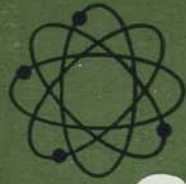


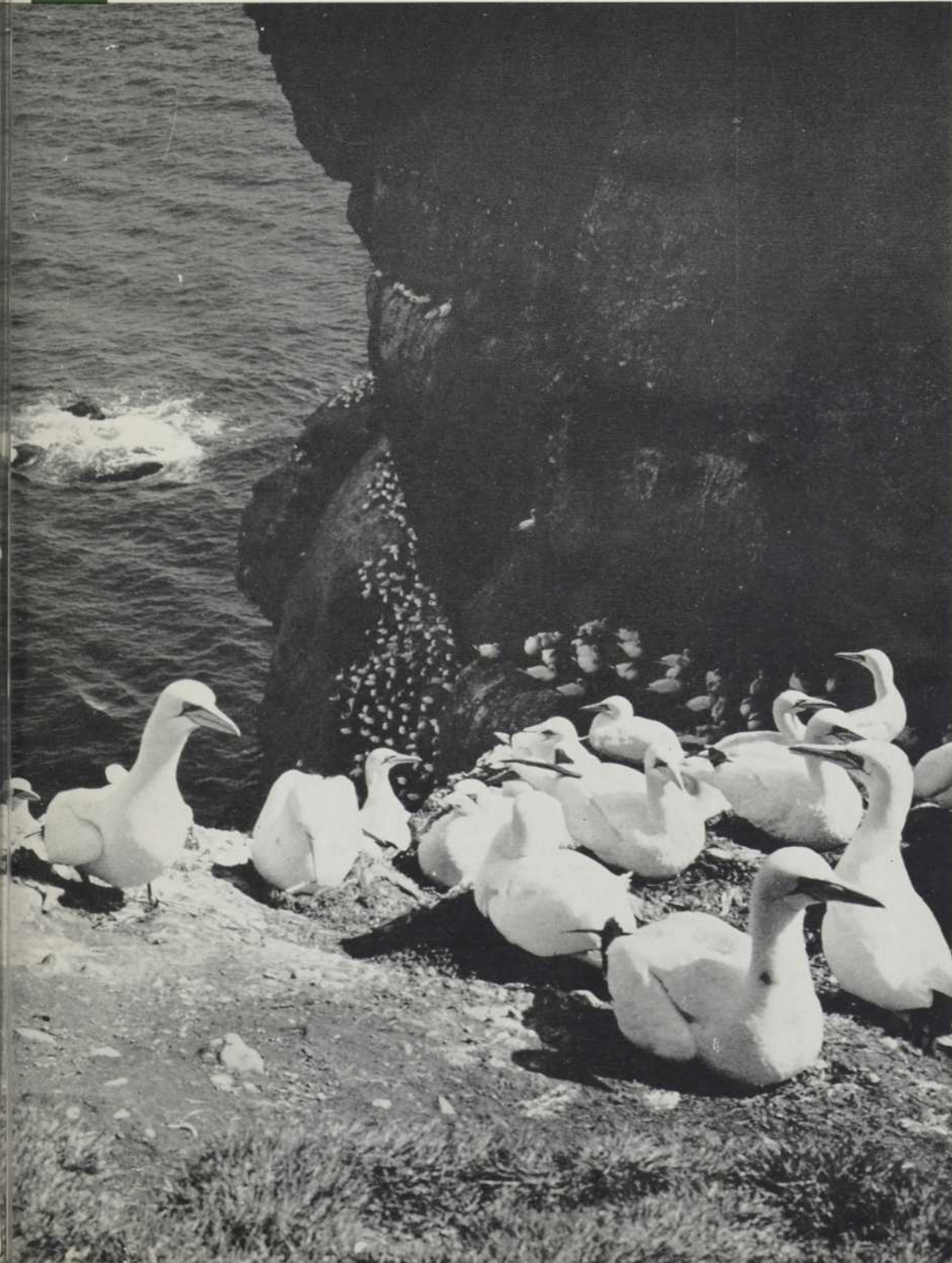
3



le jeune
scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

4 JAN 1967



VOLUME 5
NUMÉRO 3
DÉCEMBRE 1966



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

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

RÉDACTION

Léo Brassard
directeur

Roger H. Martel
secrétaire de la rédaction

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Réal Aubin
Jean-M. Beauregard
Léo Brassard
Roger-H. Martel
Jean-Louis Meunier
Gaston Moisan
Roland Prévost
Marcel Sicotte

COMITÉ DE RÉDACTION

Réal Aubin
Jean-R. Beaudry
Jean-Pierre Bernier
Michel Brochu
Raymond Cayouette
Louis-Philippe Coiteux
Pierre Demers
Jean-Paul Drolet
Jean-Guy Fréchette
Raymond-M. Gagnon
Guy Gavrel
Olivier Héroux
Edouard Kurstak
Jacques Labrecque
Serge Lapointe
Paul Lorrain
Alphée Nadeau
Paul-H. Nadeau
Raymond Perrier
Roland Prévost
Jean-René Roy
Jacques Vanier

Volume V, no 3

décembre 1966

S O M M A I R E

- 49 Les satellites-observatoires géophysiques
- 52 Le progrès des sciences et des techniques
- 54 La "bouée-laboratoire" française en océanographie
- 57 Qu'est-ce qu'un "googol" en mathématiques?
- 60 Les Fous de Bassan de l'île Bonaventure
- 63 La lutte contre les insectes s'enrichit de nouvelles méthodes
- 64 L'écologie, une science en progrès
- 69 Les produits pétrochimiques, quasi un univers
- 72 La structure de la science moderne

Photo-couverture : un aperçu des côtes escarpées de l'île Bonaventure, en Gaspésie, où s'est installée l'une des plus peuplées colonies de Fous de Bassan au monde. Cet oiseau marin se contente d'un nid rudimentaire pour y pondre un oeuf et donner naissance à l'oisillon qui devra se développer rapidement pour suivre ensuite ses congénères à la migration d'automne. (Photo Louis-P. Coiteux, Sherbrooke, Qué.).

Tarif des abonnements

Abonnement annuel : Canada, \$3.00; Etranger, \$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

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

Notes

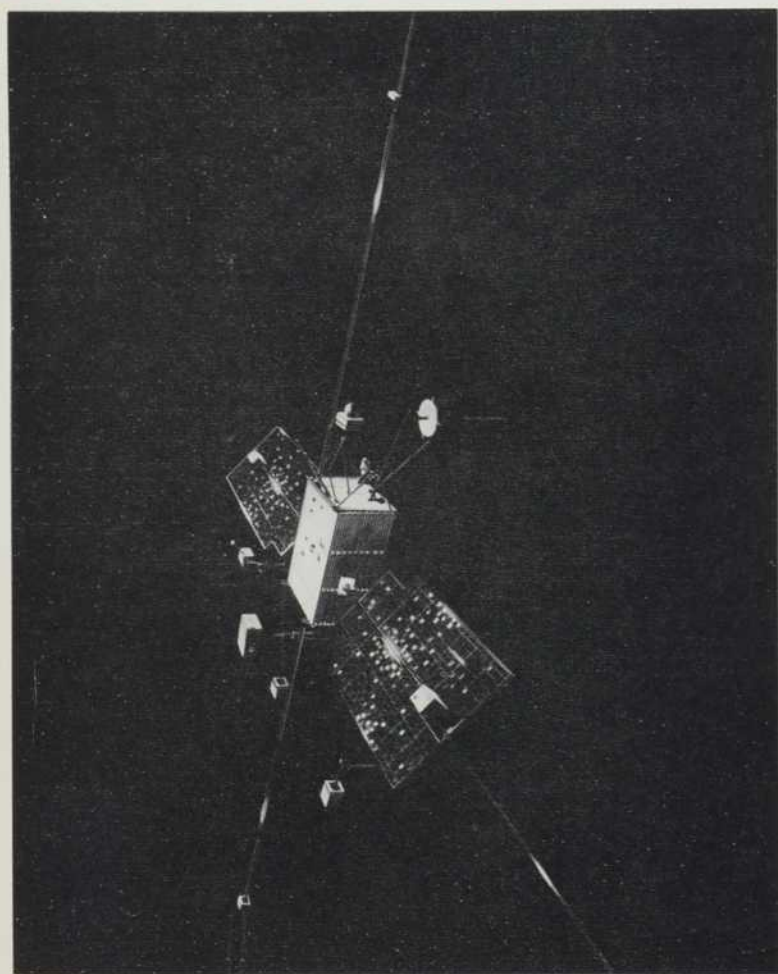
Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire.
Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur © ACFAS, 1966.
Le Ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication. Port payé à Montréal.

Imprimé aux ateliers de l'Imprimerie Nationale, Joliette.

Les satellites-observatoires géophysiques

Jean-René ROY

Le satellite OGO déployé dans l'espace. Les instruments placés à bord servent à étudier les rayons cosmiques, les sources galactiques d'ondes radio, la magnétosphère, les tempêtes géomagnétiques, le vent solaire, les particules prisonnières des ceintures Van Allen, les micrométéorites et une foule d'autres phénomènes de l'espace circumterrestre. Les instruments sont situés soit dans la cage centrale, sur les panneaux solaires ou sur l'un des quelconques bras qui donnent au satellite un aspect quelque peu monstrueux.



Depuis deux ans, une nouvelle génération de satellites scientifiques a surgi dans le cosmos : les *satellites-observatoires* auxquels *Le Jeune Scientifique* a déjà consacré deux articles (Les observatoires astronomiques et solaires sur orbite; cf. Bibliographie). Une autre série, celle des observatoires géophysiques orbitaux (OGO) constituant l'un des plus importants projets de recherches scientifiques spatiales vise les deux objectifs suivants :

1 — tout d'abord, mener à bonne fin un grand nombre d'expériences sur l'espace circumterrestre;

2 — mettre au point un satellite très versatile pouvant servir de plate-forme à une multitude d'expériences sur diverses orbites.

La famille OGO se divise en deux catégories : les EGO (*Eccentric Orbiting Geophysical Observatory*) voyageant sur des orbites très allongées à inclinaison d'environ 33° par rapport à l'équateur et les POGO (*Polar Orbiting Geophysical Observatory*) placés sur des orbites polaires basses.

Un pas de géant

Lorsque l'on considère les satellites des maigres débuts de l'ère spatiale, tels les premiers Explorers ou Vanguard qui ne pesaient que de 3 à 40 livres, dont certains avaient à peine la grosseur d'un pamplemousse, on se rend compte des progrès considérables accomplis avec ces derniers-nés de l'astronautique américaine; le OGO pèse jusqu'à 1 500 livres et peut accommoder de 20 à 50 expériences scientifiques, soit le plus grand nombre jamais poursuivi sur les satellites de l'Oncle Sam.

OGO sur orbite

Les POGO placés sur orbite polaire à partir de la base de Vandenberg en Californie le sont à l'aide de la fusée porteuse Thor-Agena pouvant développer, grâce à 3 « boosters » auxiliaires à carburant solide fixés à son premier étage, une poussée de 332 000 livres. L'apogée de l'orbite atteinte ne dépasse pas 1 000 milles; ainsi le OGO II a un périégée de 257 milles et un apogée de 938 milles.

D'autre part, les EGO dont l'apogée peut atteindre 90 000 milles nécessitent l'emploi d'une fusée plus puissante, l'Atlas-Agena B dont le premier étage fournit 390 000 livres de poussée et le second, Agena-B, 16 000. Par exemple, OGO III lancé de Cap Kennedy le 6 juin 1966, sur une orbite inclinée à 31° par rapport à l'équateur a un périégée de 170 milles, un apogée de 75 768 et une période de révolution de 48.5 heures.

A l'heure actuelle, trois OGO patrouillent la banlieue de notre planète : OGO I, lancé le 4 septembre 1964, et OGO III scrutent la magnétosphère et enregistrent simultanément une foule de données en des endroits fort éloignés, tandis que OGO II placé sur une orbite polaire (86°) assez rapprochée le 14 octobre

1965, analyse le comportement des régions plus voisines de la surface terrestre. Les POGO offrent l'avantage de pouvoir mener des observations « globales », c'est-à-dire que leur orbite polaire combinée avec la rotation de la Terre leur permet de faire en 24 heures un relevé complet des phénomènes étudiés.

L'anatomie du OGO

Le OGO est constitué principalement d'une cage en aluminium de forme rectangulaire mesurant 68 po. x 33 po. x 33 pouces. De cette carapace surgissent plus de 10 bras extensifs servant d'antennes de sondage ou de télécommunication et de support à divers appareils de recherche. Complètement déployé, le OGO atteint une cinquantaine de

pieds de longueur et une largeur de plus de 20 pieds. Il prend l'apparence d'un mystérieux robot provenant des confins de l'espace qui n'est sûrement pas un chef-d'oeuvre d'esthétique.

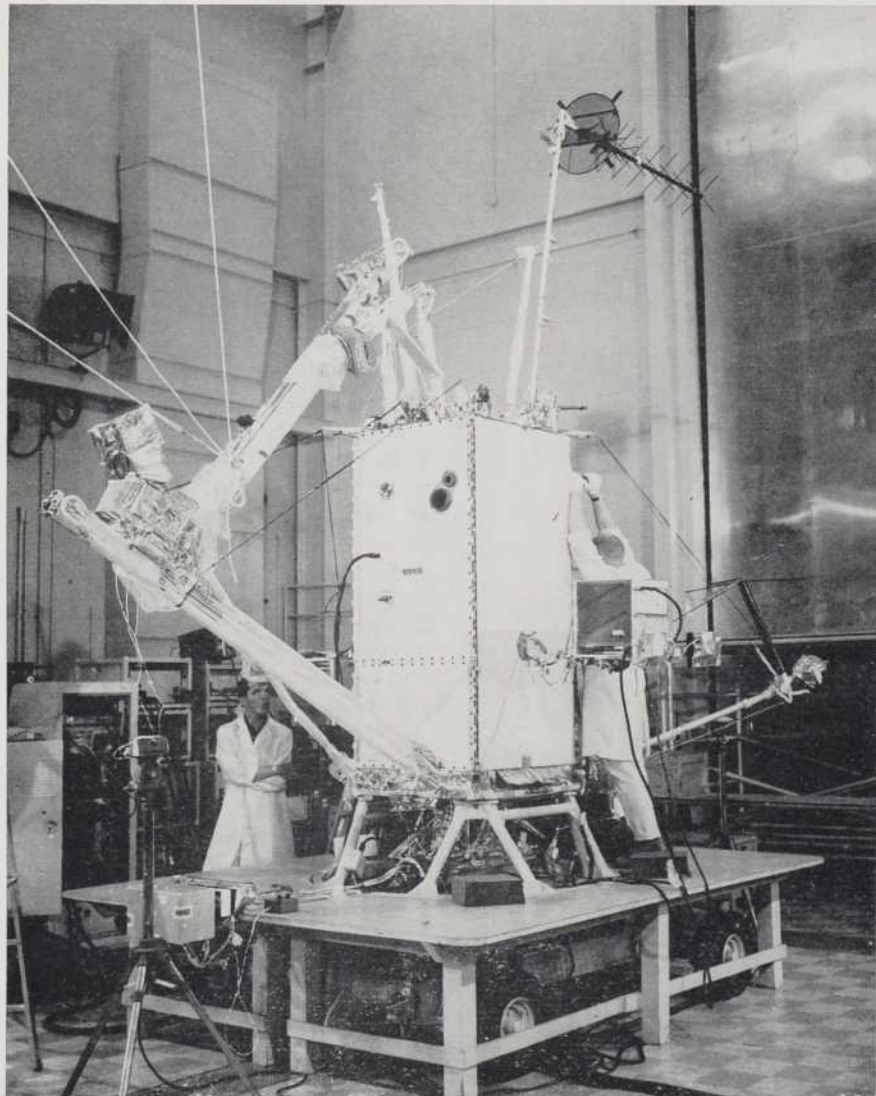
Les panneaux solaires, mesurant 6 pieds sur 7½, exposent aux rayons du Soleil plus de 32 256 photo-cellules n-p qui contiennent du silicium apte à émettre des électrons lorsque soumis aux photons de lumière. Canalisés par des fils, ces électrons peuvent produire un courant électrique et servir ainsi à charger les deux piles au nickel-cadmium devant fournir les 560 watts nécessaires au fonctionnement de l'appareillage du satellite.

Plusieurs des appareils scientifiques sont installés à l'intérieur du corps principal avec les systèmes électroniques et mécaniques devant assurer la bonne marche et l'orientation exacte de l'observatoire qui doit garder ses panneaux de photo-cellules orientés continuellement vers le Soleil et son bloc central rivié à la Terre.

Cependant, bon nombre d'appareils devant être à l'ombre ou pointer vers le Soleil ont été installés sur les panneaux solaires; ce sont les SOEP (*Solar Oriented Experiment Packages*). D'autres appareils (OPEP : *Orbital Plane Experiment Packages*) sont disposés de façon à être orientés parallèlement au plan orbital du OGO.

Enfin, certaines autres expériences qui seraient affectées par les champs électromagnétiques créés par l'appareillage même du satellite, sont installées à l'extrémité des bras pour les soustraire à toute interférence. Quelques bras portent des micro-fusées devant assurer l'orientation du OGO.

Diagnostic de l'OGO I avant le grand départ. Ce premier OGO pesait 1 073 livres et devait mener 21 expériences; des difficultés d'orientation et de stabilisation n'ont permis de réussir que 16 des expériences prévues. L'observatoire a été lancé de Cap Kennedy, le 4 septembre 1964, par une fusée Atlas-Agena B.

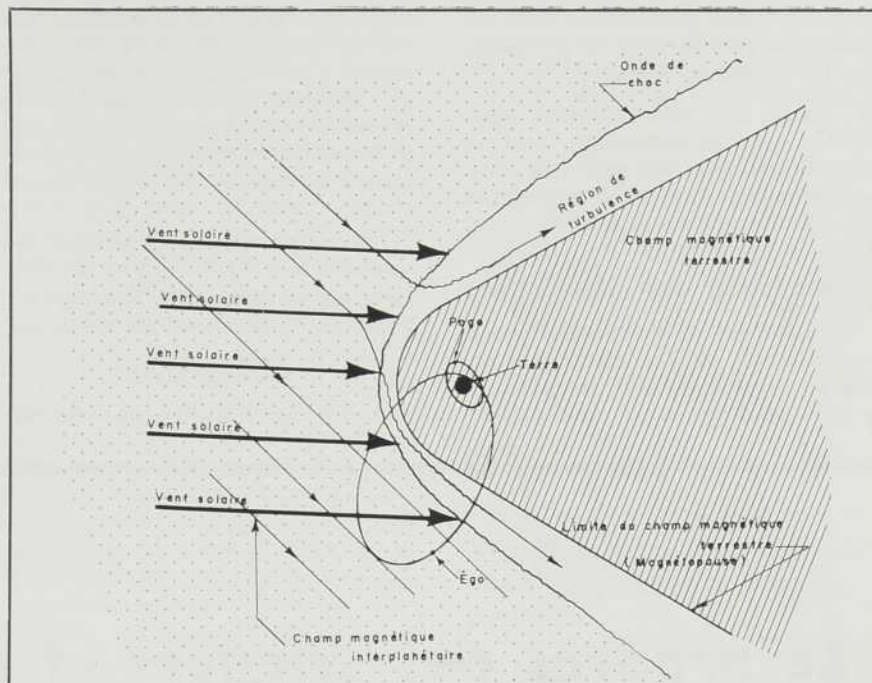


Le OGO est un laboratoire d'une complexité remarquable puisqu'il se compose de plus de 100 000 pièces qui doivent fonctionner durant au moins une année entière sans congé ni grève, comparativement à 82 000 pour le Surveyor lunaire dont la vie ne dépasse pas normalement un mois.

Un journal de bord chargé

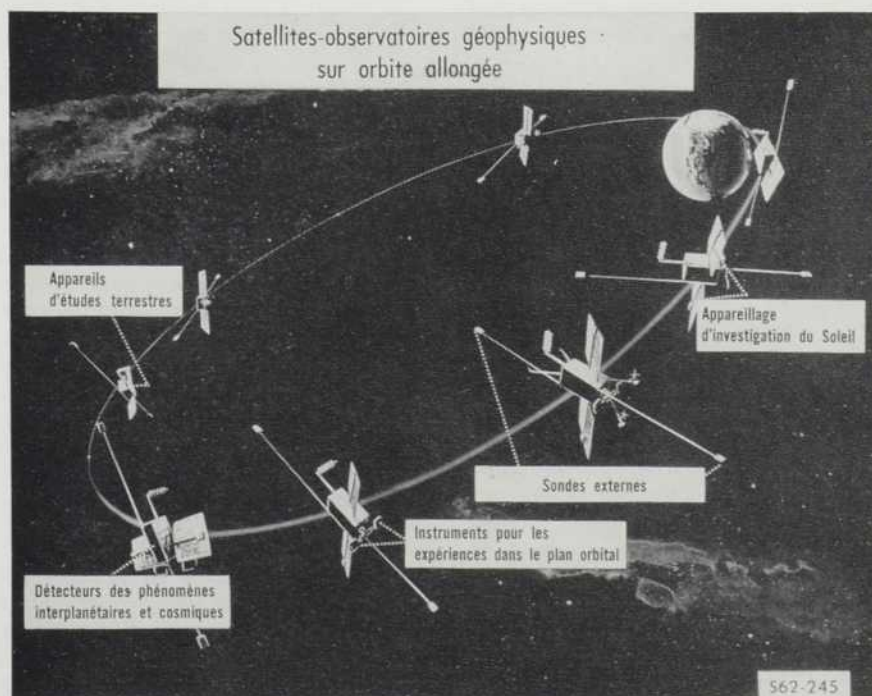
Les OGO ouvrent l'espace aux chercheurs de plusieurs disciplines comme en témoignent les domaines explorés qui suivent :

1. tout d'abord, cartographie complète du *champ magnétique* terrestre et interplanétaire et évaluation de son intensité, sa direction, ses variations et son interaction avec l'activité solaire;
2. un relevé de la composition, la provenance et de la variation des *radiations cosmiques* qui bombardent notre planète et s'emprisonnent dans les ceintures Van Allen;
3. balayage de notre banlieue afin de déterminer la diversité, la densité et les dimensions des *poussières cosmiques*;
4. sondage de l'*atmosphère* pour en mieux connaître la structure (pression, température, composition et variation de la densité dans les régions de l'exosphère) et *tests météorologiques*;
5. *études ionosphériques* afin de mesurer la densité et la composition ionique et électronique de même que l'effet des particules chargées sur la propagation des ondes de radio;
6. surveillance du *Soleil* à l'aide de détecteurs à ultra-violet, à rayons X et gamma pour mieux déterminer l'influence importante de notre étoile sur la Terre et son voisinage;
7. sondage des surfaces des *planètes* et de leurs environs effectué à partir du OGO à l'aide de détecteurs spéciaux;
8. détection de sources galactiques de rayons U.-V., X ou gamma et études *radioastronomiques* sur les ondes de très basses fréquences afin d'aider les astrophysiciens dans leurs recherches;
9. expérimentation de diverses formes de *vie* à bord du OGO où les



Dessin montrant le voisinage de la Terre et l'orbite des satellites EGO et POGO.

Un montage photographique montrant un satellite OGO placé sur une orbite très allongée. Les OGO pèsent jusqu'à 1500 livres et peuvent être lancés sur des orbites très allongées ou sur des orbites polaires rapprochées.



biologistes pourront étudier le comportement des organismes dans un milieu de gravité zéro et le champ des radiations cosmiques;

10. enfin, une foule d'autres expériences pour la *technologie spatiale* afin d'améliorer les systèmes électroniques, mécaniques et thermiques des satellites et des fusées.

Transmission des informations

Le OGO est doté du système de manipulation et de télécommunication de données le plus complexe et le plus perfectionné jamais mis au

point pour un satellite scientifique américain. Deux enregistreuses peuvent enregistrer chacune 4 000 « bits » (unité d'information : *binary digits*) par seconde. Ensemble, les deux appareils peuvent emmagasiner plus de 86 000 000 de données et les retransmettre au rythme de 128 000 par seconde.

Nul doute que la génération des satellites-observatoires dote les chercheurs d'un outil d'investigation très précieux et extrêmement efficace.

Bibliographie

Orbiting Geophysical Observato-

ries, « NASA Facts », vol. II, no IB.

The Observatory Generation of Satellites, « NASA SP-30 », 1963, 62 p.

Half-Ton OGO Satellite, « Sky and Telescope », nov. 1964, pp. 275-277, et *New Orbiting OGO*, août 1966, pp. 86-87.

NADEAU, Alphée. *L'observation du Soleil, du télescope au satellite-observatoire*, « Le Jeune Scientifique », déc. 1965, pp. 65-69.

NADEAU, Alphée. *Les quasars et les satellites-observatoires OAO*, « Le Jeune Scientifique », janv. 1966, pp. 80-83.

Le progrès des sciences et des techniques

L'ESPACE

Exploration de la magnétosphère par Pioneer 7

La sonde spatiale Pioneer 7, récemment placée sur orbite autour du Soleil, doit notamment permettre de réunir d'intéressantes données sur les dimensions de la magnétosphère terrestre.

Il y a plus d'un an, les techniciens et les chercheurs du Centre d'Astronomie par Radar de Stanford avaient prouvé, en utilisant leur antenne parabolique de 45,70 mètres et les appareils connexes, que le champ magnétique de la Terre s'étend au moins jusqu'à la Lune. Leurs explorations par radar de l'espace qui sépare la Terre de la Lune avaient montré que la densité électronique du vent solaire était plus élevée dans la région abritée par la Terre que dans tout autre secteur de l'espace interplanétaire. Ils en avaient déduit que le champ géomagnétique retenait peut-être les particules du vent solaire comme le ferait une bouteille magnétique. La Terre serait ainsi accompagnée d'un flot d'électrons, la suivant comme la queue d'une planète.

Cette hypothèse fut accueillie avec un certain scepticisme. La sonde soviétique Luna 10 devait pourtant, en avril de cette année, enregistrer, quand la Lune passait dans le sillage de la Terre, des densités électroniques 70 à 100 fois plus élevées qu'on ne s'y attendait, ce qui tendait à confirmer les déductions de Stanford.

Pioneer 7 doit fournir à ce sujet de nouvelles données. La sonde porte à son bord un récepteur radio extrêmement spécialisé, dessiné par les ingénieurs de l'Institut de Recherche de Stanford. Cet appareil peut recevoir des signaux radio de haute et de basse fréquence (423,3 et 49,8 mégacycles) envoyés par le centre d'astronomie radar. Le moment où parviennent les signaux et leur mise en phase doivent permettre aux expérimentateurs de mesurer l'ionisation tout au long de la trajectoire de Pioneer à partir de la Terre. Les hautes fréquences ne sont, en effet, que peu affectées par la quantité des électrons présents, tandis que les basses fréquences se trouvent ralenties.

On suppose que le vent solaire déforme le champ géomagnétique et lui imprime le contour d'une larme allongée qui s'étire du côté de la Terre plongé dans la nuit. Aucune

mesure précise n'a pourtant pu être effectuée avant le lancement du Pioneer 7. On espère que l'expérience entreprise par l'Université Stanford, en collaboration avec l'Ames Research Center de la NASA, responsable de l'ensemble du programme Pioneer, permettra de combler cette lacune.

Un singe en orbite pendant 30 jours en 1967

Dans le cadre du programme de biosatellites des Etats-Unis, un singe sera envoyé en orbite en 1967 pour un vol de 30 jours, en même temps que de nombreux appareils scientifiques qui enregistreront ses réactions. Les hommes de science du *Jet Propulsion Laboratory* de Pasadena (Californie) mettent actuellement au point ces instruments d'une valeur totale d'environ 1 million et demi de dollars.

Le singe, appartenant à une race dont les sujets pèsent environ 7 kilos, sera équipé d'électrodes et de cathodes. Tout au long du vol, les machines enregistreront les modifications de sa circulation sanguine, de son système nerveux central et autres processus vitaux. L'un des instru-

ments les plus remarquables sera un analyseur chimique des fluides du corps. Cet appareil, logé dans une boîte de 18 cm x 28 cm x 14 cm, pèse quelque 7 kilos. Il comporte au total 12 000 éléments, dont 8 000 sont électroniques et 4 000 mécaniques. Ses compteurs et ses pompes ne dépassent pas 4 cm de long et les valves et les commutateurs sont de la dimension d'une tête d'allumette. Il détectera et évaluera les éléments chimiques des fluides et transmettra les données jusqu'à la Terre, procédant ainsi à des examens qui exigeraient normalement plusieurs instruments compliqués et un technicien de laboratoire. Cet analyseur pourrait servir de prototype à des appareils qui seraient utilisés dans des cliniques entièrement automatisées; il pourrait même contribuer à la détection éventuelle de traces de vie sur Mars.

Le vol de 30 jours effectué par le singe sera précédé de missions qui doivent commencer cette année. Un vol orbital de 3 jours permettra notamment d'étudier les effets de l'apesanteur sur des insectes, des bactéries, des oeufs de grenouille, des champignons, des amibes et diverses plantes, tandis qu'un autre vol, de 21 jours celui-là, permettra d'examiner les mêmes effets sur des rats, des végétaux, et des cellules humaines en éprouvette.

Une unité-mémoire utilisant un laser multicolore

Une unité-mémoire utilisant un rayon de laser multicolore et un sélecteur de longueurs d'ondes, mis au point par l'*International Business Machines Corporation*, va bientôt permettre d'emmagasiner 100 millions de « bits » d'information sur une surface de 6,5 cm², ces éléments pouvant « s'empiler » les uns sur les autres.

Voici comment doit s'opérer « l'implantation » des éléments d'information. Le laser émet un faisceau lumineux multicolore qui traverse le sélecteur de longueurs d'ondes. Celui-ci, qui peut procéder à 125 000 choix de couleurs par seconde, est équipé de cristaux qui laissent passer

la couleur voulue en éliminant toutes les autres par filtrage. Le rayon unicolore ainsi obtenu est ensuite envoyé dans un déflecteur de faisceau — appareil précédemment réalisé par l'IBM — qui le dirige au point voulu d'une plaque photographique. Ce déflecteur est d'une telle précision qu'il peut délimiter 130 000 points sur une surface de la taille d'une tête d'allumette.

La plaque elle-même utilise deux inventions, dont la plus ancienne remonte à 75 ans. Il s'agit du procédé de photographie interférentielle mis au point en 1891 par le physicien français Gabriel Lippmann, et qui lui valut en 1908 le prix Nobel de physique. Lippmann, partant du principe des interférences qui se produisent entre la lumière incidente et la lumière réfléchie, utilisa une plaque photographique recouverte d'une émulsion parfaitement homogène et exposée par sa face arrière, la couche sensible étant en contact avec du mercure qui formait miroir. Du fait des interférences, chacune des radiations simples formant une couleur s'inscrivit sur la plaque sous forme de lamelles d'argent réduit, dont l'équidistance était la moitié de sa longueur d'onde. Partant de ce procédé — et étant donné que chaque couleur a sa longueur d'onde propre — il est donc possible de déterminer, d'après l'espacement des lamelles, la couleur qui a impressionné la plaque. Dans l'unité-mémoire, un système de décodage sera chargé de l'opération.

Le second principe est une adaptation du procédé utilisant des plaques qui s'assombrissent lorsqu'elles sont exposées à la lumière, mais redeviennent claires quand la source lumineuse est supprimée. Avec le système de l'IBM, les plaques s'assombrissent sous l'effet d'une couleur et redeviennent claires lorsqu'elles sont exposées à une autre.

Les deux méthodes devraient être utilisées à des fins différentes. Celle de Lippmann, qui donne des résultats permanents, pourrait servir à l'établissement de documentations « uniquement à lire », qui ne pourraient être effacées. L'autre ne permettrait qu'un emmagasinage extrêmement bref des données — pour tant assez long, peut-être, pour qu'un ordinateur puisse traiter les informations — car les spots photochromi-

ques s'effacent au bout de quelques secondes, même si la plaque n'est pas exposée à une lumière d'une autre couleur. Il serait toutefois possible de renouveler constamment le spot.

Le nombre des bits d'information emmagasinables en un seul point ne sera limité que par le nombre des couleurs qu'il est possible d'obtenir avec un faisceau de laser, soit huit, bien que d'autres sources lumineuses permettent d'arriver au chiffre dix.

L'AUTOMOBILE

Remplacement du volant par deux poignées circulaires jumelées

Selon le directeur des services de sécurité automobile de la *Ford Company*, Colver B. Briggs, le remplacement du volant classique par deux poignées circulaires jumelées tournant simultanément permettrait aux automobilistes de conduire plus rapidement, et dans de meilleures conditions de sécurité.

Le conducteur, qui reposerait ses coudes sur des appui-bras, serait installé confortablement devant ces poignées qu'il tiendrait aisément, car elles se trouveraient à la hauteur normale de ses mains, en dessous du tableau de bord. Il pourrait ainsi lire beaucoup plus facilement les indications des jauges et des compteurs et verrait mieux la route devant lui, rien ne venant entraver la visibilité. En outre, les réactions par mouvements du poignet et de l'avant-bras sont plus rapides que celles qui impliquent des mouvements du bras, de l'épaule et de la partie supérieure du torse. Colver B. Briggs fait remarquer également que le remplacement de l'arbre de direction par des poignées plus souples, qui absorbent l'énergie, réduirait les risques d'accidents intéressant la face, le thorax et l'abdomen.

Le nouveau système, familièrement appelé « tour de poignet » par ses inventeurs, a fait l'objet de six mois d'essais et a été monté sur des voitures expérimentales.

Les recherches océanographiques disposent d'un nouveau moyen d'investigation :

la "bouée-laboratoire"

L'étude des phénomènes naturels repose sur une certaine continuité dans les observations, faute de quoi la connaissance des lois qui les régissent ne saurait jamais être complète.

Analyse continue dans le temps, analyse continue dans l'espace, ces deux impératifs peuvent généralement être conciliés lorsque l'on suit, dans un laboratoire, l'évolution d'un phénomène isolé; mais le chercheur qui aborde l'étude d'un ensemble aussi complexe, aussi difficile à pénétrer que les océans, est quelque peu désarmé.

C'est ainsi que l'analyse continue dans l'espace lui a longtemps échappé; au début de ce siècle, l'océanographe ne disposait encore, pour déterminer la topographie des fonds marins, que de moyens de sondage rudimentaires. Il devait se contenter, au large tout au moins, de recueillir çà et là des données éparses, sans liens véritables entre elles, des données discontinues. Il fallut attendre l'apparition et le développement d'une technique nouvelle, celle des sondeurs à ultra-sons, qui, en permettant l'enregistrement continu de la profondeur et la détermination du profil des fonds tout au long du parcours d'un navire, devait faire progresser à pas de géant la connaissance de la topographie sous-marine.

Ce n'est qu'un exemple. Car, à côté de la détermination précise des caractéristiques topographiques, pour importantes qu'elles soient, d'autres renseignements innombrables sont nécessaires pour cerner toujours de plus près la réalité des océans.

Prenons le cas des courants marins, masses d'eau toujours en mouvement. Les océans sont le siège de courants complexes dont la connaissance ne reposa pendant longtemps que sur des informations fragmentaires, basées essentiellement sur les observations des navires ou l'étude des trajets de flotteurs plus ou moins soumis à la dérive du vent. De ces derniers, l'océanographe connaissait bien le point de départ et celui d'arrivée, mais il ignorait tout ce qui s'était passé entre ces deux repères. Ici encore, la mise au point d'appareils tels que le courantomètre

à électrodes remorquées (le G. E. K.) allait permettre l'étude continue du phénomène, c'est-à-dire, précisément, de ce qui s'était passé entre le point de départ et le point d'arrivée du flotteur.

Il en va de même pour les autres phénomènes marins. A l'instar des courants, ils sont essentiellement dynamiques : ondes de marée, température de l'eau de mer, migrations du plancton... ne sont point comparables à un instant donné à ce qu'elles étaient l'instant d'avant. Leur étude implique qu'on puisse suivre leurs fluctuations de jour en jour, d'heure en heure, de minute en minute par des stations prolongées au-dessus d'un point défini et obtenir ainsi des mesures comparables entre elles.

Bien des phénomènes — et singulièrement les phénomènes biologiques — ne peuvent être enregistrés aussi aisément que les courants ou la marée. La technique des prélèvements se révèle la seule valable dans de nombreux cas, ce qui suppose l'emploi d'un appareillage complexe, souvent lourd et encombrant, dont la mise en oeuvre est longue et délicate.

Assez paradoxalement, le navire se prête mal à ce travail. Handicapé par sa mobilité même, il est bien difficile de le maintenir en place en un point choisi de l'espace océanique et, lorsqu'on s'y résoud, ce ne peut être que pour une période fort brève, de l'ordre de quelques heures ou, dans les meilleures conditions, de quelques jours.

Il apparut vite nécessaire de disposer d'un engin de conception différente et c'est de cette nécessité qu'est née l'idée de construire une « bouée-laboratoire ».

D'un certain point de vue, la bouée-laboratoire s'oppose au navire océanographique, en ce sens qu'elle est incapable de se déplacer par ses propres moyens. Engin flottant cependant, elle peut être comparée à un navire simplifié, débarrassé de ses moyens de propulsion et de la plus grande partie d'un équipage devenu inutile. Ainsi affranchie des servitudes qu'impose la na-

vigation, elle constitue une station d'observation fixe, à partir de laquelle peuvent être effectués à longueur de temps des prélèvements et des mesures systématiques. Dépouillés, rassemblés,

analysés, ceux-ci permettront de retracer le cycle évolutif d'un ensemble de phénomènes.

Structure et caractéristiques générales

La bouée se compose de deux éléments principaux. A la partie inférieure, un long tube d'acier cylindrique, vertical, d'une longueur de 60 mètres s'enfonce sous la mer jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur. Le diamètre de ce tube varie entre 2 et 3 mètres. Vers le milieu de la hauteur du tube, là où son diamètre atteint sa valeur maximum, 3 mètres, sont installés quatre étages de laboratoires sous-marins. De place en place, de petits hublots permettent aux biologistes d'observer directement la vie des cinquante premiers mètres de la mer, et les prélèvements d'échantillons ou l'analyse continue de l'eau de mer peuvent être effectués par l'intermédiaire de robinets étagés tout le long de la coque.

Sous les laboratoires, des réservoirs contiennent de l'eau douce (10 tonnes) et de l'air comprimé; des ballasts extérieurs et d'autres réservoirs contiennent le combustible (8 tonnes).

A la partie supérieure, une tête domine la surface de la mer d'une quinzaine de mètres. L'étage inférieur de la tête (7 mètres sur 5 environ) constitue le local des groupes électrogènes et des accumulateurs. L'étage supérieur de la tête est réservé aux logements, cabines et carré. et contient un laboratoire annexe. Enfin, le toit peut servir de plateforme d'atterrissage pour un hélicoptère. Les logements, bien que relativement exigus, comprennent quatre cabines particulières : deux pour le personnel scientifique et deux pour l'équipage. Pour de courtes périodes, une cinquième personne peut être logée en surnombre; un lit pliant est installé à cet effet dans le laboratoire annexe.

Un ascenseur de 35 mètres de haut relie la tête aux laboratoires inférieurs. L'ensemble pèse 250 tonnes environ, dont une centaine de tonnes de lest à l'extrémité inférieure.

L'engin est mouillé en Méditerranée par près de 3 000 mètres de fond à peu près à mi-chemin entre Nice et la côte corse. Le choix s'est porté sur cet emplacement non seulement en raison de l'intérêt scientifique présenté par ce bassin océanique, mais aussi — et pour des raisons de sécurité — parce qu'il est situé à l'écart des grandes voies de navigation.

La structure même de cet engin flottant lui confère sur le navire traditionnel un avantage considérable, celui d'une stabilité de plateforme étonnante : l'expérience a montré que les fortes houles comme les vents les plus violents l'ébranlaient à peine. Ses oscillations verticales sont négligeables et seul un mouvement de rotation de l'engin sur lui-même se manifeste.

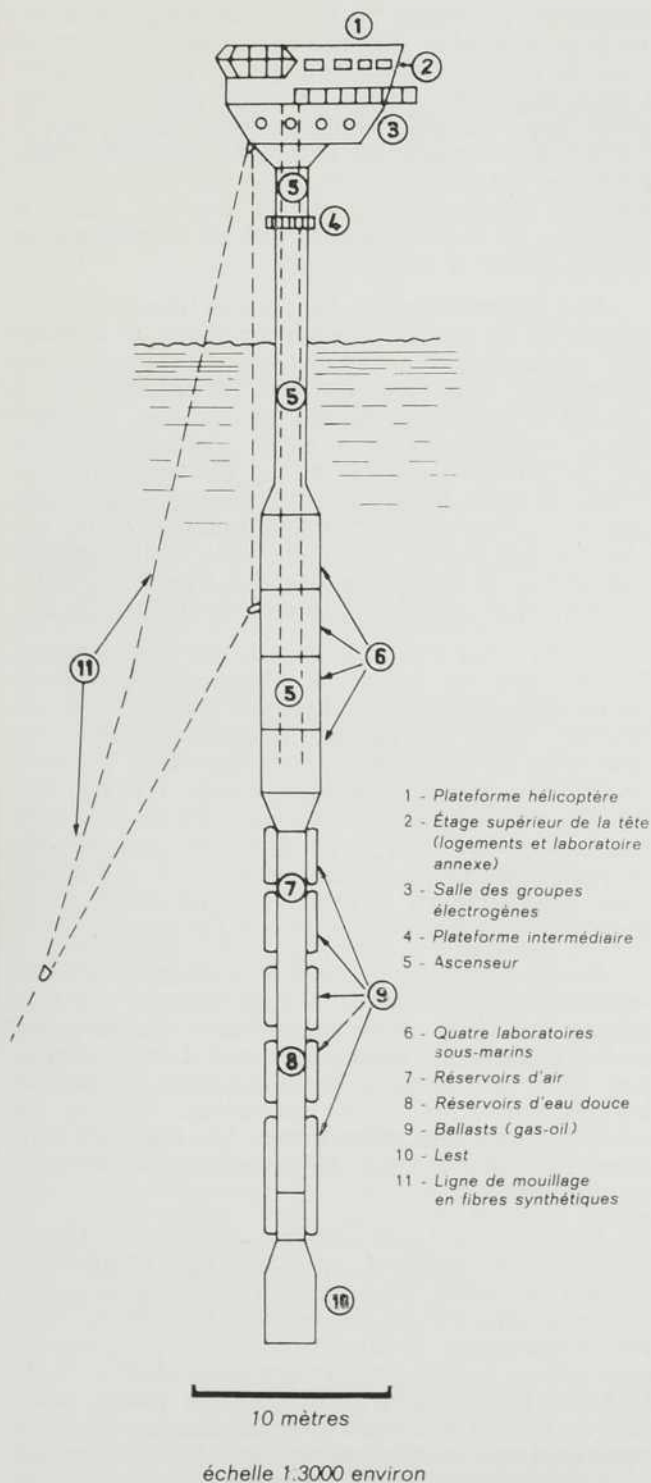


Schéma général de la « bouée-laboratoire » française.

Quant à ses déplacements horizontaux par rapport à sa position de mouillage théorique, c'est-à-dire son rayon d'évitage, il est de l'ordre de 2 à 3 kilomètres. Pour déterminer le plus rigoureusement possible sa position, les observateurs ont à leur disposition un récepteur de radionavigation Rana dont les émetteurs sont implantés sur le littoral. La précision géographique obtenue est de l'ordre de la dizaine de mètres.

Construction et mise en oeuvre

Construite par l'Office Français de Recherches Sous-Marines (O.F.R.S.), sous le contrôle du musée océanographique de Monaco (Institut océanographique), qui la gère conformément à une convention passée avec la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (comité « Exploitation des Océans ») la bouée-laboratoire fut installée à son achèvement, en rade de Ville-franche où elle était officiellement inaugurée le 31 mai 1963. En janvier 1964, elle était remorquée à son mouillage définitif qu'elle ne devait quitter qu'après l'incendie qui en ravagea la partie supérieure, treize mois plus tard.

Pendant toute cette période, des équipes de scientifiques se sont relayées à son bord, sans autres interruptions que celles nécessitées par l'entretien et la surveillance de l'engin, notamment de la partie immergée. Au début de chaque année, le calendrier d'exploitation est établi par une commission spécialisée du comité « Exploitation des Océans »; chaque équipe reste à bord 14 jours, la relève et le ravitaillement étant assurés par les navires du musée océanographique, « Espadon » et « Winaretta Singer », conformément aux accords en vigueur.

Programmes scientifiques et premier bilan de l'expérience

Il faut distinguer parmi les missions confiées à la bouée-laboratoire les observations systématiques et de routine des recherches particulières à chaque laboratoire.

La première catégorie comprend des observations météorologiques classiques, température, pression, hygrométrie, vent... effectuées à heures fixes et transmises par radio au réseau météorologique; c'est l'équipage de la bouée qui est chargé de cette tâche. De tels renseignements sont particulièrement précieux, car recueillis chaque jour au même endroit dans une zone où, jusqu'alors, on ne disposait que d'observations de navires, plus ou moins régulières. Les travaux de routine comprennent, d'autre part, des relevés hydrologiques, température de la mer à différents niveaux, salinité, teneur en oxygène dissous... Ces opérations sont complétées par des lâchers quotidiens de cartes-flot-

teurs en vue de la détermination des courants marins superficiels.

Les recherches propres des laboratoires utilisant la bouée ont intéressé, jusqu'à maintenant, un certain nombre de disciplines. En géophysique, l'Institut de Physique du globe a entrepris une série de mesures magnétiques en mer en vue de l'établissement de cartes magnétiques marines; il a été possible, grâce à la station fixe d'enregistrement que constitue la bouée, de comparer les variations du champ magnétique total en mer et dans des stations terrestres. D'autres importants travaux dans le domaine de la géophysique ont été conduits avec succès grâce à cette bouée.

Des chercheurs de la station marine d'Endoume et du musée océanographique de Monaco ont poursuivi des recherches d'océanographie biologique; le but général était l'étude des corrélations existant entre les principaux facteurs physico-chimiques et les aspects quantitatifs du phytoplancton, (étude de la productivité primaire et de la biomasse planctonique). D'autres travaux ont porté sur le zooplancton et les cycles biologiques et, aux opérations hydrologiques classiques, se sont ajoutées des mesures photométriques et du rayonnement thermique global.

Après plus d'une année de service continu, l'expérience de la bouée-laboratoire se révèle encourageante; les nombreuses demandes d'utilisation, dont un certain nombre émanent de laboratoires étrangers, montrent que l'intérêt pour cet engin d'un type nouveau n'a pas faibli. De plus, l'analyse des dépenses de fonctionnement de la bouée a permis d'évaluer le prix de revient de la « journée-chercheur » et cet examen montre qu'il s'établit aux environs de la moitié de la valeur atteinte sur un navire.

Quelle place occuperont à l'avenir les bouées-laboratoires dans l'arsenal des moyens mis à la disposition des océanographes? Remarquons d'abord que leur utilisation n'exclut évidemment pas celle des moyens traditionnels, navires de surface, ou plus révolutionnaires, comme les sous-marins océanographiques. Les missions confiées à ces divers types d'engins sont différentes et se complètent.

Il est à croire que l'emploi des bouées-laboratoires se développera au cours des prochaines années. En effet, une seconde bouée, plus grande, sera sans doute placée en Atlantique. Mais les techniques océanographiques progressent sans cesse: à côté des bouées-laboratoires habitées, dont le nombre sera toujours limité, l'emploi de bouées automatiques de dimensions plus modestes doit se généraliser; leur prix de revient relativement bas devra permettre d'en construire un nombre suffisant pour jalonner de vastes zones océaniques.

Qu'est-ce qu'un "GOOGOL" en mathématiques ?

par Jean-René ROY

Souvent, peut-être, il vous est arrivé d'essayer de concevoir le plus grand nombre qui soit, mais sans trop y réussir. Vous vous êtes consolés avec la notion d'*infini* qui semblait tout résoudre; or, vous vous leurriez monumentalement en introduisant cette notion partout où il fallait jongler avec des nombres quasi inconcevables, tels le nombre de gouttes d'eau dans l'océan Pacifique ou bien le nombre de cristaux de glace contenus dans les glaciers de l'Antarctique.

Il est intéressant de remarquer que les enfants ne sont pas contaminés par cette vermine d'*infini*. Quoique incapables de baptiser leurs chiffres, ils ont conscience que le nombre de gouttes de pluie tombant durant une journée entière sur Montréal ou le nombre de grains de sable du désert Sahara sont des nombres énormes. Mais l'important est que pour eux, ces nombres sont *finis et non infinis*. Là-dessus, ils manifestent une supériorité à beaucoup d'hommes de science qui ont à appliquer dans leurs calculs la notion d'*infini* dès qu'ils ont affaire à un chiffre très grand; ils en arrivent, par déformation professionnelle, à révéler tout nombre gigantesque comme *infini*.

Compter est une opération précise; il n'y a pas de demi-mesure; on l'a ou on ne l'a pas. Personne n'oserait dire que $1 + 1$ égale *environ* 2; or, ce serait l'équivalent d'affirmer qu'un milliard de milliards n'est pas un nombre fini, simplement parce qu'il est grand et très difficile à représenter.

Un nombre comme 10^{12} (1 trillion) est énorme mais il est défini et fini. En poésie, l'ensemble des nombres finis semble se boucler à 3 000; tout nombre plus élevé est irrémédiablement *infini*. Combien de fois avez-vous entendu parler des amoureux se baladant sous le nombre *infini* d'étoiles de la Voie lactée! Or nul, à l'oeil nu, n'a vu plus de 3 000 étoiles durant une nuit claire. Cependant combien de personnes vous répondront qu'il y a au moins 1 million d'étoiles visibles à l'oeil nu. La réponse la plus précise, je l'ai obtenue de mon petit frère: 2 000; cela est beaucoup plus près de la réalité que les 100 000 ou 10 millions donnés par certains adultes. L'évaluation des grands nombres est vraiment subjective.

Un monstre mathématique

Les mathématiciens ont conçu un nombre énorme, gigantesque; le nom plutôt barbare de ce nombre a été suggéré par un enfant de neuf ans, neveu d'un mathématicien célèbre, et semble aussi bizarre que ce qu'il représente. C'est le « GOOGOL ». On croirait qu'un googol est si énorme qu'on ne peut le nommer ou en parler, qu'il est si grand qu'il est *infini*. Et pourtant, non! Nous allons parler de ce nombre, expliquer ce qu'il est et montrer qu'il appartient à la même famille que les nombres 1, 5 ou 16.

Un « googol » est un nombre du genre que les enfants adorent écrire lorsqu'ils font face

$$\begin{array}{l} 10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 \\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{100} \\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 \end{array}$$

Mais à ce point-là croyez-vous, un tel nombre n'a absolument plus aucune application pratique. Pas trop vite dans vos jugements! Le googol et le googolplex peuvent servir dans des calculs de probabilités et de mécanique statistique.

Prenons un exemple : la revue que vous tenez entre vos mains est constituée d'atomes de carbone, d'azote et d'autres éléments. Combien y a-t-il d'atomes dans la revue? Un nombre fini et beaucoup plus petit qu'un googol. Imaginez maintenant que la revue est suspendue par une corde de 3 pieds dont vous tenez l'extrémité. Combien de temps devrez-vous attendre avant que la revue vous saute dans les mains? ... « Question stupide, me direz-vous; c'est absurde, cela n'arrivera jamais, à moins de l'intervention d'une force extérieure provoquant ce déplacement contraire (?) à la loi de l'attraction gravitationnelle ». Cependant, je dois avouer que votre raisonnement n'est pas tout à fait correct. La vraie réponse est que le phénomène se produira *certainement* une bonne fois dans moins d'un googolplex d'années — peut-être demain à 3 heures.

On trouve une explication dans la théorie cinétique des gaz et le calcul des probabilités. Vous savez que les molécules de l'air sont en perpétuel mouvement. Seul, le zéro absolu signifie l'absence totale de mouvement. Toutes les molécules environnantes bombardent la revue. En ce moment, le bombardement des molécules du dessus et du dessous s'égale et la gravité maintient la revue en bas. Or, il s'agit simplement d'attendre le moment où il y aura un nombre énorme de molécules qui bombarderont par le dessous et très peu par le dessus; la gravité sera alors vaincue et la revue s'élèvera. On aura alors à grande échelle un mouvement semblable à celui que les physiciens appellent *brownien* et qu'ils observent avec les petites particules en suspens dans un gaz. Mais la probabilité que la revue vous saute en pleine figure « spontanément » est très faible; elle est entre $1/\text{googol}$ et $1/\text{googolplex}$. C'est-à-dire que pour être assuré de la « lévitation » de la revue, nous devons attendre entre un googol et un googolplex d'années, mais cela arrivera certainement; il s'agira d'y être au bon moment!

Nouveau volume sur la Géologie du Canada

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources vient de publier en français une nouvelle édition du volume « *Géologie et ressources minérales du Canada* ». Plus considérable et plus complète, elle constitue un ouvrage documentaire très précieux et intéressera au plus haut point tous ceux qui s'occupent de l'exploration et de la mise en valeur de nos richesses minérales; elle sera particulièrement utile aux étudiants en géologie. Les illustrations sont nombreuses et le volume renferme en pochette plusieurs cartes géologiques.

Bien que cet ouvrage intitulé « *Géologie et ressources minérales du Canada* » ait déjà fait l'objet de trois éditions, les textes ont été considérablement modifiés dans la nouvelle publication de 573 pages. Cette dernière comporte en plus un chapitre d'intérêt pratique sur la géologie des îles de l'Arctique. Tous les articles qu'elle contient ont été rédigés par des spécialistes de la Commission géologique du Canada. Pour ce qui est des renseignements scientifiques, ils sont répartis selon les provinces géologiques; pour ce qui relève de la géologie économique, des indications sont données pour chaque minéral d'importance.

Les progrès signalés depuis plusieurs années de l'industrie minière au Canada dans la production du pé-

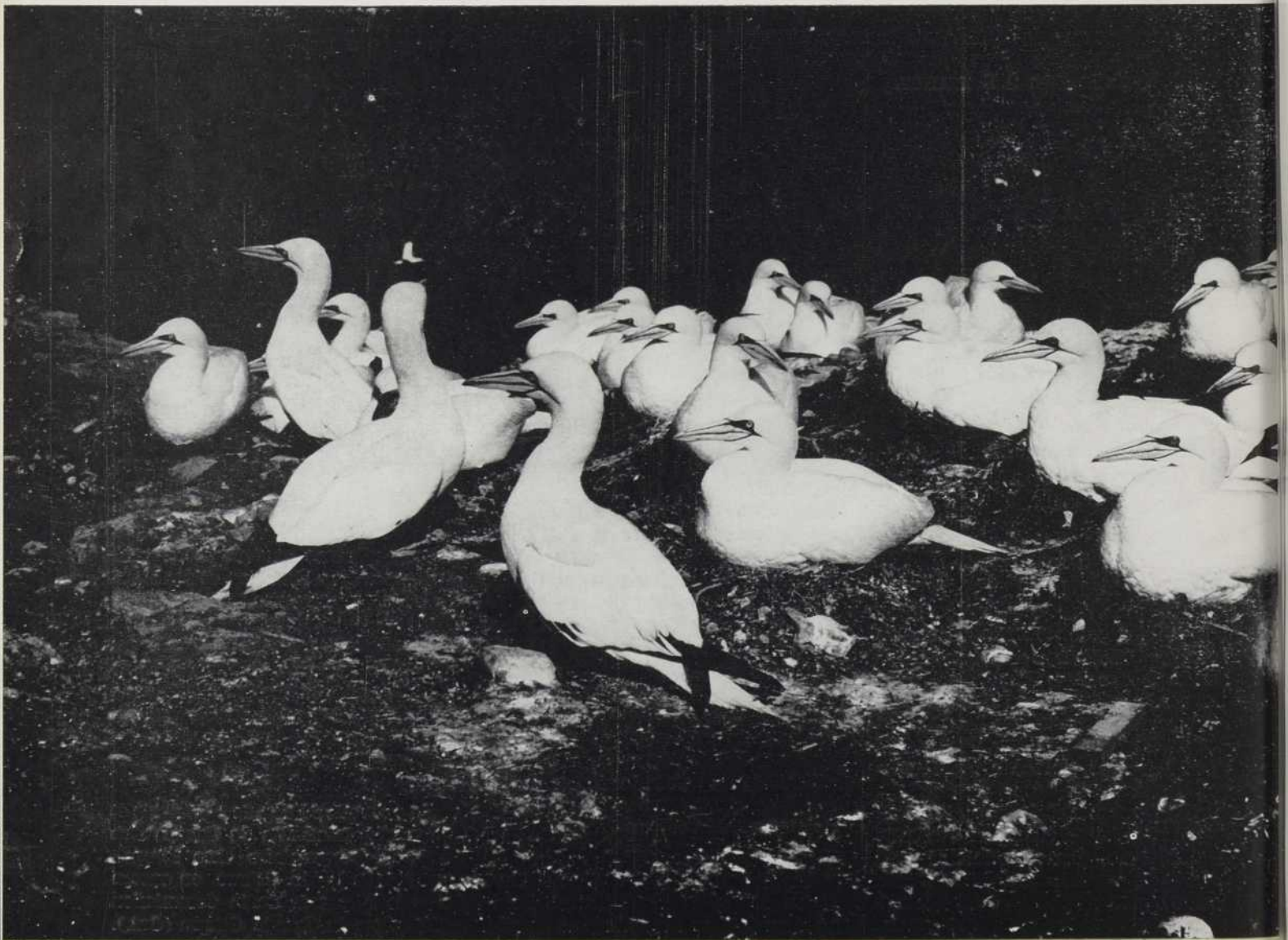
trole, du gaz naturel, du minerai de fer, de l'uranium et des métaux communs, donnent encore plus d'importance à la valeur documentaire du présent volume. Il révèle, à sa lecture, l'influence exercée ces dernières années par l'aviation et les appareils de détection sur les travaux en géologie de reconnaissance. Par suite de facilités de transport par voie des airs et d'exécution de levés à l'aide d'avions, la cartographie a connu un essor beaucoup plus rapide que jamais auparavant, surtout dans les régions éloignées.

La nouvelle édition de « *Géologie et ressources minérales du Canada* » se vend \$4 l'exemplaire chez l'Imprimeur de la Reine, Ottawa, ou encore chez le Directeur de la Commission géologique du Canada, Ottawa (Ont.).

Une spectaculaire colonie d'oiseaux,

les "Fous de Bassan" de l'île Bonaventure

par Louis-P. COITEUX



L'is
touris
sans d
naven
du Bo
congl
une le
à bord
cheur
ses fa
Nous
comm
bordé
grouil
que é
ces fin
les pl
Fous d
bassan
des ois
pieds
lida. L
migrat
Bassan

Il a
enviro
monde
Terre-
tante
plus a
Les de
à l'île
aux lle

Ro
san ;
lands
ge ». I
peser
ailes
blanc
sont
meux
plong
ou se
férés
les al
cheurs
cents
quér
côte, si

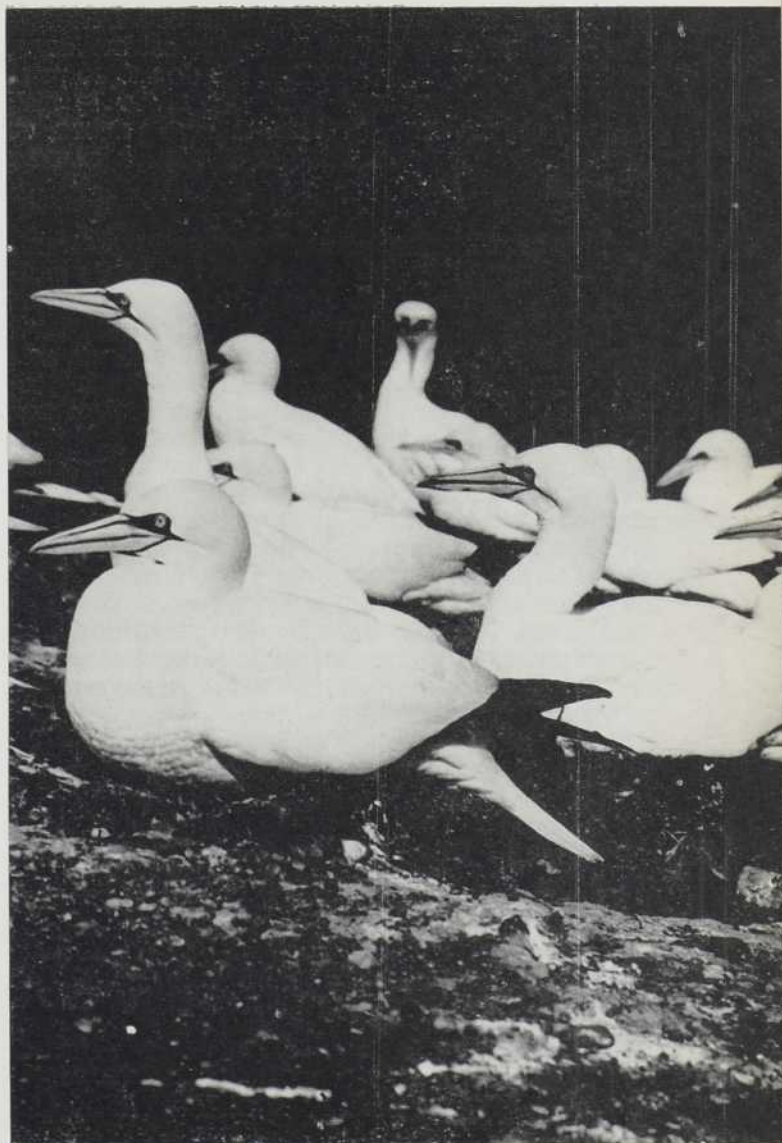
Apr
clém
Mexiq
fin d'a
le terr
avait

L'une des attractions les plus goûtées des touristes qui font le « tour de la Gaspésie » est sans contredit la visite aux oiseaux de l'île Bonaventure. En effet, à quelques milles au large du Rocher Percé, se trouve une île de grès et conglomérats rouges qui ressemble un peu à une baleine échouée. Si nous en faisons le tour à bord d'une petite barque, guidé par un pêcheur, nous serons surpris de constater que ses faces nord-est et est sont très escarpées. Nous sommes en présence d'une falaise haute comme un édifice de vingt étages. Ces falaises bordées de corniches et percées de trous sont grouillantes d'oiseaux marins qui y nichent chaque été. Plusieurs espèces d'oiseaux vivent sur ces flancs escarpés et sur le sommet. Parmi eux, les plus spectaculaires sont les « Margaulx » ou Fous de Bassan, scientifiquement appelés *Morus bassanus* par Linné. Ils appartiennent à l'ordre des oiseaux Steganopodes, c'est-à-dire ayant les pieds totalement palmés, et à la famille des Sulidés. Des onze espèces de Sulidés, une seule est migratrice et nordique, c'est notre « Fou de Bassan ».

Il est intéressant de noter que l'on compte environ vingt-deux colonies de Fous dans le monde. Le Canada en compte six, soit trois à Terre-Neuve et trois au Québec. La plus importante au monde et en même temps l'une des plus accessibles est celle de l'île Bonaventure. Les deux autres colonies québécoises se trouvent à l'île Anticosti et sur le « Rocher aux Oiseaux », aux îles de la Madeleine.

Roger T. Peterson décrit ainsi le Fou de Bassan : « Oiseau ressemblant à de très gros goélands avec un cou plus long et un bec plus large ». De la taille d'une oie, l'oiseau adulte peut peser de dix à douze livres et l'envergure de ses ailes peut atteindre six pieds. Sa livrée est d'un blanc pur, sauf pour les extrémités des ailes qui sont noires et la tête qui est d'un jaune crémeux. Magnifiques planeurs, ils sont aussi des plongeurs très habiles. Suivant la profondeur où se trouvent les bancs de leurs poissons préférés (harengs, capelans), ils peuvent plonger les ailes repliées comme font les martins-pêcheurs d'une hauteur de plus de trois à quatre cents pieds. Ils n'hésitent pas non plus à aller quérir leur pitance à plus de cent milles de la côte, si nécessaire.

Après avoir passé l'hiver sur les côtes plus clémentes du sud des États-Unis et du golfe du Mexique, le Fou de Bassan revient à l'île vers la fin d'avril. Il s'empresse alors de réquisitionner le territoire de neuf pieds carrés environ qu'il avait occupé l'année précédente. A la suite de



Le Fou de Bassan, de la taille d'une oie, est habillé d'un plumage blanc pur qui fait contraste avec le noir de l'extrémité des ailes. Sa tête est d'un jaune crémeux. Son nid rudimentaire est fait d'un amas d'algues, de brindilles, d'herbes et de plumes.

la parade — qui semble faite pour la vie —, le couple commence la préparation du nid rudimentaire. C'est un amas d'algues, de brindilles, d'herbes, de plumes et de tout ce qui leur tombe sous le bec. À partir de ce moment l'un des deux oiseaux doit toujours rester sur le territoire et veiller au nid, à l'oeuf et au poussin. Nous avons vu un nid se faire démolir en quelques instants par les voisins alors que nous avons réussi à faire envoler les deux occupants... ; il leur faut recommencer à zéro. Un seul oeuf blanchâtre est pondu peu de temps après, soit vers la mi-mai. La couvaison dure de 6 à 7 semaines, suivant la température et l'assiduité des parents

qui se relaient tour à tour sur le nid. Pendant que l'un couve ou surveille, l'autre est au large, en quête de nourriture. Il en est de même pendant la nuit; un seul reste alors sur le nid. L'autre oiseau dort, flottant sur les vagues, et ne revient que le lendemain matin, à l'heure du premier repas.

Il est intéressant de noter que chaque arrivée et chaque départ de l'un des conjoints causent un certain émoi. L'atterrissage accompagné de coups d'ailes à reculons est très précis; il permet à l'oiseau de se poser tout près de son compagnon. Les deux fous se saluent cérémonieusement en se dandinant et en se frottant le bec pointé vers le ciel. Le départ est plus bruyant. L'envergure des ailes exige un certain espace et l'oiseau empiète sur les territoires voisins et s'en tire avec quelques bons coups de bec. Vers la fin de juin, l'éclosion met à jour un poussin entièrement nu qui se recouvre vite d'un duvet gris. Les petits ont un appétit vorace et atteignent bientôt le poids des parents. Ils se nourrissent en plongeant la tête dans le gosier des parents pour en retirer des morceaux de poissons à demi digérés.

Vers la mi-septembre, le jeune fou s'élance à la mer ou, s'il n'ose s'envoler, il y est poussé par les parents. A la mi-novembre, le jeune oiseau vole suffisamment pour suivre les adultes dans leur migration. Il ne retournera pas

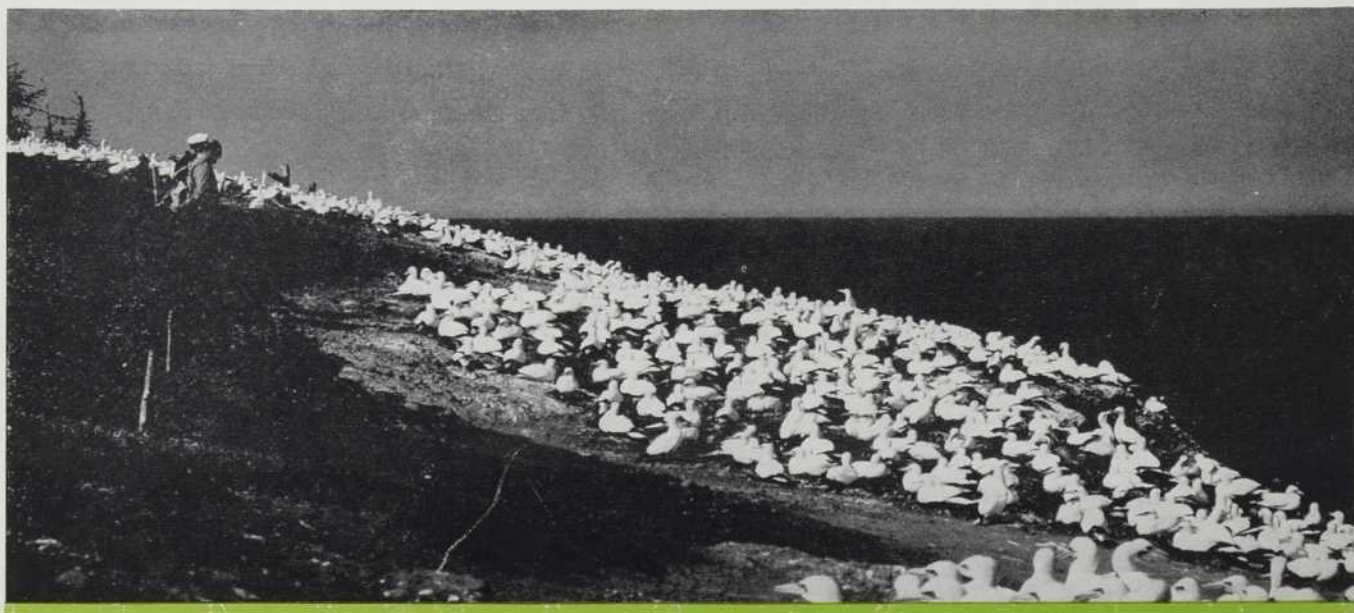
sur la falaise avant trois ou quatre ans, alors qu'il sera en état de fonder lui-même un foyer. Les Fous de Bassan vivent très vieux, peut-être cinquante à soixante ans. Leur chair n'étant pas comestible, ils ont peu de prédateurs.

Pendant tout l'été, le lever du soleil sur l'île est accompagné d'un concert de cris rauques et d'un fourmillement d'activité. Des oiseaux criards quittent la falaise et y reviennent sans cesse. Le calme ne se fait qu'avec le retour de l'obscurité. Le spectacle grandiose que nous offrent ces fous est une scène inoubliable. Pour s'en rendre compte, il suffit de traverser l'île à pied et d'atteindre le sommet de la falaise. Là, des milliers d'oiseaux se laissent approcher à près de trois pieds. Mais gare au bec aigu... si vous tentez une plus grande intimité. Vous pouvez alors les voir vivre, évoluer, se saluer, se battre. Spectacle inoubliable, répétons-le, et chaque nouvelle visite est une découverte.

Bibliographie

- MELANÇON, Claude. *Percé et les oiseaux de l'île Bonaventure*, Les Editions du Jour, Montréal, 1963.
- PETERSON, R. Tory. *A field Guide to the Birds*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1947.
- WARHAM, John. *The Gannets of Bass Strait*, « Animal Kingdom », vol. LXVII, no 6, déc. 1964.
- WYNNE-EDWARDS, V. C. *Sea-Birds of Percé and the Gaspé Peninsula*, Mercury Press, Montréal, 1954.

Un aperçu de la populeuse colonie de Fous de Bassan au sommet de l'île Bonaventure, en Gaspésie, au large du village de Percé.



La lutte contre les insectes

s'enrichit de nouvelles méthodes

Les chercheurs du ministère de l'Agriculture du Canada tentent de mettre au point des méthodes de lutte qui permettront aux producteurs de fruits de diminuer le nombre de pulvérisations nécessaires pour obtenir des récoltes de pommes, pêches, cerises et autres fruits exempts de vers.

M. G. G. Dustan, entomologiste de la station de recherches du Ministère, à Vineland, a décrit certaines des méthodes que les scientifiques agricoles étudient pour lutter contre les insectes.

1. Création de végétaux qui résistent aux insectes. Bien que ce soit un procédé long et lent, quelques succès ont été réalisés: par exemple, la croissance de variétés de fruits sur des porte-greffes qui résistent aux attaques des pucerons des racines.

2. Diffusion artificielle de maladies bactériennes et cryptogamiques des insectes. Cette méthode a réussi contre le scarabée japonais aux Etats-Unis. Des résultats prometteurs ont été obtenus par la pulvérisation de quelques insectes des fruits avec une préparation commerciale d'une bactérie, *Bacillus thuringiensis*, qui tue les insectes mais qui est sans danger pour l'homme. (Voir l'article « La lutte biologique », par E. Kurstak, dans *Le Jeune Scientifique*, octobre 1966, pp. 2-6).

3. Utilisation des vibrations ultra-statiques et ultra-sonores. Les scientifiques de l'Institut de recherches du Ministère, à Belleville (Ontario), ont démontré que le comportement de certains insectes peut être modifié par des changements dans l'électricité de l'air et aussi par des ondes sonores de haute fréquence. On pourra trouver certaines applications des ondes sonores dans la lutte contre les insectes.

En émettant des ondes sonores à haute fréquence sur des champs de

maïs entre le crépuscule et l'aurore, les scientifiques de Belleville ont pu réduire d'un tiers les dégâts aux cultures.

4. Création en laboratoire de souches génétiques pures d'insectes qui se suicident dans les conditions naturelles à l'extérieur. Par exemple, de nombreux insectes peuvent survivre en hiver dans un seul état, souvent sous forme de larves adultes. Par sélection il est possible d'obtenir une souche qui atteint l'état suivant, celui de chrysalide à l'automne, et qui est par conséquent tuée par les températures d'hiver. En théorie, il peut être possible de libérer à plusieurs reprises des millions d'insectes de la souche qui passent à l'état de chrysalides à l'automne dans les vergers infestés afin d'obtenir par croisement avec la population naturelle une progéniture qui ne survivrait pas à l'hiver.

5. Utilisation d'attraits sexuels dans des appâts empoisonnés ou dans des pièges gluants. Les femelles de certaines espèces d'insectes sécrètent un produit chimique puissant qui attire les mâles sur des distances considérables.

6. Diffusion d'insectes mâles stériles. Une des armes les plus prometteuses contre les insectes nuisibles est obtenue sous forme de lutte biologique, — par exemple la stérilisation d'insectes obtenus en laboratoire et libérés dans les régions où cet insecte est nuisible. La reproduction des insectes nuisibles est réduite par le nombre d'accouplements stériles. Cette technique dite du « mâle stérile » a été utilisée avec beaucoup de succès contre la mouche à viande du sud dans certaines régions des Etats-Unis.

Cependant, aucune de ces méthodes n'est utilisée de façon générale contre les insectes nuisibles et certaines peuvent ne jamais être employées; mais les scientifiques ne

laissent aucune possibilité inexplorée dans leur recherche de moyens plus efficaces susceptibles d'assurer des vergers exempts de parasites.

A la station de recherche du Ministère, à Summerland (Colombie-Britannique), on a pu constater que la technique du mâle stérile constituait un moyen efficace d'éliminer la pyrale de la pomme dans les vergers isolés. On cherche maintenant un moyen économique d'élever et de stériliser des millions de pyrales mâles pour accomplir ce travail sur une grande échelle.

Des rayons gamma ont été utilisés pour stériliser la pyrale. A Vineland, cette méthode a réussi tout aussi bien en laboratoire pour stériliser la tordeuse orientale du pêcher, parasite important de la pêche en Ontario. D'autres méthodes sont possibles. Il est possible qu'on trouve des moyens pour appliquer des stérilisants aux insectes à l'état sauvage, au moyen de pulvérisations ou d'appâts. Evidemment, les insectes doivent être attirés à l'appât et c'est là que les attraits sexuels pourront servir.

Une cage remplie de tordeuses vierges et pendues dans un arbre peut attirer des mâles dans un rayon de plusieurs centaines de pieds. C'est l'attrait sexuel. L'attrait que certains insectes utilisent peut être extrait, analysé et reproduit par les chimistes. C'est ce qui a été fait dans le cas de la spongieuse, par exemple, et l'on espère reproduire artificiellement l'attrait de la tordeuse orientale du pêcher et de l'utiliser dans des pièges et des pulvérisations contenant du poison ou un produit chimique stérilisant.

Dans plusieurs stations de recherche du Ministère, des études à long terme sont en bonne voie sur la dynamique des populations de certains des principaux insectes nuisibles dans les vergers. Ces études sur les changements de population et les facteurs qui influent sur eux mèneront progressivement à des méthodes permettant de prédire quand et où ces parasites seront en nombre dommageable. Avec ces connaissances à l'appui, il devrait être possible de réprimer les insectes avec moins de pulvérisations en les appliquant seulement lorsqu'elles sont nécessaires pour éviter d'endommager les fruits.

Une science qui se définit au sein de la biologie moderne.

L'écologie s'organise, elle se définit et permet de mieux comprendre

le vaste réseau des influences qui jouent dans le monde complexe des vivants.

L'écologie, une science en progrès

par Gaston MOISAN

Parmi les nombreux domaines qu'embrasse la biologie, il en est un qui est fondamental, au même titre que la physiologie, la morphologie et la génétique parce qu'il touche à tous les organismes de près ou de loin : c'est l'écologie ou « la science qui étudie le réseau reliant chaque organisme à son milieu vivant et inerte », (Bodenheimer, 1955). Prenons comme exemple un arbre, un sapin dans la forêt. Il est continuellement influencé par son environnement : l'eau, le vent, les sels minéraux, l'oxygène dans le sol, le gaz carbonique dans l'air, la température, la quantité de lumière solaire, et autres facteurs non-vivants ou abiotiques. En plus, il sera affecté par des facteurs biotiques qui l'entourent : insectes, oiseaux, écureuils, bactéries, champignons, vers, parasites et autres arbres voisins. Mais en retour ce sapin va aussi modifier son milieu; l'ombre qu'il produit va altérer la température, ses membres vont influencer les mouvements de l'air, sa transpiration va changer l'humidité de l'air, ses racines vont labourer et aérer le sol, et ainsi de suite. On pourrait également prendre comme exemple n'importe quel animal, ou même l'homme qui constitue l'espèce ayant le plus modifié son milieu. L'écologie étudie ces relations entre les organismes et le milieu.

L'écologiste travaille donc dans la nature. Il essaie de comprendre l'organisation de la nature et son fonctionnement. On a quelquefois qualifié l'écologie d'Histoire naturelle scientifique. On doit toujours se rappeler que l'homme, même s'il a tendance à se placer lui-même à un niveau supérieur, est une partie intégrale de la nature et qu'il en tire son énergie et ses ressources. Il ne peut maltraiter la nature impunément, car s'il crée un déséquilibre, il sera souvent le premier à en souffrir. Il est donc important pour l'homme de comprendre ces relations entre la vie et le milieu puisque c'est pratiquement son existence même qui est en jeu.

A titre d'information, nous ferons une brève revue des principaux phénomènes que l'écologie moderne tente d'expliquer.

I— Distribution locale et géographique des organismes :

Les zoologistes et les botanistes se sont contentés pendant longtemps de décrire et de cataloguer les différentes espèces animales et végétales rencontrées à la surface du globe. L'écologiste se demande plutôt pourquoi une espèce se trouve dans un endroit donné et est absente dans un autre. Comment expliquer, par exemple, que l'on retrouve sur le sommet du mont Albert, dans les Shikshoks en Gaspésie, les mêmes plantes que dans l'arctique, mais qu'on ne retrouve pas celles-ci entre l'arctique et la Gaspésie? Pourquoi ne trouve-t-on que quatre espèces de mammifères indigènes à Terre-Neuve et plusieurs dizaines d'espèces sur la Côte-Nord qui est voisine? L'écologiste devra alors posséder à la fois des connaissances en taxonomie, en géologie, en météorologie; il fera une synthèse de toutes ces connaissances pour poser une hypothèse et la démontrer ou la rejeter suivant la méthode scientifique. Il fera alors de la biogéographie, ou géographie des êtres vivants. Il expliquera la distribution d'une espèce en se basant sur des faits historiques (glaciation, ponts intercontinentaux), des accidents géographiques (barrières naturelles, chaîne de montagnes, mer), des raisons biologiques (compétition, mutualisme).

II— Variations régionales dans l'abondance des organismes :

Même si une espèce végétale ou animale est distribuée de façon générale sur une grande superficie, cette distribution ne sera pas uni-

forme. Prenons comme exemple le lièvre dans la province de Québec; chacun a observé qu'il n'est pas également abondant partout. On le retrouvera dans des habitats différents, une forêt décidue, mélangée ou résineuse, mais il reste à déterminer le dénominateur commun à chacun de ces habitats. Vis-à-vis un facteur donné, chaque espèce possède des limites de tolérance données et à l'intérieur de ces limites, une valeur préférée ou un préférendum. Pour l'écologiste, il s'agit donc d'étudier attentivement les conditions du milieu où se trouve l'espèce, de déceler ce qui distingue un habitat très attractant d'un habitat moins favorable. Quand il croit avoir trouvé la solution dans la nature, il devra souvent vérifier en laboratoire, ou par une expérience contrôlée sur le terrain, si le facteur hypothétique est réellement celui qui contrôle l'abondance relative de l'espèce. Ces facteurs du milieu seront différents suivant les espèces étudiées: si l'on étudie une espèce végétale, les principaux facteurs pourront être le sol, le drainage, les éléments minéraux essentiels, l'exposition au soleil, le vent; chez les animaux, on s'arrêtera surtout à la nourriture, au type de couverture végétale, à l'eau, aux autres animaux présents tels que prédateurs ou parasites. Les connaissances acquises peuvent avoir des applications très pratiques car selon que l'on veut favoriser ou faire disparaître une espèce, on devra modifier le milieu pour fournir ou enlever le facteur qui influence le plus la distribution de cette espèce.

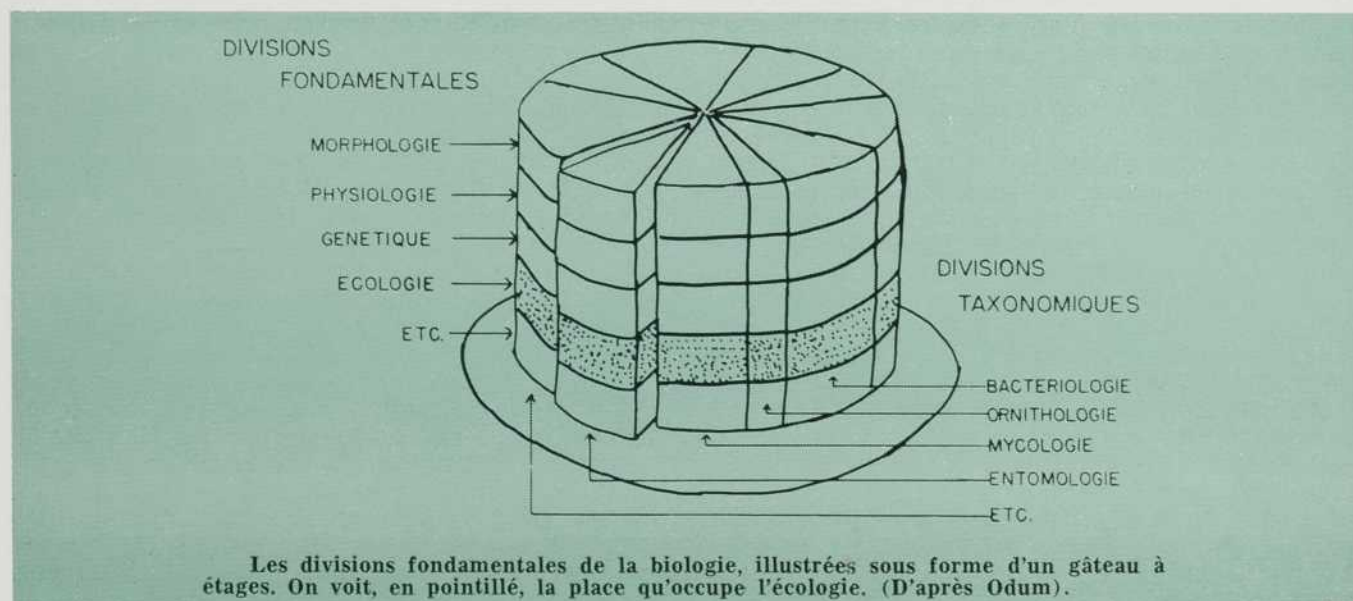
III— Adaptations structurales et fonctionnelles des organismes au milieu physique :

C'est presque une redondance de le dire mais si les organismes vivent dans un milieu donné,

c'est qu'ils y sont adaptés, et ils y sont adaptés parce qu'ils ont survécu. On sait que depuis l'apparition de la vie sur la terre, les conditions du milieu ont varié considérablement. Les espèces qui ont pu s'adapter à ces changements ont survécu, les autres ont disparu et on les retrouve aujourd'hui sous forme de fossiles. Au cours de l'évolution, les espèces se sont multipliées pour occuper les diverses niches disponibles. C'est le rôle de l'écologiste de déceler comment les différents organismes vivants ont évolué pour s'adapter au milieu où on les trouve aujourd'hui. Quelles sont les adaptations anatomiques qui ont permis à certains mammifères, comme la taupe, de vivre dans le sol? La variété des dents chez les mammifères, la variation dans la forme et la grosseur du bec chez les oiseaux, le siphon de certains mollusques, la ventouse des sangsues sont toutes des adaptations anatomiques pour se procurer de la nourriture. Ces adaptations sont universelles et beaucoup trop nombreuses pour qu'on essaie de les classer ici. Qu'il suffise de dire que les buts primordiaux de chaque espèce sont de survivre et de se reproduire et que toutes ces adaptations sont destinées à ces fins. Il appartient à l'écologiste de déterminer la relation qui existe entre les conditions du milieu et ces adaptations.

IV— Comportement des organismes dans les conditions naturelles :

En termes très généraux, les organismes sessiles, fixés, comme la plupart des plantes, répondent aux variations du milieu surtout par des changements dans leur forme. Un arbre, par exemple, n'aura pas la même forme générale s'il pousse dans le milieu d'un champ, à l'orée du bois ou en pleine forêt. Par ailleurs, les organismes mobiles, tels la plupart des animaux,





Pour étudier les mouvements ou la longévité d'un animal, on peut procéder par marquage et recapture, comme dans le cas de cette chauve-souris qui a été baguée.

répondent surtout par des changements dans le comportement. L'étude du comportement animal est un domaine de l'écologie qui est particulièrement à la mode depuis les merveilleux travaux de Tinbergen (1951) et de Lorenz (1952), surtout chez les oiseaux. Le temps est passé où l'étude des oiseaux consistait à se promener sur le terrain avec un fusil, à collectionner, naturaliser et déposer les peaux dans un musée. Aujourd'hui, on se promène plutôt avec des jumelles ou un télescope et on observe le comportement des oiseaux en réponse aux diverses situations qui se présentent. On s'est vite rendu compte qu'il existe des comportements innés (l'instinct) et des comportements appris (l'apprentissage). Ces études de comportement ont contribué et contribueront encore à mieux nous faire comprendre les relations entre les organismes et leur milieu et même les processus d'apprentissage chez l'homme. Ces travaux sont parmi les plus difficiles en écologie parce qu'il s'agit en fait de psychologie animale et que l'observateur est toujours porté à interpréter le comportement des animaux comme il interpréterait son propre comportement. On n'est pas excusable de conclure qu'un oiseau fait tel geste parce qu'il « veut » arriver à telle fin; il ne peut « vouloir » mais il réagit automatiquement à un stimulus donné.

V— Les variations (dans le temps) de l'abondance et des activités des organismes :

Si l'abondance des organismes d'une espèce varie dans l'espace, comme nous l'avons vu plus haut, elle varie aussi dans le temps. L'activité de ces organismes varie aussi. Il n'y a rien de statique dans la nature. Tout change, tout est dynamique. Comme c'est le propre des êtres vivants de se reproduire, on aura constamment des naissances et des morts; suivant que la natalité ou la mortalité l'emporte, on assistera à un accroissement ou à une diminution dans les populations. L'écologiste s'attaquera donc aux problèmes de dynamique des populations. Il essaiera de comprendre comment les populations sont d'ordinaire maintenues à un niveau relativement stable; pourquoi de temps à autre une espèce tend à s'accroître très rapidement ou à diminuer de façon alarmante. S'il est responsable de l'exploitation d'une espèce chassée, il devra déterminer quel pourcentage de la population peut être récoltée sans mettre l'espèce en danger. Il tentera aussi de comprendre et d'expliquer les mouvements saisonniers des animaux telle que la migration des oiseaux. Il observera les animaux qui doivent subir les rigueurs de l'hiver, en modifiant considérablement leurs activités à mesure que la neige s'accumule sur le sol. Ces connaissances trouvent souvent des applications pratiques; elles indiqueront par exemple le temps le plus propice de l'année pour faire l'inventaire d'une espèce donnée.

VI— Les relations entre les organismes eux-mêmes :

Nous avons vu jusqu'à maintenant quelques-uns des phénomènes étudiés par l'écologiste qui s'intéresse à une espèce donnée. On sait qu'un organisme ne vit jamais seul mais qu'il vit avec d'autres organismes de la même espèce pour constituer des populations. Continuant dans la même veine, une espèce ne vit jamais seule, mais elle vit en contact avec d'autres espèces, d'autres populations. L'ensemble de ces espèces, de ces populations vivant ensemble et dépendant souvent l'une de l'autre, constituent des communautés biotiques ou biocénoses. Populations et communautés sont des abstractions qui représentent des niveaux d'organisations au-dessus des individus; ce sont quand même des entités réelles même si elles sont abstraites et impossibles à collectionner dans un sac. Elles sont réelles parce qu'elles possèdent des caractéristiques additionnelles à celles des individus qui les composent. Une érablière aura des caractéristiques différentes des érables qui s'y trouvent; densité, dominance, stratification, dynamisme. Et comme les communautés végétales et animales se retrouvent ensemble dans le même habitat, on peut difficilement les considérer séparément. Ce sera donc le rôle de l'écologiste de scruter la structure de ces communautés, leur dynamisme, les relations entre les espèces. C'est réellement là que le bon écologiste se révélera car il faudra posséder un sens très aigu de l'observation, des connaissances poussées en botanique, zoologie, pédologie, biométrie; il lui faudra surtout faire une synthèse de toutes ces connaissances pour interpréter ses observations

et suggérer des applications pratiques pour la conservation ou l'exploitation de ces communautés ou d'une espèce en particulier.

VII— La productivité biologique :

On peut atteindre un niveau d'organisation encore supérieur à celui des communautés biotiques en considérant à la fois la communauté et l'habitat physique qui forment ensemble un tout, un système, que l'on désigne sous le nom d'*écosystème*. L'écosystème est la meilleure unité pour étudier la circulation de la matière et de l'énergie entre les organismes eux-mêmes et leur environnement. L'énergie dans les écosystèmes suit les lois de la thermodynamique. Elle provient totalement en dernière analyse de l'énergie solaire et elle est partiellement transformée en énergie potentielle par les plantes. L'énergie passe ensuite aux animaux par les herbivores puis par les carnivores. A mesure que l'énergie passe d'un niveau à un autre dans l'échelle alimentaire, une grande quantité est dissipée sous forme de chaleur surtout. Les écologistes s'attaquent aujourd'hui à mesurer la productivité des différents écosystèmes à cause du problème très pratique de l'augmentation de la population humaine qui applique une pression toujours croissante sur les ressources naturelles. Il nous faut connaître à fond ces processus de productivité, du flux d'énergie d'un niveau à l'autre, si l'on veut tenter d'augmenter dans l'avenir le taux de productivité.

Nous pourrions continuer à énumérer d'autres domaines, quelques-uns d'application très pratique, qui sont du ressort de l'écologie. Qu'il

Une harde de caribous observée sur la toundra alpine du mont Albert, en Gaspésie. Pendant la période du rut, le caribou se rassemble dans ce milieu ouvert et c'est le moment propice pour un inventaire.



me suffise de mentionner le problème si inquiétant de l'emploi exagéré des biocides dans le monde. C'est un sujet qui accapare déjà un grand nombre de chercheurs.

La courte revue que nous avons faite devrait suffire à démontrer que l'écologie est une science par elle-même et non seulement un regroupement des notions des autres sciences. Elle est une science distincte parce qu'elle organise différemment une foule de connaissances et qu'elle emploie des techniques et des méthodes qui lui sont propres. Elle permet de voir les phénomènes dans une optique différente; c'est une espèce de philosophie biologique. Or doit donc regarder l'écologie comme une branche fondamentale de la biologie parce qu'elle nous donne

une compréhension plus profonde qui nous permet une interprétation plus critique et plus valide des événements biologiques.

Références

- BODENHEIMER, F.S. 1955 *Précis d'écologie animale*. Payot, Paris. 315 pages.
- LORENZ, K.A. 1952. *King Solomon's Ring*. Crowell Co. New York. 200 pages.
- OZENDA, P. 1964. *Biogéographie végétale*. Editions Doin, Paris. 374 pages.
- TINBERGEN, N. 1951. *The study of instinct*. Clarendon Press, Oxford. 228 pages.

L'horloge atomique CSF ne varie que d'une seconde en 1000 ans

Qui dit horloge pense cadran, aiguilles, ressorts: il semble difficile de rapprocher ces notions bien classiques des phénomènes atomiques. On utilise cependant maintenant les propriétés des atomes comme étalons de fréquence. Comme l'a dit M. Denisse, directeur de l'Observatoire de Paris, « Les atomes vont un jour remplacer la Terre comme oscillateur fondamental ». La stabilité naturelle des phénomènes atomiques remplacera celle des événements astronomiques, observés de longue date.

On comprend donc l'intérêt suscité par un tel appareil chez les astronomes, qui sont actuellement en train de procéder à des essais sur l'horloge CSF à l'Observatoire de Paris. La Compagnie Française de Télégraphie Sans Fil (CSF) a présenté récemment un tel étalon de fréquence, ou horloge atomique à vapeur de rubidium. Ce chronomètre d'un nouveau genre atteint une précision de 10^{-11} et la CSF espère obtenir en 1967 des stabilités de 10^{-12} . Pour qui s'est jamais soucié de la mesure du temps, ces chiffres évoquent une très grande précision: 10^{-11} correspond à des variations d'une seconde en mille ans. De telles stabilités sont, entre autres, d'un grand intérêt pour les applications à la navigation autant des appareils civils et militaires que des

engins. On peut citer aussi les applications à la télévision, pour laquelle la stabilité des fréquences est très importante — aux télécommunications — à la navigation type Loran C.

Cet intérêt n'a pas échappé au Service Technique des Télécommunications de l'Air (STTA) dont un contrat a financé les études de la CSF. L'horloge présentée par cette compagnie utilise les principes théoriques du pompage optique, dus aux physiciens Kastler et Brossel. C'est ce « pompage », dont la description sort du propos de cette note, qui provoque et entretient les oscillations moléculaires entre niveaux d'énergie différents. On connaissait d'autres méthodes dont celle des jets atomiques, due à l'Américain I.I. Rabi, pour déclencher ces oscillations; mais le pompage permet de construire des horloges simples et de faible volume, ce qui lui vaut la préférence chez les utilisateurs militaires. Le but de ces études en cours à la CSF est en effet d'arriver à un appareil fiable, solide, léger, peu volumineux. La première version représentait un volume de 25 l, pour 25 kg et exigeait 200 w d'alimentation. La version miniaturisée présentée maintenant pèse 6 kg, pour un volume de 6 l, et une alimentation de 20 w. Capable de fonctionner entre -40° et $+40^{\circ}$ C, cette version pourrait être embarquée dans les engins et les avions. Pour une version « spatiale », il faudrait encore diminuer les poids et les puissances nécessaires.

La CSF indique que son horloge a de bonnes qualités de résistance aux vibrations, aux accélérations. Il semble qu'elle puisse fonctionner en absence de pesanteur: on voit mal en effet quelle influence pourrait avoir la gravitation sur les phénomènes physiques mis en cause dans l'horloge. On ignore encore par contre l'effet éventuel des radiations sur l'horloge. Une des versions construites à la CSF tient le vide. Parmi les applications possibles, on se doit de signaler une expérience dont l'éventualité a été décrite par M. Guinot, chef du Service de l'heure à l'Observatoire: une horloge à 10^{-12} de précision pourrait mesurer les effets des potentiels gravitationnels tels que les prévoient théoriquement les travaux de relativité générale. On voit donc là une application d'un très grand intérêt scientifique, qui à côté du progrès indispensable de la métrologie moderne et des applications « embarquées », montre bien l'intérêt d'un tel étalon de fréquence.

Pour l'instant, des stabilités de 10^{-11} avaient déjà été atteintes avec des oscillateurs à quartz; mais ceux-ci ne sont pas stables en fréquence dans le temps. Le vieillissement des quartz entraîne un glissement de la fréquence qui provoque une dérive de la mesure.

La CSF avait construit sa première horloge atomique il y a plus de deux ans, donc encore difficile de parler de stabilité à long terme, mais les premiers résultats sont très encourageants.

Ils se composent de pétrole,
de gaz, d'air et d'eau

Les produits pétrochimiques ...quasi un univers

par James KNIGHT

Il fut un temps où tout article comme celui-ci sur des produits nouveaux débutait par des prédictions ronflantes sur la façon radicale dont ils modifieraient un jour notre existence. Rien de tel aujourd'hui. Nous nous habituons aux produits et procédés nouveaux au point de nous demander comment nous avons pu nous en passer.

Prenons le cas des « substances pétrochimiques », dérivées du pétrole brut. Vieille de 25 années à peine au Canada — elle a commencé par l'établissement d'une fabrique d'ammoniaque à Calgary en 1941 — l'industrie pétrochimique fournit le tiers de la production chimique du pays. Les substances pétrochimiques permettent de fabriquer à peu près tout ce qu'on peut imaginer. Vous pouvez consommer des aliments pétrochimiques; de fait, on peut tirer suffisamment de protéine du centième de la production mondiale de pétrole brut pour suffire aux besoins de l'humanité, à un coût de quinze à trente fois inférieur à celui de la protéine animale. Si nous ne le faisons pas, c'est pour des motifs remarquablement complexes qui englobent la religion, la politique, le goût personnel, l'économique et le fait que l'homme ne vit pas que de protéine.

Si nous ne mangeons pas de substances pétrochimiques, nous marchons sur elles, elles nous abritent et nous vêtent, nous en faisons des bouquets, nous réparons nos pneus et cultivons avec leur concours, nous les faisons exploser, nous jouons au tennis avec elles, nous en ornons notre visage, nous leur confions notre guérison, etc. L'éthylène-glycol de l'antigel est de nature pétrochimique. De même, le nylon et l'Orlon, le Terylene, la Bakélite et le polyéthylène. Il existe des substances et procédés pétrochimiques aux noms revêches, comme d'acrylonitrile et l'électrohydrodimérisation. La pétrochimie regorge de paradoxes apparents, comme celui-ci : « Le polyéthylène de faible densité est produit sous forte pression alors que le polyéthylène de forte densité l'est sous faible pression ». Pourquoi s'étonner alors qu'on ait qualifié la pétrochimie d'industrie « cérébrale » ? Selon un relevé de 1963, une compagnie compte parmi ses 400 employés 85 diplômés d'université, soit 21%. Dans l'industrie en général, la proportion est d'environ 5%.

Pourtant les produits de cette « industrie cérébrale » soulèvent à peine notre curiosité. Qui s'arrête à penser vraiment aux câbles de navires

qui jamais ne rouillent, ne rétrécissent ni ne s'étirent sous les intempéries; aux tasses si ingénieusement conçues qu'elles gardent le café chaud jusqu'à la dernière goutte, même en plein air, et de coût si minime qu'on peut les mettre au panier après usage; ou encore aux sacs à ordures qui ne s'éventrent jamais quand on descend les déposer dans la poubelle de plastique à l'épreuve de la rouille?

Rien de tout cela n'existait à la génération précédente, à l'exception peut-être du nylon qui a rendu surannés les bas de soie. Au Canada, la pétrochimie a connu son plus grand essor en 1943, quand la fabrique de la *Polymer Corporation*, à Sarnia, entreprit de transformer le pétrole en caoutchouc synthétique pour remplacer le caoutchouc naturel d'Extrême-Orient, dont les Japonais coupaient l'approvisionnement. La fabrique a coûté \$51 millions; elle a donné pour \$29 millions de caoutchoucs de styrène-butadiène et de butyl durant sa première année complète de production. La compagnie *Polymer* fabrique actuellement onze caoutchoucs réfractaires à l'huile, neuf caoutchoucs butyliques, huit catégories de latex, sept caoutchoucs à tout usage, cinq caoutchoucs à molécule

contrôlée, cinq caoutchoucs noirs de base, quatre caoutchoucs à extension à l'huile, quatre résines ABS, quatre caoutchoucs à fins particulières, trois caoutchoucs riches en styrène, et un monomère de styrène. Si vous en faites sonner la caisse enregistreuse, vous arrivez à un chiffre de vente global de \$114 millions pour 1964. Les immobilisations pétrochimiques actuelles atteignent \$840 millions; l'an dernier, on a construit pour \$95 millions d'installations destinées aux productions les plus variées, des engrais chimiques aux fibres de synthèse. En 1965, la production de l'industrie pétrochimique s'est établie à près de \$400 millions.

Vous, moi et les hydrocarbures

La valeur et la diversité renversantes des substances pétrochimiques et des produits qu'on en tire reposent sur deux éléments que fournit en abondance le pétrole brut: l'hydrogène et le carbone. Il y entre aussi de l'oxygène et de l'azote tirés de l'air ou de l'eau. Ce sont là les éléments fondamentaux des choses de la nature, y compris vous et moi. Associez-les diversement, ajoutez un peu de ceci ou de cela et vous pouvez tout créer. Aux dires du Dr W. W. Stewart, du service des produits chimiques de l'*Imperial Oil*, les chimistes de recherche peuvent produire à peu près n'importe quel composé organique voulu à compter du pétrole brut. Les voies sont de fait si nombreuses que les chimistes et ingénieurs ne cherchent pas même à les explorer toutes. Ils déterminent plutôt les propriétés qu'ils aimeraient trouver dans une substance, puis ils conçoivent un produit pétrochimique qui les possède. Il en résulte parfois des conflits pétrochimiques comme, par exemple, celui qui s'amorce entre le polypropylène (l'aspirant) et le caoutchouc synthétique (le champion) au domaine des boîtes de batteries.

Que réserve l'avenir ?

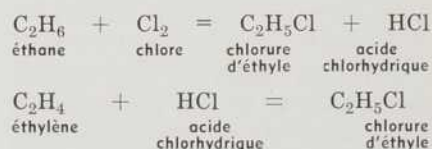
L'avenir est éminemment prometteur. La capacité de production d'ammoniaque va plus que doubler cette année pour passer de trois quarts

de million de tonnes en 1965 à plus d'un million et demi de tonnes. Dans l'industrie de la construction, les substances pétrochimiques sous forme de plastiques et de peintures gagnent du terrain. M. R. E. Platts, du Conseil national de recherches, dans son rapport sur le rôle des plastiques dans le bâtiment en 1964, déclare: « Il est difficile désormais aux substances naturelles de rivaliser avec les émaux à base d'alkydes, les peintures vinyliques, acryliques ou de latex et les vernis phénoliques; les carreaux de vinyle ou d'amiante et vinyle pour parquets; ou les dessus d'armoires familiers de mélamine, résine phénolique et papier. Et nulle substance naturelle n'offre les avantages du plastique pour autant d'applications: coupe-vapeur de polyéthylène, appareils électriques et téléphoniques de phénoplastes, tapis acryliques ou encore de nylon ou de polypropylène. Il se peut que la situation devienne tout aussi favorable dans le cas de diverses canalisations plastiques et des lambris vinyliques rigides, salles de bains monopieces de verre et plastique, couvertures de butyl et revêtements de pellicule vinylique ».

Mais les plastiques ne sont pas les seules substances d'origine pétrochimique. D'ailleurs, on groupe tant de substances sous le vocable de « plastiques » que le terme n'a plus qu'une valeur approximative. De plus, il existe des plastiques qui ne sont pas pétrochimiques. Et certaines substances pétrochimiques ne le sont même pas toujours. Prenez, par exemple, le benzène, constituant fondamental de plusieurs plastiques. C'est un sous-produit de la houille, obtenu du coke utilisé en aciérie. Il n'est donc pas pétrochimique. Mais le benzène peut provenir également du pétrole brut, et il est alors pétrochimique. Il ne faut pas en conclure que tout ce qui vient du pétrole et du gaz naturel est une substance pétrochimique. Ainsi, on tire du soufre du pétrole et du gaz naturel, mais rares sont ceux qui le considèrent comme une matière pétrochimique, en partie parce que c'est un élément, et non un composé, même si le noir de carbone, substance pétrochimique est du carbone presque pur. Toutes les autres substances pétrochimiques sont des composés qui, renfermant pour la plupart

du carbone, sont considérés comme des composés organiques. Règle générale, toutes les substances pétrochimiques sont organiques, à l'exception de l'ammoniaque qui ne renferme pas du tout de carbone.

Une substance que tout le monde considère comme pétrochimique est le chlorure d'éthyle, constituant du plomb tétraéthyle qu'on ajoute à l'essence pour éviter le cognage du moteur. Le chimiste obtient le chlorure d'éthyle par réaction de l'éthane (constituant du gaz naturel) avec le chlore (disponible en abondance dans les gisements de sel de Windsor et de Sarnia), réaction qui donne du chlorure d'éthyle et de l'acide chlorhydrique. Si on ajoute à la réaction de l'éthylène (mélange d'hydrogène et de carbone comme l'éthane, mais renfermant un peu moins d'hydrogène), l'acide chlorhydrique produit peut servir à préparer un surcroît de chlorure d'éthyle. Voici comment se présente la réaction:



Voilà ce qui se produit dans les réacteurs de la fabrique de produits chimiques. Dans le cas de chlorure d'éthyle, les températures de réaction sont ordinaires — de 600 à 900°F. Mais la synthèse d'autres substances pétrochimiques demande jusqu'à 1800°F, et jusqu'à trois tonnes au pouce carré de pression. Mais de fortes pressions ne sont pas toujours nécessaires. C'est sous un vide partiel, où la pression est cinq fois inférieure à la pression atmosphérique, qu'on sépare les atomes d'hydrogène du butane pour former le butadiène (composant du caoutchouc synthétique), même s'il faut opérer à 1200°F.

Certaines réactions se produisent facilement, sans incitation particulière, mais plusieurs exigent la présence d'un catalyseur, sans lequel elles seraient plus lentes ou n'auraient pas lieu du tout. Ainsi le platine, utilisé pour tirer le benzène, le toluène et le xylène des naphtes de catégorie inférieure, vaut \$150 l'once. Fort heureusement, le catalyseur a pour propriété de ne pas être consommé dans la réaction de sorte qu'il peut servir de nouveau.

Le plus étrange de la production pétrochimique, du moins à l'oeil du profane, est que personne ne voit la substance ou ne lui fait subir directement quoi que ce soit durant la fabrication. Les techniciens manipulent des boutons et soupapes, vérifient thermomètres et manomètres, font la lecture de cadrans mystérieux, mais ne sont jamais en contact avec le produit même. Dans la fabrication du polystyrène (qu'on retrouve entre autres dans les intérieurs de portes de réfrigérateurs), le benzène et l'éthylène se combinent pour former de l'éthylbenzène, puis on en extrait l'hydrogène pour produire le styrène. Le styrène subit alors la polymérisation, procédé fort compliqué qui en associe les molécules en des molécules de styrène plus complexes dotées de propriétés différentes. Au terme de cette transformation, le polystyrène débouche d'un bec à la lumière du jour en un courant de liquide qui se solidifie dans un bain d'eau de refroidissement et qu'on déchiquette en perles ou grains. Il est incolore, limpide comme du verre, mais on peut lui conférer n'importe quelle teinte ou nuance. L'Imperial Oil, à cet égard, fabrique les préparations de base de benzène et d'éthylène et les vend à la Dow Chemical, qui en fait du polystyrène, livré par la suite aux manufacturiers d'intérieurs de portes de réfrigérateurs, qui en approvisionnent les fabricants.

Cette sorte de chaîne relie une trentaine de producteurs de substances pétrochimiques primaires, 250 transformateurs, 1 300 fabricants de produits finis et les 20 millions de consommateurs au Canada. La vente de ces produits frôlait les \$600 millions en 1965.

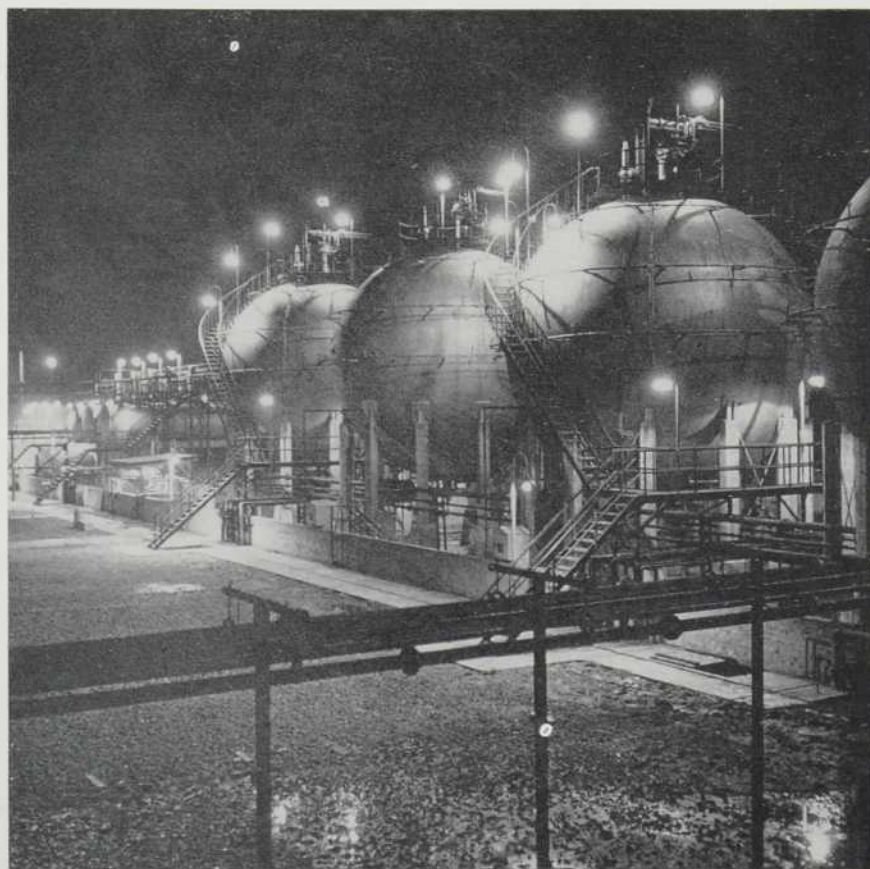
Certaines substances pétrochimiques sont vouées à des centaines d'applications. Ainsi le polypropylène donne des ficelles d'engrègement, coins pour bûcherons, grilles de Pontiac, seringues de type uniservice, manches de pinceaux, pailles à eaux gazeuses, rubans, talons, volants, abreuvoirs pour visons, agitateurs de couleur pour machines à laver et charnières monopieces à ressort pour les écrans à bagues et à boutons de manchettes. La maison Westinghouse a mis à l'épreuve la résistance d'une de ces charnières. On l'a fait fonctionner 18 millions de fois... après quoi la machine d'essai s'est brisée.

Le propylène compte parmi les centaines de substances pétrochimiques que peuvent donner le carbone et l'hydrogène du gaz naturel et du pétrole brut. Les chimistes en sont rendus au point de mélanger deux substances pétrochimiques pour en obtenir une nouvelle dotée des propriétés heureuses des deux. Ainsi, à son avènement sur le marché, il y a trois ou quatre ans, le polypropylène s'est imposé par sa légèreté, sa solidité, son coût modique. Mais le froid lui volait ses qualités; il devenait si fragile que la mallette faite de ce matériau pouvait difficilement survoler intacte le continent si jamais l'avion affrontait les 30°F sous zéro qui prévalent à 30 000 pieds d'altitude. Mais son mélange au polyéthylène et à un caoutchouc de synthèse fait d'éthylène (mais oui!) et de propylène le rend si résistant qu'on peut en constituer des charnières pour les portes de congélateurs des

réfrigérateurs. Il présente une autre propriété fort heureuse: il n'a presque pas tendance à se fendiller dans les endroits soumis à la tension comme les trous de vis. Presque chaque jour qui se lève voit naître quelque nouvelle substance merveilleuse dans les éprouvettes des laboratoires pétrochimiques ou autres.

Et pourtant, les substances pétrochimiques proviennent toutes de la même source — le gaz naturel et le pétrole brut (au lieu de la mélasse, du coke et du carbure de calcium, sources antérieures beaucoup moins prolifiques). De fait, l'industrie pétrochimique rappelle les arbres à frondaisons denses que rapporte Ripley dans son « *Believe-it-or-not* », et dont les branches s'entremêlaient au point de fondre les deux arbres en un seul. Telles sont bien les substances pétrochimiques: le gaz naturel et le pétrole en sont le tronc, les frac-

Quelques sphères-citernes à l'usine de la « Polymer Corporation », à Sarnia, Ontario, la métropole canadienne de la pétrochimie ou « pétroléochimie ». Cette industrie des sous-produits du pétrole se développe sans cesse et multiplie chaque année le nombre des produits synthétiques qui trouvent de multiples emplois dans la vie courante.



tions comme les naphtes, gas-oils et sulfures d'hydrogène en sont les branches; l'éthane, l'éthylène, le propane, les propylènes, butylènes et butadiènes en forment les familles alors que les feuilles sont les intérieurs de portes de réfrigérateurs et les autres articles manufacturés. A l'occasion, une branche se dédouble, toutefois, ou se fond à la voisine pour former un rameau, comme le polypropylène résistant au froid a cueilli à la fois le polyéthylène et le caoutchouc éthylène propylénique pour en tirer les propriétés qui lui manquaient.

Dans cette vaste entreprise de production pétrochimique, l'*Imperial Oil* a investi \$57 millions depuis 1957. Ses douze fabriques, toutes situées à Sarnia, utilisent le pétrole brut de l'Ouest canadien, le chlore des gisements de sel de la région et l'azote de l'air pour fabriquer alkylates détersifs, nonène, tétrapropylène, alkylates lourds, solvants pétroliers, éthylène, propylène, butylène, butadiène, distillats aromatiques et goudrons aromatiques, benzène, toluène, xylène, substance de base du noir de carbone destiné aux pneus, additifs pour huiles de chauffage et huiles lubrifiantes, soufre, chlorure de polyvinyle, résines d'homopolymères, acrylonitrile, mercaptans de types isopropylique, dodécylique tertiaire et butylique tertiaire.

Toutes ensemble, ces substances relèvent le niveau de vie. Selon le Dr S. S. Grimley, directeur de la recherche de la *Canadian Industries Limited*, « on ne saurait maintenir ou relever de façon sensible le niveau de vie dans le monde, dans un avenir relativement proche, si ce n'est par l'utilisation massive des substances pétrochimiques ». A son témoignage, il faudrait au moins cinq ans pour augmenter le nombre des moutons dans le monde au point d'accroître sensiblement la production de laine. Mais avec les substances pétrochimiques, il suffit de multiplier à volonté la production de fibre synthétique, au moment du besoin. Il signale un autre inconvénient de l'agriculture: toutes les meilleures terres ont déjà utilisées de sorte que, pour hausser la production, il faut cultiver des sols médiocres, qui exigent une fertilisation plus coûteuse et bien d'autres frais. Et plus on tente d'augmenter la superficie cultivée, plus pauvres et plus reculés sont les sols qu'on doit mettre à concours. Les frais ne peuvent que monter. En pétrochimie, au contraire, plus on produit, plus le prix de revient unitaire s'abaisse. Et on n'a pas à se soucier des insectes, maladies et intempéries. Les animaux et végétaux ne sont pas appelés à disparaître, conclut le Dr Grimley, mais ce sont les produits pétrochimiques qui vont faire toute la différence.

La différence se manifeste déjà nettement. Les substances pétrochimiques ne consomment encore que trois pour cent de la production canadienne de pétrole et de gaz naturel, mais on s'attendait que les ventes de ces substances pétrochimiques atteignent \$320 millions en 1964.

Depuis cinq ans, les ventes de produits pétrochimiques ont augmenté à un rythme annuel moyen de plus de 10 pour cent et tout indique que l'expansion se continuera au même rythme durant plusieurs années.

Au dire des experts, cette expansion ne marque que le début d'une jeune industrie des plus prometteuses. « Le jour, si jamais il arrive, où nous entrerons de plain-pied dans l'ère nucléaire », écrivait Sir Robert Robinson dans l'avant-propos d'une série d'allocutions sur la pétrochimie au *Manchester College of Science*, « l'industrie chimique des composés du carbone fera certainement un progrès magistral et satisfera plusieurs de nos besoins primordiaux: vêtements, matériaux de construction, nourriture même, en plus des remèdes, cosmétiques, colorants, détergents et cent autres choses. On a déjà beaucoup accompli, mais les ressources de la recherche sont des plus prometteuses. Nous sommes à la veille d'une recrudescence merveilleuse du progrès ».

La structure de la science moderne

A l'époque d'Auguste Comte (1798-1857), il était possible de classer les sciences en six ou sept grandes catégories appelées « disciplines » et allant des mathématiques à la sociologie. Depuis cette époque, au cours du XIXe siècle et au début du XXe, on a assisté à une sorte de démembrement intradisciplinaire, chacune des grandes catégories se subdivisant en domaines de plus en plus spécialisés, mais dont chacun prenait rapidement une importance comparable à celle des disciplines mêmes à l'intérieur desquelles il était apparu. Prenons comme exemple la chimie, qui formait à l'époque de Lavoisier un tout assez homogène: il fallut bientôt pourtant qu'un chimiste optât pour la chimie minérale ou la chimie organique; à l'intérieur de cette dernière, dans la seconde moitié du XIXe siècle, se sont séparées la chimie des composés cycliques et celle des composés aliphatiques, cette dernière elle-même comportant bientôt des corps saturés et celles des corps non saturés. Enfin, à l'heure actuelle, un chimiste peut faire une carrière de recherche de grande valeur en se consacrant entièrement à une seule famille chimique. Le même processus peut être suivi en physique ou en biologie.

Mais de l'excès même de cette spécialisation est né un mouvement inverse ou plutôt complémentaire, celui des synthèses interdisciplinaires; ainsi, entre la physique et la chimie, et sous l'influence de ces deux sciences, est née une discipline nouvelle, la chimie-physique. Ce processus a fait naître une série de nouvelles sciences portant des noms doubles, et même triples, l'astrophysique, la biochimie, la chimie mathématique, la biologie physico-chimique, etc. L'éventail divergent des sujets de recherche scientifique est ainsi parcouru par des liens obliques qui redonnent à l'ensemble son unité.

AUGER, Pierre. *Tendances actuelles de la recherche scientifique*. Publication de l'UNESCO, Paris, 1961, 1-262 pages. Extrait de l'introduction, page 16.

Les auteurs de ce numéro

Rédacteurs, photographes et dessinateurs :

- 49 Les satellites-observatoires géophysiques, par Jean-René Roy, B. Péd., Montréal; photos, pp. 49-51, gracieuseté de la *National Aeronautics and Space Administration*, NASA, Washington, D.C.; dessin, p. 51, de J.-R. Roy et Claude Forest, dessinateur, Joliette.
- 52 Le progrès des sciences et des techniques, Nouvelles sélectionnées dans les bulletins de presse par la rédaction du *Jeune Scientifique*.
- 54 La « bouée-laboratoire » française, d'après un texte du *Bulletin d'Information technique*, Ambassade de France au Canada, modifié par la rédaction; dessin, p. 55, extrait de la même publication, no 4, 1966.
- 57 Qu'est-ce qu'un « googol » en mathématiques, par Jean-René Roy, Montréal.
- 60 Les « Fous de Bassan » de l'île Bonaventure, par Louis-P. Coiteux, technicien de laboratoire, Département de Biologie, Université de Sherbrooke; photos, pp. 60-62, du même auteur.
- 63 La lutte contre les insectes s'enrichit de nouvelles méthodes, d'après un communiqué du ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa.
- 64 L'écologie, une science en progrès, par Gaston Moisan, D.Sc., professeur au Département de Biologie, Université Laval, Québec; dessin, p. 65, fourni par l'auteur; photos, pp. 66, 67, de Raymond Cayouette, Société Zoologique de Québec.
- 68 L'horloge atomique CSF, texte fourni par l'Ambassade de France au Canada, Ottawa.
- 69 Les produits pétrochimiques, quasi un univers, par James Knight, article extrait de *La Revue Imperial Oil*, Montréal, vol. 50, no 1, février 1966; photo, p. 71, de l'Office national du Film, Ottawa.

Tarif des abonnements

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

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

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

Le Jeune Scientifique

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

Le Jeune Scientifique doit obtenir 10,000 abonnements pour maintenir son programme actuel, pour continuer à servir les étudiants intéressés aux sciences. L'an dernier, pour le 4e volume, le nombre d'abonnements atteignait 7,000. Il faudrait donc intensifier les efforts, présenter la revue dans toutes les écoles, assurer sa diffusion dans tous les collèges et dans un plus grand nombre de foyers.

Vous pourrez consulter...

une documentation variée,

un grand nombre d'articles intéressants,

décrivant les aspects des sciences contemporaines,

...si vous lisez régulièrement LE JEUNE SCIENTIFIQUE

si vous êtes l'un de ses fidèles abonnés.

Depuis 1962, LE JEUNE SCIENTIFIQUE a publié

quatre volumes complets et présente, depuis octobre dernier,

un cinquième volume ou une autre série de huit numéros.

Lisez une revue de vulgarisation des sciences

et suivez ainsi le rythme du progrès,

complétez votre information personnelle.