 20 pouces d'équivalent d'eau sous forme de neige de la région montagneuse du parc des Laurentides. Il pleut et il neige moins dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean que dans les régions de Québec et des Cantons de l'Est. De même, la variabilité des précipitations y est plus faible.

La région du lac Saint-Jean est même favorisée par rapport à celle de Chicoutimi. En ce dernier endroit, les chutes de précipitation atteignent près de 40 pouces et la chute de neige près de 120 pouces. Ceci trouve son explication dans la géomorphologie de la région.

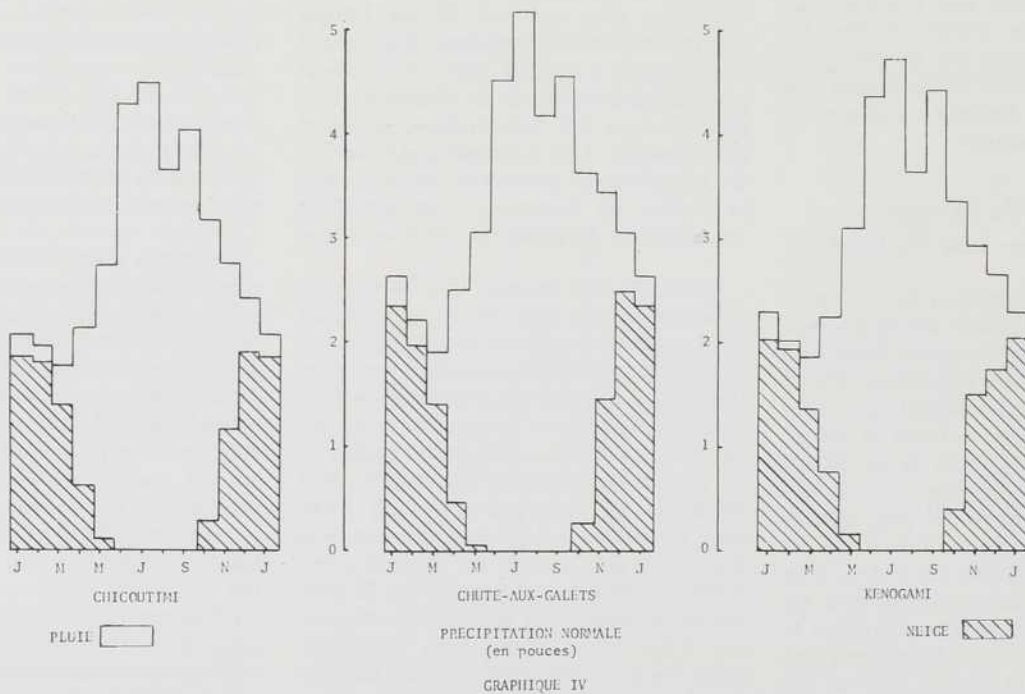
Les vents et la circulation proviennent surtout de l'ouest. L'ouest du lac Saint-Jean est une zone de subsidence parce que l'air est forcé de descendre et par conséquent, les formations nuageuses sont diminuées; la région entourant Chicoutimi est une zone d'ascendance à cause des montagnes rapprochées qui forcent l'air à s'élever et par conséquent les formations nuageuses se trouvent intensifiées ce qui a pour effet de produire plus de précipitation.

Si on examine la répartition mensuelle de la pluviosité (Graphiques III, IV et V) aux différentes stations de la région, toutes affichent un maximum très marqué durant les mois d'été. En général, juillet est le mois où les précipitations sont maximales et mars celui où elles sont minimales. Sauf à Roberval, les précipitations des mois d'été sont de l'ordre de quatre pouces par mois, alors que durant l'hiver, en exceptant Lac-Onatchiway, les précipitations sont de l'ordre de deux pouces et demi. Ce maximum marqué de précipitation durant les mois d'été est propre aux stations de même latitude, telles Amos, Barrage-Gouin, Barrage-Cabonga et La Tuque. Il trouve son explication dans les changements de courants atmosphériques qui surviennent au cours des saisons.

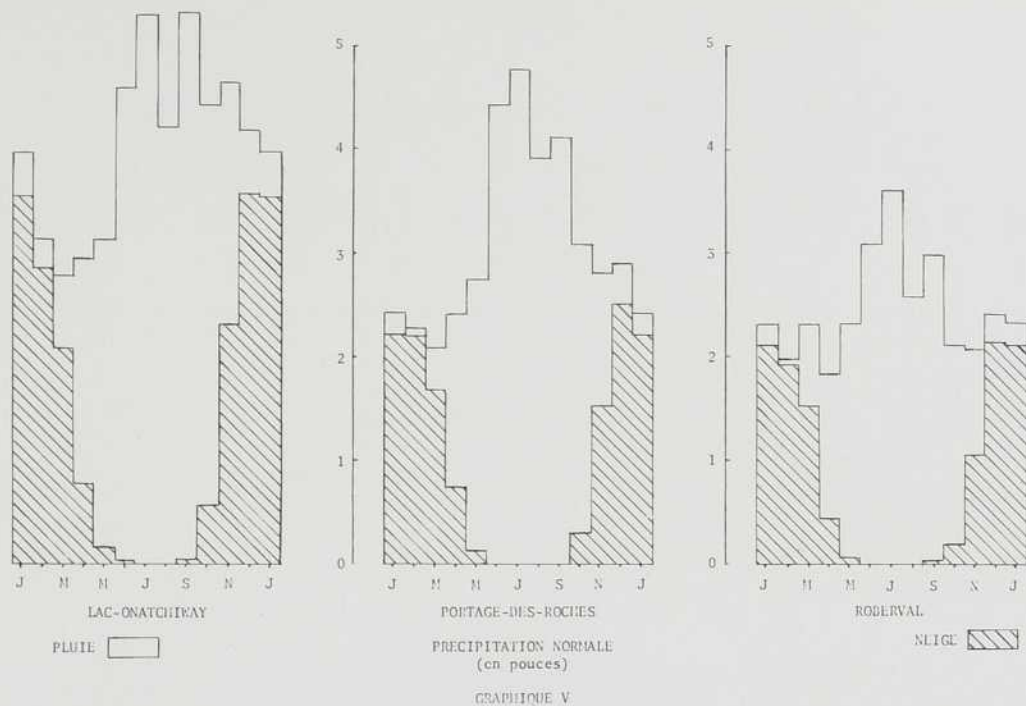
La carte d'insolation montre encore que l'effet de la vallée du Saguenay est de donner à la région une plus forte durée annuelle d'insolation que celle des régions avoisinantes. Le sud-ouest du lac, qui est une région de subsidence, connaît une période de 1800 heures de soleil alors que la région de Chicoutimi qui est une région où l'air est forcé de monter voit ses heures de soleil réduites à près de 1600 heures. Le Saguenay-Lac-Saint-Jean n'a pas beaucoup de soleil mais, en général, dans l'ensemble du Québec, les périodes de soleil sont plus rares que les périodes nuageuses. Les régions bénéficiant le plus du soleil sont celles du lac Saint-Pierre et de la baie des Chaleurs et encore le soleil n'y est présent que pour 45 pour cent du temps où il pourrait paraître. Au Saguenay-Lac-Saint-Jean, le soleil ne luit que pour 35 à 40% du temps où il pour-



Graphique III.
Précipitation normale (en pouces), à Albanel, Arvida et Bagotville.



Graphique IV.
Précipitation normale (en pouces), à Chicoutimi, Chute-aux-Galets et Kénogami.



Graphique V.

Précipitation normale (en pouces), au Lac-Onatchiway, au Portage-des-Roches et à Roberval.

rait le faire, ce qui revient à dire que plus de deux jours sur trois sont nuageux. Au Québec, la présence du temps nuageux sur le temps clair est générale; elle est la résultante du climat humide qui prévaut sur toute sa partie méridionale.

Conclusion

La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean a un climat avantageusement comparable à celui des régions du Québec situées plus au sud. Elle est particulièrement avantagée par rapport aux régions avoisinantes et son climat est un des plus beaux des régions du Québec situées à la même latitude.

Nous avons vu ce qu'était une moyenne climatique et comment se compor-

taient la série de données météorologiques. Nous pouvons maintenant dire que l'utilisation des moyens est nécessaire parce que la précipitation et la température atmosphérique sont des phénomènes essentiellement variables. Si elles varient d'un endroit à un autre, elles varient aussi d'une seconde à une autre, d'une minute à une autre, d'une heure à une autre, d'un jour à un autre, d'un mois à un autre, d'une année à une autre, d'un siècle à un autre et d'une époque à une autre. Les phénomènes atmosphériques sont donc essentiellement changeants. Ceci n'est pas sans compliquer les choses. Mais avant d'invoquer des causes extranaturelles pour l'explication de phénomènes atmosphériques, il faut être capable de reconnaître l'effet des causes naturelles. Il faut de plus être capable de mesurer cet effet. Ceci

n'est pas aussi facile qu'on le pense généralement.

Bibliographie

- BROOKS, C.E.P. et N. CARRATHERS. *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*. Air Ministry, Meteorological Office, H.M.S.O., London. 1953.
- FERLAND, M.-G. et R.-M. GAGNON. *Climat du Québec méridional*. Ministère des Richesses naturelles, Service de Météorologie, Québec. 1967. Bul. MP-13.
- GOVERNEMENT DU CANADA. *The Monthly Records of Meteorological Observations*. Ministère des Transports, Toronto, Canada. 1901-1968.
- VILLENEUVE, G.-O. *Sommaire climatique du Québec (Volume I)*. Ministère des Richesses naturelles, Service de Météorologie, Québec. 1967. Bul. M-24.

Médailles et bourses de l'ACFAS 1968

(Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences)

Lors du 36e congrès annuel de l'ACFAS, tenu à l'Université d'Ottawa les 7, 8 et 9 novembre dernier, deux personnalités du monde scientifique canadien étaient honorées. La « Médaille Archambault » accompagnée d'une bourse de \$1000., don de la Société des Artisans, était remise au Dr Jean-Louis Boivin et le Dr Léonard F. Bélanger recevait la « Médaille Pariseau » avec une bourse de \$1000. de la Fondation J. Armand Bombardier.

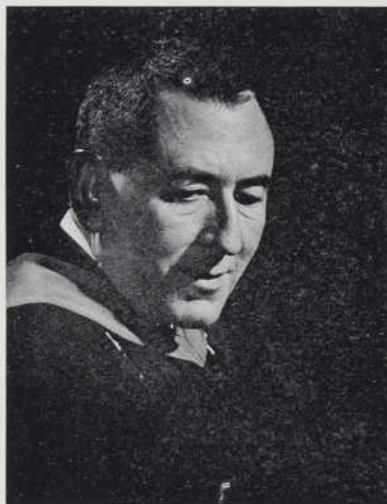
A cette même occasion l'ACFAS remettait les « Bourses Pfizer » à deux étudiants choisis pour leur application et leurs succès à la fin d'un cycle d'étude. Dans la section des écoles secondaires, une bourse de \$500. était accordée à Juan Roberto Iglésias de St-Sauveur, comté de Terrebonne, tandis que dans la section des collèges classiques, l'étudiant Francis Boudreau, de Cap d'Espoir, Gaspé, se méritait une bourse du même montant.

La Médaille Pariseau au Dr L. F. Bélanger

Le Docteur Léonard Francis Bélanger, lauréat de la médaille Pariseau, est professeur d'histologie à l'École de Médecine de l'Université d'Ottawa.

Léonard Bélanger a joué un rôle important dans l'évolution récente de sa spécialité qui est l'histologie, c'est-à-dire l'étude descriptive au microscope de l'anatomie et des structures des tissus des êtres vivants. Pour comprendre le rôle joué par notre collègue il faut se rendre compte de l'essor de cette science au 19e siècle puis de son état stagnant au début du 20e siècle. En fait, au moment de la seconde guerre mondiale, l'histologie était à un point mort.

A ce moment, un nouveau facteur venait d'apparaître : on commençait à fabriquer des éléments radioactifs, tel par exemple que le radio-phosphore. De plus, on savait que leur radiation impressionnait les plaques photographiques. Peut-être pourrait-on utiliser l'émulsion photographique pour suivre dans des coupes d'organes le cheminement des éléments radioactifs. Si oui, il y aurait là un champ d'action entièrement nouveau.



En janvier 1946, Léonard Bélanger vint me rejoindre à l'Université McGill — nous revenions tous deux du service militaire — et nous discutâmes de ce problème. Voudrait-il mettre au point une méthode pour localiser les éléments radioactifs dans des coupes d'organes? Le Dr Bélanger accepta le défi. Il vécut les quelques semaines suivantes dans la chambre noire à explorer cette question. En moins d'un mois, la réussite fut complète. La nouvelle méthode consistait à mettre une fine couche d'émulsion à la surface des coupes, ce qui permettait de localiser un radio-élément avec une haute précision. La « radioautographie » moderne était née; et la méthode, sous une forme ou sous une

autre, est maintenant utilisée dans le monde entier.

Cette découverte de la radioautographie moderne a changé l'orientation de la vie du Dr Bélanger, puisque au cours de ces vingt dernières années, il s'est consacré entièrement à l'étude de « l'histologie dynamique » par cette méthode. Il utilisa la radioautographie pour étudier la formation des os et des dents, plus tard celle de la synthèse de certains sucres, puis de celle des protéines. Mais la caractéristique principale de l'oeuvre de L. Bélanger est la haute qualité technique qu'il a toujours conservée. En fait, au cours de sa carrière, il a mis au point une série d'autres méthodes de valeur.

Il est nécessaire d'ajouter que l'enseignement de l'histologie par notre lauréat a été vivifié par ses propres découvertes. Un enseignement n'est véritablement universitaire que s'il inclut les perspectives de la science en mouvement. Et parmi les griefs de nos étudiants, il en est un qu'il faut retenir, c'est que l'enseignement parfois n'est pas relié à ce dynamisme de la science. Un vrai chercheur peut réaliser cet objectif et c'est l'une des qualités de l'enseignement du Dr Bélanger de faire sentir aux étudiants qu'ils participent dans une certaine mesure au progrès de la science.

(Extrait du texte de présentation rédigé et lu par le Dr C. P. LeBlond, professeur d'Anatomie à l'Université McGill de Montréal).

La Médaille Archambault au Dr J.-L. Boivin

Nos scientifiques canadiens-français doivent se mettre au rythme des idées nouvelles qui circulent; ils ne peuvent plus s'isoler dans leur laboratoire et poursuivre tranquillement leurs recherches afin de faire reculer les frontières

de l'inconnu. Nos hommes de science doivent s'intégrer de plus en plus dans les cadres, dans la direction scientifique afin de devenir des chefs de file et des interlocuteurs valables pour le Canada français.

Le lauréat de la médaille Archambault 1968, le Dr Jean-Louis Boivin a compris ce message; il a su successivement acquérir une bonne formation académique, parachever son expérience comme chercheur et enfin joindre les cadres pour diriger le travail d'une imposante équipe de scientifiques au sein du Conseil de Recherches pour la Défense (CRD).



Originaire de la Baie Saint-Paul, il y fit ses études primaires. Il poursuivit ses études secondaires et classiques au collège de Lévis où il obtint de l'Université Laval un baccalauréat ès arts en 1941. Etudiant ensuite à la Faculté des Sciences de l'Université Laval, il obtint un baccalauréat en sciences appliquées en 1946, et un doctorat en sciences avec mention *magna cum laude* en 1948.

Pour compléter son expérience comme chercheur scientifique, il joint les rangs du Centre de Recherches et de Perfectionnement des Armes (CARDE) où il participera pendant 18 ans à la recherche et au développement d'explosifs, de composés d'azote et de fluor, de propergols et de polymères. Sa carrière scientifique pour cette période est impressionnante: auteur de 50 rapports officiels; auteur de 41 articles dans les différentes revues scientifiques; détenteur de 8 brevets d'invention au Cana-

da et aux Etats-Unis; bénéficiaire d'une prime en argent du Conseil de Recherches pour la Défense pour une réalisation exceptionnelle dans le domaine des explosifs; honoré du grade de Fellow par l'Institut de Chimie du Canada, ainsi que par la *Chemical Society* de Londres, et aussi membre de l'*American Chemical Society*.

C'est un bilan bien enviable dont le Dr Boivin peut être fier pour dix-huit années très bien remplies.

En 1966, le Dr Boivin comprend qu'il peut rendre de plus grands services et laisse à regret son travail de laboratoire pour joindre les cadres du Centre de Valcartier. La Direction du Conseil de Recherches pour la Défense l'envoie alors suivre le cours de la Défense Nationale à Kingston. Durant cette année il se familiarisera avec les problèmes politiques, économiques et sociologiques du Canada. Par ses voyages aux quatre coins du monde, il acquiert une connaissance approfondie du tiers monde avec tous ses problèmes.

Il reviendra à Québec en 1967 où on lui confie la responsabilité de la Division de Propulsion à CARDE. Il ne remplira cependant ces fonctions que pendant un an car en juillet dernier il est nommé adjoint au Directeur général de CARDE et, comme tel, il est responsable du travail de plus de cent scientifiques répartis dans des domaines aussi complexes que ceux de l'électronique, laser, aérophysique, analyse de systèmes, propulsion, chimie, chimie physique et bien d'autres.

(Extrait du texte de présentation rédigé et lu par M. Marcel Letarte du Centre Canadien de Recherches et de Perfectionnement des Armes, CARDE).



Etes-vous abonnés ?

étudiants, éducateurs,
êtes-vous abonnés à la revue **LE JEUNE SCIENTIFIQUE ?**

Les professeurs de sciences
les bibliothèques, les dirigeants des écoles
connaissent-ils l'existence du **JEUNE SCIENTIFIQUE ?**

la série des huit (8) brochures d'un volume annuel
commence en octobre et présente un ensemble de 224 pages
traitant des sciences naturelles et exactes

si vous réunissez un groupe de quinze abonnements,
à une même adresse,
vous bénéficiez du prix spécial de \$2.00
pour chaque abonnement

participez personnellement à la vulgarisation des sciences
en multipliant les abonnements à votre revue

écrivez dès maintenant:

LE JEUNE SCIENTIFIQUE

Case postale 391

JOLIETTE, P. Q., Canada.