

13 FEV 1967

J-69

5



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 5
NUMÉRO 5
FÉVRIER 1967



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-A. Baudot
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 Bochu
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. 5

février 1967

SOMMAIRE

- 97 Les algues marines
- 104 Dans l'actualité canadienne
- 105 La Physique et la carrière de physicien
- 108 Qu'est-ce que la houle?
- 115 A la découverte de la planète Mars
- 120 Les étudiants du Québec au rendez-vous de la science

Photo-couverture : au Conseil national de recherches, un physicien passe un faisceau « laser » à travers un gaz. « Les physiciens expérimentateurs se spécialisent dans l'utilisation d'instruments conçus pour demander des questions astucieuses à la nature; leurs appareils enregistreront les réponses qui aideront les théoriciens à garder contact avec la réalité. » — Lire l'article décrivant le domaine de la physique et l'activité du physicien, en page 105 de ce numéro. (Photo Ted Grant, grâce de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.)

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.

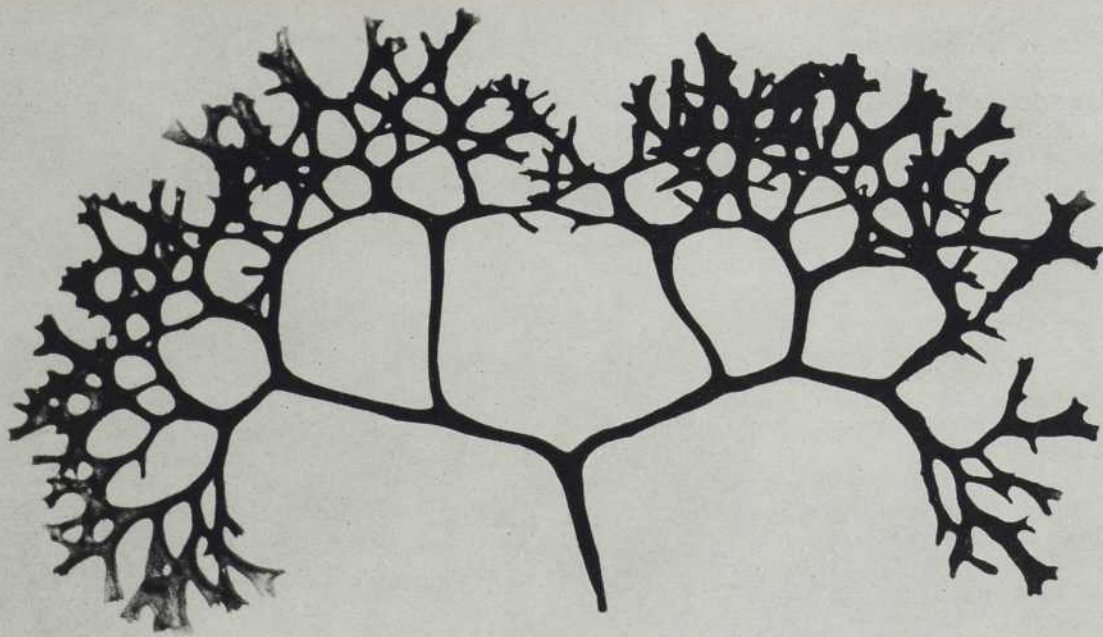
Adresse

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, 1967.
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.



Une algue rouge, *Chondrus crispus* (Irish Moss), récoltée dans les maritimes et dont on extrait une substance à multiples usages, la « carraghénine ».

Les ALGUES marines

par André CARDINAL

La végétation benthique marine couvre parfois presque entièrement le fond de la mer depuis le rivage jusqu'à une profondeur de quelques centaines de pieds. Tous les pêcheurs, les habitués du bord de la mer et même les promeneurs occasionnels ont certainement remarqué la grande abondance de ces plantes. Ils sont parfois frappés par leur brillant coloris, mais lorsqu'elles s'accrochent aux agrès de pêche ou qu'elles entraînent subitement la chute sur la grève du promeneur non averti, on voudrait peut-être qu'elles n'aient jamais existé.

Une parenté à déchiffrer

Toute cette végétation, exception faite de certaines phanérogames telles *Zostera marina* (mousse de mer ou herbe à outardes ou encore herbe à bernaches) et *Ruppia maritima*, est constituée d'algues. Ces algues, comme les champignons — leurs proches parents — sont des végétaux, au même titre que les arbres et les plantes à fleurs; elles en diffèrent cependant par certaines caractéristiques fondamentales. Ainsi, l'on ne reconnaît pas aux algues, pas plus d'ailleurs qu'aux champignons, une organisation comportant racines, tige et feuilles. Certaines algues, plus particulièrement parmi les algues brunes et rouges, n'en présentent pas moins une organisation morphologique fort complexe.

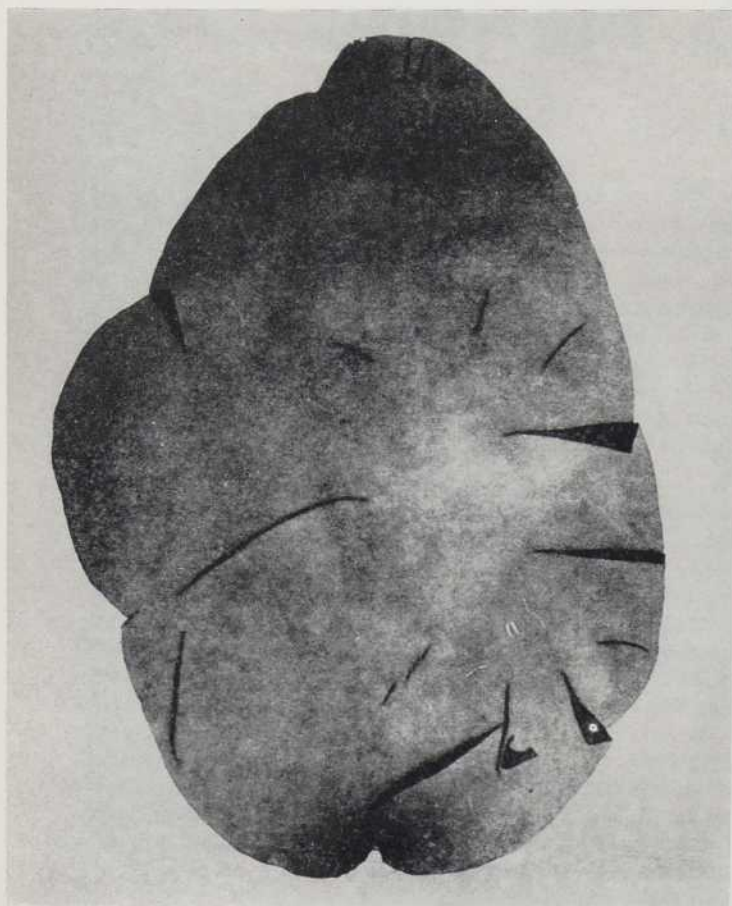
N'ayant pas de racines, l'algue ne peut évidemment pas retirer du sol les sels minéraux nécessaires à sa croissance et à son bon fonctionnement. Par contre les avantages du milieu où elle croît compensent cette lacune; en effet, par toute sa surface, l'algue peut absorber les sels minéraux dissous dans l'eau de mer, source de tous les éléments dont elle a besoin. L'algue qui ne peut vivre sans tous ces apports minéraux, est cependant tout à fait indépendante de la nature chimique du substrat sur lequel elle se développe.

Contrairement à celles des champignons, les cellules des algues possèdent des plastes où l'on retrouve la chlorophylle et divers autres pigments. Comme les plantes supérieures, elles peuvent par la photosynthèse transformer le carbone minéral en matière organique et ainsi acquérir les hydrates de carbone indispensables. Les algues jouent ainsi un rôle de première importance dans l'équilibre de la mer, car les hydrates de carbone sont à la base de la pyramide alimentaire. Il faut cependant souligner que les algues benthiques ne représentent qu'une petite fraction des algues photosynthétiques. Confinées à une étroite ceinture littorale, elles n'ont pas l'importance quantitative du phytoplancton qui, lui, est présent dans les couches supérieures de la mer et ce, sur toute son étendue.

C'est par leurs différents pigments ainsi que par les matières de réserve qu'ils permettent de synthétiser que nous distinguons les différents groupes d'algues. Éliminons d'abord les **Cyanophytes**, dites algues bleues, dont l'appartenance au groupe des algues est fort discutée. Elles sont dites protocaryotes à cause du fait que leur noyau n'a pas de membrane propre et qu'elles n'ont pas de plastes bien individualisés. Si nous nous restreignons aux plantes eucaryotes, dont le noyau bien défini a une membrane qui lui est propre, à plastes individualisés, nous retrouvons trois phylums : les **Rhodophytes**, les **Chromophytes** et les **Chlorophytes**.

Les **Rhodophytes**, en fait, ne sont représentés que par un seul embranchement : les **Rhodophycophytes** ou algues rouges. Leurs pigments dominants sont la chlorophylle *a*, présente d'ailleurs chez toutes les algues, et seule responsable de la photosynthèse; la chlorophylle *d*; des caroténoïdes; des xanthophylles ainsi que des bilichromoprotéides, plus particulièrement la phycoérythrine responsable de leur coloration rouge. Un amidon particulier extraplastidial, l'amidon floridéen, constitue le principal produit de leur métabolisme.

Les **Chromophytes** comprennent divers embranchements d'algues, et d'algues seulement. Nous n'en retiendrons qu'un, les **Phéophycophytes** ou algues brunes. C'est en fait chez les **Phéophycophytes** que nous retrouvons



En haut : une algue brune, *Ectocarpus siliculosus*, dont les filaments très fins sont constitués d'une seule rangée de cellules.

A gauche : une algue rouge, *Porphyra miniata*, très commune au printemps et au début de l'été fixée aux rochers, dont le thalle est entier et composé de seulement deux épaisseurs de cellules.

les grandes algues brunes, varech ou goémon, que l'on remarque si souvent sur nos rivages marins. Ces algues, en plus de la chlorophylle *a*, possèdent également la chlorophylle *c* ainsi que des caroténoïdes et des xanthophylles. Leur coloration brune vient de ce que la chlorophylle est dissimulée par une xanthophylle : la fucoxanthine. Leurs matières de réserve sont des polyholosides : la laminarine et le mannitol.

Enfin les **Chlorophytes** renferment également divers embranchements où l'on retrouve toutes les plantes supérieures et aussi les **Chlorophycophytes**, dites algues vertes. Les chlorophylles *a* et *b* sont ici dominantes et leur franche couleur verte n'est pas masquée par les caroténoïdes également présents. Ces algues vertes, par leurs plastes, accumulent un amidon que seuls les **Chlorophytes** sont à même de synthétiser.

Le tableau de la page suivante nous permet de voir plus rapidement l'ensemble de cette classification des végétaux chlorophylliens. On notera l'absence des champignons et des bactéries puisqu'ils ne possèdent pas de chlorophylle.

En voisinage, simplicité et complexité

On peut rencontrer chez les algues une très grande variété de dimensions et de structures allant du très petit au très grand, d'une très grande simplicité à une très grande complexité.

Dans le phytoplancton, en fait, on ne rencontre que des organismes microscopiques unicellulaires, indépendants ou réunis en colonies plus ou moins importantes. Les formes de ces organismes peuvent déjà être très variées et atteindre une grande perfection architecturale (1). Le phytoplancton est pourtant constitué d'algues aussi nettement caractérisées que les grandes formes du benthos mais ce ne sont pas les mêmes embranchements qui y sont représentés. Certains embranchements du benthos, tels les **Rhodophycophytes** et les **Phéophycophytes** en sont en effet tout à fait exclus. On y retrouve par contre certaines **Chlorophycophytes** et de nombreuses **Chromophytes**.

Parmi les algues benthiques on rencontre cependant d'assez nombreuses formes unicellulaires, parfois isolées, parfois réunies en colonies plus importantes et alors perceptibles à l'oeil. Ainsi en est-il d'une algue verte, *Codiolum gregarium*, qui peut recouvrir entièrement les rochers et leur donner une couleur verte très frappante; cette algue ne mesure toutefois que quelques dizaines de μ . Ce sont cependant les formes de plus



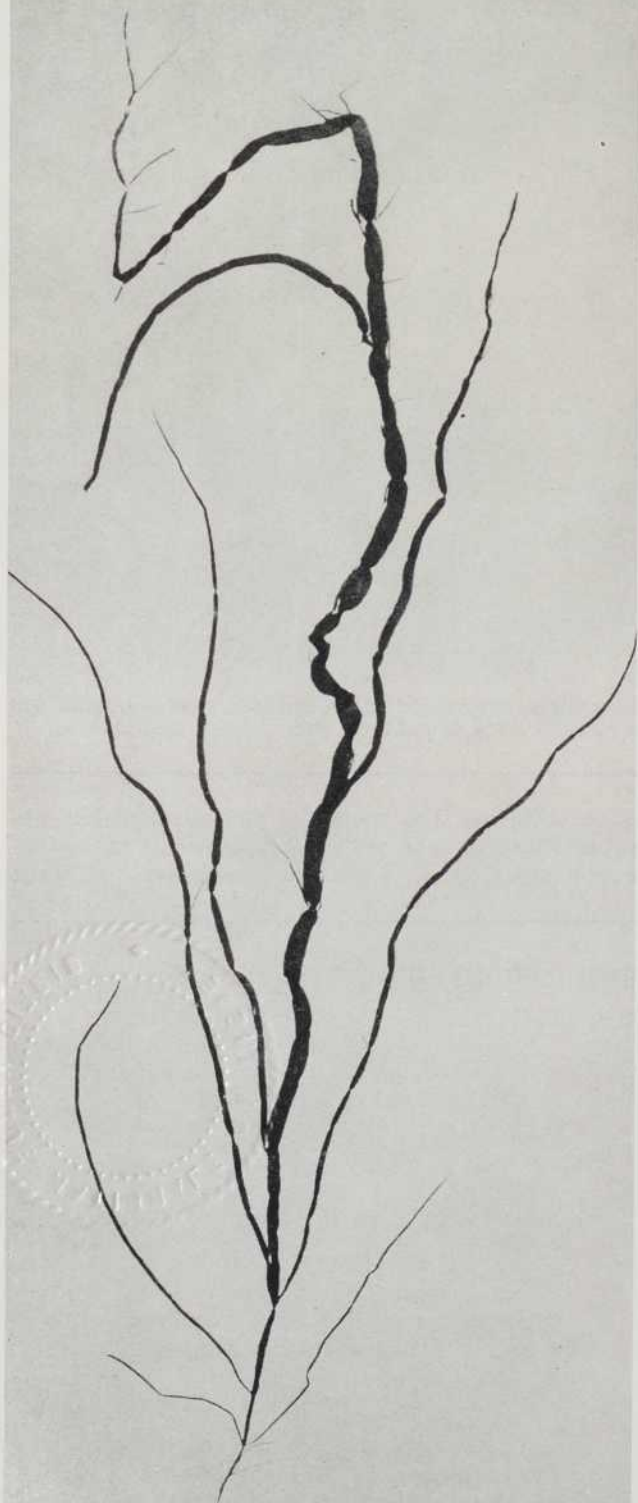
Une algue brune, *Fucus vesiculosus*, très commune sur les rochers dans la zone de balancement des marées.

1. On pourra consulter avec avantage à ce sujet l'intéressant article de J. Brunel intitulé: De la Diatomée à la Morue. I. Le phytoplancton. *Actualités marines*, 3 (3) : 5-10, 1959.

grande taille que l'on remarque généralement sur nos rivages. Ainsi, dans le golfe Saint-Laurent, l'on rencontre une algue brune, *Laminaria longicruris*, qui peut

Classification des principales algues marines benthiques

	PIGMENTS ET RÉSERVES DOMINANTS	PHYLUMS	EMBRANCHEMENTS
Protocaryotes	Chlorophylles <i>a</i> et <i>c</i> Caroténoïdes Xanthophylles Bilichromoprotéïdes	Cyanophytes	Cyanoschizophytes (dites algues bleues)
	Réserves : glycogène		
Eucaryotes	Chlorophylles <i>a</i> et <i>d</i> Caroténoïdes Xanthophylles Bilichromoprotéïdes	Rhodophytes	Rhodophycophytes (algues rouges)
	Réserves : amidon floridéen		
	Chlorophylles <i>a</i> et <i>c</i> Caroténoïdes Xanthophylles	Chromophytes (en partie)	Phéophycophytes (algues brunes)
	Réserves : laminarine et mannitol		
	Chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i> Caroténoïdes Xanthophylles	Chlorophytes (en partie)	Chlorophycophytes (algues vertes)
	Réserves : amidon		



Une algue verte tubuleuse, *Enteromorpha prolifera*, caractéristique des eaux saumâtres et abritées.

atteindre plus de trente pieds de longueur, et dans l'océan Pacifique, une autre **Phéophycophyte**, *Macrocystis pyrifera*, peut, semble-t-il, mesurer jusqu'à deux cents pieds. Toutes les formes et les dimensions intermédiaires se rencontrent entre ces extrêmes, et l'on peut alors facilement imaginer toutes les variations morphologiques possibles chez les algues benthiques.

La reproduction des algues est également fort intéressante. Cependant les caractères de la reproduction étant si différents entre les divers embranchements et même à l'intérieur d'un même embranchement, il vaut mieux ne pas tenter de résumer la situation en quelques mots. Disons simplement que l'on peut rencontrer aussi bien la reproduction sexuée à l'aide de gamètes mobiles ou immobiles, grâce à la présence ou non de flagelles, que la multiplication végétative à l'aide de spores ou par d'autres processus. Les **Rhodophytes** cependant ne présentent en aucun cas de gamètes ou de spores flagellés. Les différents types de reproduction ou de multiplication nous donnent dans certains cas des cycles de reproduction fort complexes. De ces différents modes de reproduction et de ces différents cycles l'on tire des indications très précieuses qui, alliées aux caractères biochimiques déjà mentionnés, sont les bases de la systématique actuellement en usage.

Leur vie est-elle si facile ?

A cause de l'absence de racines — absence déjà notée auparavant — il existe chez les algues benthiques une complète indifférence vis-à-vis de la nature chimique du substrat sur lequel elles se fixent. Par contre la nature physique de ce substrat est des plus importantes. Ainsi, un fond meuble de vase, de sable ou de fin gravier, ne se prête pas du tout à la fixation d'algues, car le mouvement continu des particules qui composent ce substrat ne leur permet pas de s'y fixer et de s'y développer convenablement. Au contraire, les roches plus volumineuses et plus dures sont beaucoup plus propices, surtout lorsque leur surface est rugueuse. En effet, les rochers à surface bien polie par le choc des vagues ne donnent que difficilement prise aux spores ou aux jeunes plantules.

L'influence de ce facteur peut être modifiée par le mouvement de l'eau. Tout peut être remis en question selon que l'on se trouve en milieu abrité — l'intérieur d'un port ou d'un estuaire — ou en milieu très exposé au mouvement de la mer. On comprend aisément que le peu de mouvement de l'eau, souvent réduit à l'action des marées dans un endroit bien protégé, favorise l'implantation d'algues sur de fins cailloux et même sur la vase. Par contre, peu d'algues ont assez de résistance pour se développer sur une pointe rocheuse exposée aux tempêtes. En un tel endroit cependant, l'on retrouvera les espèces qui ont besoin d'un milieu bien oxygéné et dont la présence dans un milieu calme — donc plus faiblement oxygéné — est fort peu fréquente. En principe, tout support pourrait retenir la végétation marine : rochers, cailloux, vase, bois, câbles d'amarrage, coquilles de Mollusques ou carapaces de Crustacés. Même les algues peuvent être recouvertes par d'autres algues.

La Brèche-à-Manon, à proximité de Grande-Rivière, en Gaspésie. Un milieu fortement battu.

Peu d'algues ont assez de résistance pour se développer sur une pointe rocheuse exposée aux tempêtes.

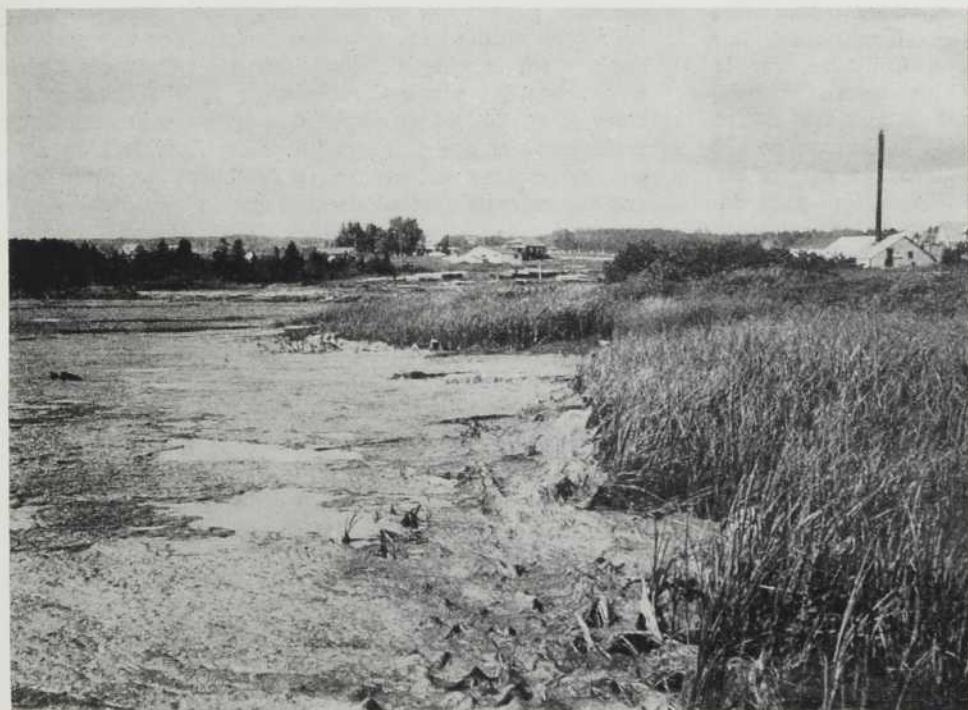


Les marées jouent un rôle prépondérant dans l'étalement des algues. On sait que, suivant un rythme bien régulier, la mer monte et descend deux fois par jour dans nos régions. Ce mouvement occasionne l'exposition à l'air de certaines algues deux fois par jour durant des périodes plus ou moins longues. Comment réagissent-elles?

Ces algues se sont adaptées à ces conditions et n'en souffrent pas. Plus que cela, cette émergence est, pour certaines d'entre elles, un besoin physiologique indispensable. Sur nos côtes, on remarque aux plus hauts niveaux la ceinture de Fucacées (algues brunes), dont une importante fraction est découverte à toutes les marées et peut supporter un certain degré de dessiccation. Les algues rouges sont généralement beaucoup moins tolérantes, mais nous pouvons néanmoins en mentionner deux genres, *Bangia* et *Porphyra*, qui comprennent certaines espèces adaptées à l'émergence.

D'autres algues, vivant à un niveau plus bas, émergent durant des périodes plus courtes; pour elles les effets de l'émergence sont par conséquent beaucoup plus redoutables. C'est à ce niveau peut-être que nous rencontrons la plus grande variété d'algues de tous les embranchements. D'autres, enfin, ne peuvent absolument pas supporter le contact de l'air. C'est le cas, entre autres, de certaines formes très délicates d'algues rouges telles *Antithamnion* ou *Phycodrys*. Elles ne se développent que là où la mer ne découvre généralement pas, et, s'il y a émergence, elles se trouvent abritées par les algues de plus grande taille qui les recouvrent, les protègent de l'ardeur des rayons solaires et leur conservent l'humidité nécessaire. A ces niveaux, dans nos régions, on ne rencontre que très peu d'algues vertes.

Même si l'éclat du soleil peut être fatal à certaines formes, la lumière n'en demeure pas moins un facteur important dans la répartition des algues. Ces dernières



Estuaire de la Petite-Rivière-Pabos près de Grande-Rivière, en Gaspésie. Milieu saumâtre et abrité où l'on voit les algues (Chlorophycées surtout) se fixer à la base des phanérogames halophylles.

en ont un besoin essentiel pour synthétiser, à l'aide de la chlorophylle, les substances nécessaires à leur fonctionnement normal. L'on sait que, dans la mer, la pénétration de la lumière solaire décroît au fur et à mesure que s'accroît la profondeur. Au delà d'un certain seuil, la photosynthèse devient impossible. Ce seuil peut varier considérablement en fonction de la turbidité de l'eau. Certaines mers ont en effet des eaux beaucoup plus transparentes que d'autres. Personnellement, nous n'avons pas encore rencontré dans le golfe Saint-Laurent d'algues fixées à plus de 40 mètres, alors qu'aux Baléares, par exemple, des phycologues en ont prélevé certaines espèces croissant à plus de 175 mètres.

La température est également un autre facteur important. Comme beaucoup d'autres végétaux, certaines algues montrent une tolérance relative vis-à-vis des écarts de température. Cependant, au delà d'un certain seuil, elles ne peuvent survivre. La mer, au Québec, présente des variations de température fort impressionnantes. Aussi trouve-t-on des algues qui ne pourront supporter les rigueurs de l'hiver et des températures de l'ordre de -1.5°C ; ce sont les plus nombreuses. Par contre, d'autres le pourront, telles certains *Fucus* (algue brune), *Ptilota* (algue rouge) ou *Monostroma* (algue verte). D'autres enfin ne font qu'une apparition à l'état macroscopique fort brève, quelques mois de printemps pour certains *Urospora* ou *Monostroma* ou quelques mois d'été pour *Punctaria latifolia*. Si les algues peuvent s'adapter à une basse température, elles peuvent également supporter des températures plus élevées. Le réchauffement considérable constaté en été dans certaines cuvettes supralittorales, dû à un renouvellement peu fréquent de l'eau de mer, n'empêche pas une végétation d'algues parfois très florissante de s'y développer.

La mention de telles cuvettes nous amène à parler de la forte concentration en sel que l'on y rencontre parfois. L'évaporation qui s'y effectue concentre en effet l'eau de mer au point de doubler sa teneur en sel. Des algues pourtant s'y maintiennent. A Collioure, sur la Méditerranée, une algue verte, le *Chaetomorpha aerea*, se rencontre dans des cuvettes où la salinité atteint 64.5 ‰, alors que la salinité normale de la mer en cet endroit est de 38 ‰. Par contre dans ces mêmes cuvettes, après des pluies abondantes, la salinité peut décroître très sensiblement : les algues sont alors soumises à des variations très importantes. D'autre part, dans les estuaires, certaines espèces de **Chlorophycophytes** du genre *Enteromorpha*, se rencontrent depuis le point de contact avec la mer où la salinité est encore assez élevée jusque parfois à l'intérieur de la rivière où la salinité est à peu près nulle à basse mer. A cause de l'importance de tous ces facteurs et de beaucoup d'autres, aussi bien physiques que chimiques, l'étude de l'écologie des algues nous conduit à de nouvelles constatations toutes plus remarquables les unes que les autres.

Une fécondité économique surprenante

Si l'étude de la biologie, de l'écologie et de la physiologie des algues est fort captivante, il n'est pas moins intéressant de s'attacher à connaître leur utilité tant dans

l'économie interne de la mer que dans la vie de l'homme qui leur trouve des applications de plus en plus nombreuses.

Nous avons déjà fait état de leur intervention dans la transformation du carbone minéral en matière organique, phénomène indispensable à l'équilibre biologique. D'autre part, elles sont aussi du plus grand secours à une faune très variée en servant de support ou d'abri contre les prédateurs. Pour mieux illustrer ce dernier cas, il suffit de mentionner les Crevettes, les Crabes, les innombrables larves ou jeunes Poissons qui trouvent dans leur ombre une relative sécurité. La survie de ces animaux en effet dépend souvent de leur aptitude à se bien dissimuler. Encore faut-il qu'ils trouvent un camouflage valable; la forêt des algues est alors toute désignée. On a également constaté que le Hareng pond parfois ses oeufs sur des algues, principalement sur certaines espèces des genres *Laminaria*, *Phyllophora*, *Fucus* ou *Chondrus*. Les oeufs peuvent parfois être si abondants qu'ils recouvrent entièrement le support où ils ont été déposés (2).

Les algues récoltées par l'homme sont utilisées à des fins très variées. Ce produit de la mer peut, par exemple, servir d'engrais dans les champs; on utilise alors plus particulièrement certaines algues brunes. Cette forme d'utilisation est la seule en usage dans le Québec que ce soit à un taux décroissant. Dans différents pays, on utilise encore sur une grande échelle cette vieille méthode d'engraisement et les cultures n'en sont pas moins florissantes. Les algues sont alors ou bien utilisées telles quelles ou bien brûlées et dans ce dernier cas ce sont les cendres qui sont employées. Enfin, l'industrie peut les transformer en engrais liquides. Puisque ces usages comptent encore de adeptes, de nombreux chercheurs s'appliquent à déterminer la valeur réelle des algues. Citons ici M. E. Booth de l'« Institute of Seaweed Research » d'Ecosse : « On a démontré depuis quelques années que certaines substances contenues dans les algues marines favorisent la germination des graines, augmentent le taux d'assimilation des substances nutritives chez les plantes, accroissent leur résistance au froid et les rendent plus aptes à résister aux champignons pathogènes et aux insectes nuisibles. Autrefois on considérait comme extravagant d'attribuer ces propriétés aux algues, mais c'est maintenant un fait bien établi. » (3).

Dans les régions maritimes de quelques pays, l'alimentation de certains animaux repose partiellement sur les algues. Déjà chez les Romains et les Grecs, un siècle avant Jésus-Christ, on utilisait les algues marines, préalablement lavées à l'eau douce, pour en nourrir les troupeaux et les bêtes de somme, en période de disette (4). Durant la seconde guerre mondiale, on a également eu recours à cette source d'alimentation pour le bétail parce

2. Tibbo, S.N. D.J. Scarratt, & P.W.G. McMullon, 1963. An investigation of Herring (*Clupea harengus* L.) spawning using free-diving techniques. J. Fish. Res. Bd. Canada, 20 (4) : 1067-1079.

3. Booth, E., 1965. Seaweed manures. Abstracts of the Fifth International Seaweed Symposium (Dalhousie University, Halifax), pp. 5-6.

4. Newton, L., 1951. Seaweed utilization. Sampson Low, London.

que la main-d'oeuvre manquait pour la culture des fourrages habituels. De nos jours encore — c'est le cas en Islande — certains animaux domestiques sont nourris de cette façon. Il semble que ce soit surtout les moutons et les porcs qui préfèrent cette nourriture. Des scientifiques norvégiens travaillent d'ailleurs toujours à évaluer l'apport des algues en minéraux et en vitamines dans l'alimentation des vaches laitières et des porcs. On en arrive à la conclusion que, dans le cas du porc, des farines d'algues enrichies pourraient avantageusement remplacer dans les rations normales les suppléments habituels de minéraux et de vitamines (5).

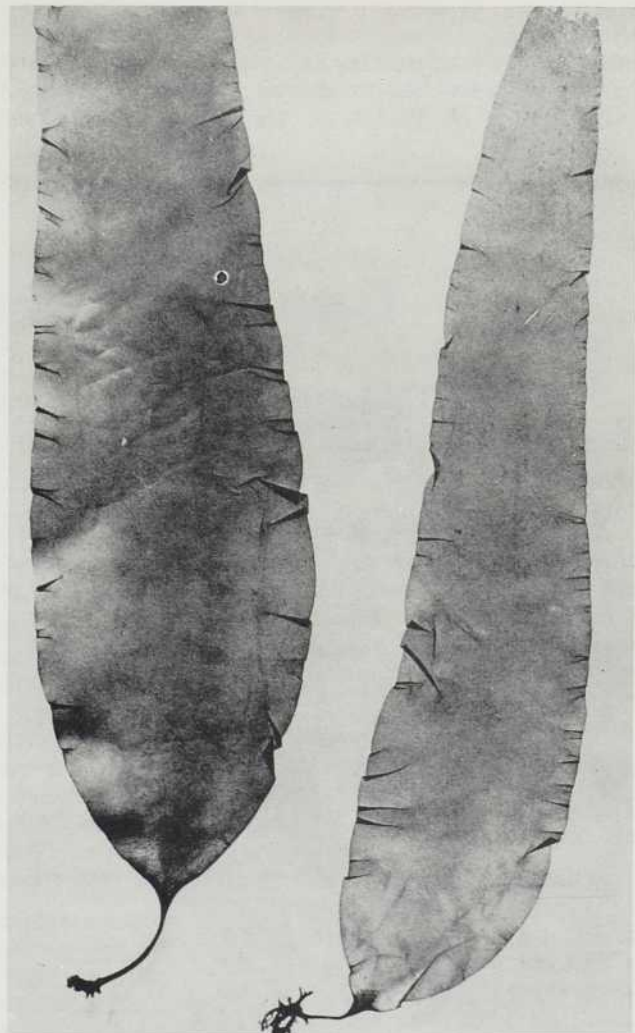
D'autres produits tirés directement des algues font également l'objet d'une demande croissante. Ainsi durant l'année 1961, a-t-on récolté dans les provinces maritimes, chiffre imposant, 40 millions de livres d'une algue rouge *Chondrus crispus*, l'« Irish Moss », dont on extrait une substance à multiples usages : la carraghénine (6). Mentionnons, à titre d'exemple, l'emploi de la carraghénine dans la préparation industrielle du chocolat au lait, pour conserver à cette boisson l'homogénéité recherchée par l'acheteur. On la retrouve dans l'industrie des cosmétiques, dans la fabrication des dentifrices, des cirages à chaussures; elle connaît de multiples autres usages. Cette algue, présente sur nos côtes québécoises, ne l'est cependant pas, semble-t-il, en concentrations assez denses en même temps qu'en populations assez pures pour que la récolte en soit rentable. Ceci est assurément vrai dans la baie des Chaleurs et la baie de Gaspé où un inventaire sérieux a été fait au cours de l'été 1965. Il y aurait toutefois lieu d'analyser les ressources des côtes de l'estuaire du Saint-Laurent et des Iles-de-la-Madeleine, projet qu'on se propose de réaliser au cours des prochaines années.

Les alginates, extraits des algues brunes, et plus particulièrement des *Laminaria*, *Ascophyllum* et *Fucus*, sont également utilisés sur une grande échelle dans diverses industries. Des pays comme la France, l'Angleterre, le Japon et les Etats-Unis ont leur propre industrie et augmentent leur production d'année en année.

Ces alginates, sels solubles dans l'eau, sont produits à partir de l'acide alginique contenu dans la plante. Dotés d'un haut degré de viscosité, peu coagulables à basse comme à haute température, inodores et insipides, les alginates interviennent fréquemment dans la fabrication de beaucoup de produits. Comme émulsion sous forme de crème ou de gelée, on les emploie dans l'industrie de la crème glacée pour obtenir une texture onctueuse et empêcher la formation de cristaux de glace. Les brasseries y ont également recours au cours de la préparation de leurs bières pour en faciliter la filtration et prévenir la formation de dépôt. Leur application industrielle s'étend à des champs aussi diversifiés que la papeterie et les industries textiles et pharmaceutiques.

5. Nebb, H., & Jensen. 1965. Recent feeding experiments with seaweed meals as a source of minerals and vitamins to dairy cows and bacon pigs. *Abstracts of the Fifth International Seaweed Symposium* (Dalhousie University, Halifax) p. 27.

6. Cormier, M.C., 1963. The Irish Moss industry in the Maritimes. *Trade News*, 15 (7) : 3-7.



Jeunes individus de *Laminaria saccharina*, algue brune dont on peut tirer les alginates.

Tous ces usages, et combien d'autres, démontrent, croyons-nous, l'importance croissante des algues marines. Un récent congrès de phycologie tenu à Halifax en août 1965 réunissait environ 200 participants, représentant toutes les disciplines en cause ainsi qu'un nombre imposant d'industriels. A ce congrès une conférence du scientifique écossais, M. F. N. Woodward, Ph.D., avait pour titre : « The seaweed industry of the future » (7). M. Woodward, sans vouloir jouer au prophète, a risqué les pronostics suivants : 1) on trouvera de nouvelles sources de matériel brut (en somme, des algues) à l'aide de techniques d'inventaire plus efficaces; 2) le développement et la mécanisation de la récolte des algues augmenteront conséquemment les quantités de produits chimiques recherchés; 3) on assistera à la découverte et à la mise au point d'autres dérivés chimiques d'algues auxquels s'intéresseront les industries chimiques et phar-

7. Woodward, F.N., 1965. The seaweed industry of the future. *Abstracts of the Fifth International Seaweed Symposium* (Dalhousie University, Halifax), pp. 35-36

maceutiques; 4) on verra se développer la culture industrielle de microalgues, sources de protéines et possiblement de lipides, d'hydrates de carbone et de stérols particuliers. Au terme de cet exposé, nous n'hésitons pas à emprunter à M. Woodward ses propres conclusions :

« Nous sommes assurés à tout le moins d'une chose, c'est que le taux de croissance et l'expansion de l'industrie des algues marines seront beaucoup plus grands durant les cinquante prochaines années que durant la première moitié du siècle. »

Dans l'actualité canadienne

Des films scientifiques à l'Expo 67

A l'occasion de l'Expo 67, l'Exposition universelle et internationale qui aura lieu à Montréal en 1967, le Conseil national de recherches du Canada offrira un programme de films scientifiques remarquables provenant de quelque 70 pays. Intitulé « Connaissance 67 », le programme sera présenté à la salle *DuPont of Canada* pendant toute la durée de l'Exposition, soit du 28 avril au 27 octobre 1967.

« Connaissance 67 » sera l'un des trois programmes scientifiques qui seront présentés à la salle de 372 places construite par la société *DuPont* au coût d'environ 375 000 dollars. Les deux autres programmes offriront une série de 27 conférences données par des hommes de lettres et des scientifiques de réputation mondiale, dont certains lauréats du prix Nobel, et une série de 26 cours de sciences du niveau secondaire, accompagnés de démonstrations.

La Cinémathèque scientifique nationale, organisme patronné par le Conseil national de recherches, se charge de l'organisation du programme de films scientifiques. La Cinémathèque scientifique nationale est une filiale de l'Institut canadien du film.

Le Conseil consacrera 50 000 dollars pour mettre le programme en oeuvre et pour se procurer les films requis un peu partout dans le monde. On présentera des films traitant de la recherche scientifique à l'intention des hommes de sciences, des films d'orientation des étudiants dans le choix de leur carrière et des films destinés au grand public. Le pro-

gramme sera réparti également sur toute la durée de l'Expo 67 à raison de 3 heures par jour.

La société *Noranda Mines Limited* assume les frais des 27 conférences, soit un montant de 100 000 dollars. Cette somme sera employée pour payer les honoraires des conférenciers, pour rembourser leurs dépenses de voyage et de séjour, pour couvrir les frais d'interprétation simultanée et d'impression, de même que les autres menus frais.

Les conférences porteront non seulement sur les sciences pures et appliquées, mais aussi sur les lettres et sur les sciences politiques et sociales. Dans la mesure du possible, elles seront données à un auditoire d'invités, tous les lundis à 5 h., pendant toute la durée de l'exposition.

Les cours scientifiques pour les étudiants du secondaire seront présentés chaque samedi à 1 h. Ces cours, accompagnés de démonstrations, seront destinés aux élèves intéressés à s'orienter vers une carrière scientifique.

Les cours scientifiques sont offerts par le Conseil national de recherches qui déboursa une somme de 25 000 dollars pour payer les honoraires des conférenciers, leurs dépenses de voyage, les frais entraînés par la construction de l'appareillage de démonstration, les dépenses d'impression et autres frais connexes. L'Institut de chimie du Canada se charge de l'organisation des cours au nom du Conseil national de recherches.

L'étude des Grands lacs se poursuit activement

Nouvel institut de recherche hydrologique. Le gouvernement du Canada établira un institut de recherche sur les eaux intérieures à l'ouest du lac Ontario, en bordure nord-est du port de Hamilton. Le nouvel institut s'occupera surtout d'études physiques, chimiques et biologiques des eaux des Grands lacs, plus particulièrement du problème urgent de la pollution. Le gouvernement fédéral louera un emplacement de douze acres, propriété de la Commission du port de Hamilton, à Burlington.

Au début, afin de hâter l'exécution du programme de recherche de la prochaine saison, on établira sur cet emplacement une station temporaire. Il y aura des laboratoires et tout le matériel nécessaire à l'aménagement d'appareils spéciaux à bord de navires. Sur le terrain se trouvent deux édifices auxquels s'ajouteront peut-être des roulottes transformées en laboratoires. Plusieurs raisons ont favorisé le choix de cet emplacement : facilité d'accès par voie aérienne, routière et ferroviaire; proximité du canal Welland et le fait que huit universités de l'Ontario se trouvent situées dans un rayon de 50 milles. L'extrémité ouest du lac Ontario, à forte concentration industrielle et démographique, offre aussi un milieu favorable à l'étude de la pollution des eaux.

Les scientifiques du ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources entreprendront des recherches en limnologie (science des lacs) physique et chimique, en sédimentation et en géochimie, en limnogéologie, en géophysique, en chimie analytique et en systèmes de génie et de données.

En quoi consiste la physique ?

La physique est-elle la recherche des caractéristiques du neutron? Est-ce l'étude des réactions nucléaires, la formulation d'une théorie sur la nature de l'état solide, la prévision du temps suivant les méthodes scientifiques? Est-ce l'exploration de l'espace intergalactique? La physique est tout cela et bien davantage.

C'est une méthode de recherche visant à l'obtention de mesures de précision. C'est une discipline où l'on essaie de formuler ses résultats et ses théories sous forme mathématique. C'est aussi une vocation dont les appelés pénètrent très avant dans les mystères de la nature. Parce que la physique utilise constamment la notion d'énergie, on l'a parfois définie comme la science qui cherche à nous fournir une description logique et cohérente de la matière sous ses diverses formes, dans ses relations avec l'énergie.

Quoique l'origine de la physique remonte à l'antiquité, nous en trouvons les débuts comme science moderne dans les oeuvres de Galilée et de Newton, il y a trois siècles. A cette époque, il était possible pour l'honnête homme étudiant la « philosophie naturelle » d'acquérir toutes les connaissances scientifiques alors existantes. Mais au début du dix-neuvième siècle, la situation changea ra-

La PHYSIQUE et la carrière de physicien

L'Association canadienne des Physiciens

pidement. L'étude des gaz et de certaines réactions, après un essor remarquable sous l'impulsion de Lavoisier et de Dalton, donna naissance à la science de la « chimie », qui se distingua alors du reste de la philosophie naturelle.

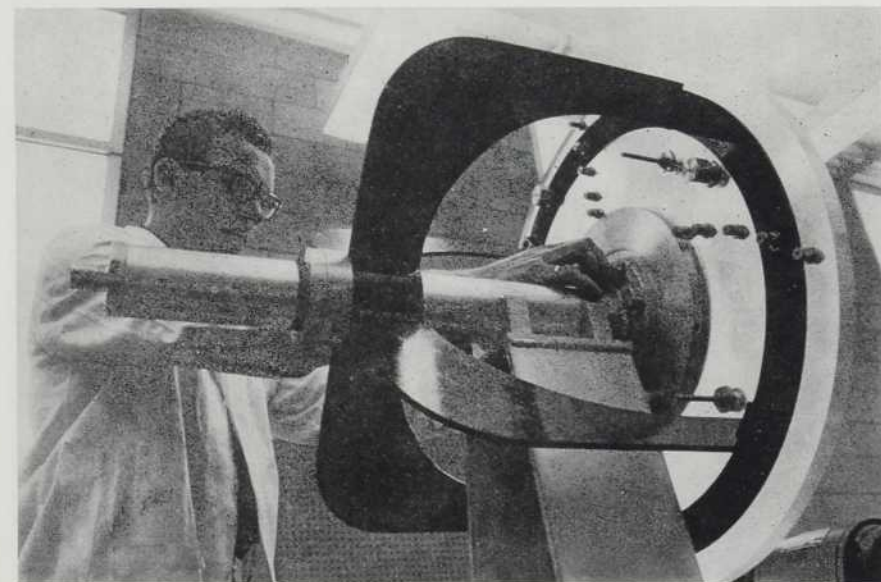
D'autres disciplines suivirent l'exemple de la chimie et cette époque connut une prolifération de sciences. Vers 1870, la philosophie naturelle n'avait plus comme sujets d'étude que la mécanique, la chaleur, l'acoustique, la lumière, l'électricité

et le magnétisme. Fondamentaux, ces sujets envisagés sous le point de vue synthétique propre à la philosophie naturelle, constituèrent la *Physique*.

La physique se développa rapidement à partir de 1870 et a depuis donné naissance à de nouvelles sciences au rythme d'une à peu près tous les dix ans. Plusieurs de ces sciences, filles de la physique, ont gardé des liens étroits avec leur mère et même les sciences comme la chimie, qui se sont séparées très tôt de la philosophie naturelle, ont récemment renoué avec la physique.

L'étude de la physique est en effet essentielle à toutes les sciences et celui qui cherche à se distinguer dans l'une d'entre elles doit d'abord acquérir une bonne formation en physique. C'est particulièrement vrai des divers secteurs du génie, qui constituent des champs d'application de la physique et de la chimie.

Quoique toutes les disciplines soient ainsi redevables à la physique, il est certains domaines qui concernent spécialement les physiciens : ils tou-



A gauche : à l'Université Carleton d'Ottawa, un étudiant gradué en physique assemble un instrument servant au test des disques rotatifs d'une turbine à jet.

chent la mécanique, l'hydrodynamique, la thermodynamique, l'acoustique, l'optique, l'électricité et le magnétisme, l'électronique, les ondes électromagnétiques, la structure moléculaire et atomique, la physique nucléaire, la physique des mésons, les rayons cosmiques, la physique des basses températures, la physique de l'état solide, la physique théorique, la physique médicale, la géophysique, la biophysique, la météorologie, etc. La plupart des physiciens s'approprient le monde comme terrain de chasse et beaucoup deviennent ingénieurs, médecins, chimistes, géologues et quoi d'autre. Il faut aussi remarquer qu'on trouve des chimistes devenus physiciens, des ingénieurs électriciens experts de l'état solide et des mathématiciens devenus théoriciens de la physique.

La vérité, au fond, c'est qu'au vingtième siècle les divisions entre les divers domaines de la science paraissent tellement floues qu'elles ne correspondent plus à la réalité et s'avèrent surtout utiles pour fins de classification. Quelques-unes des contributions à la science les plus importantes des dernières années ont été fournies par des savants qui avaient maîtrisé deux ou plusieurs sciences. Pour le jeune étudiant qui désire devenir homme de science, la signification de ce qui précède est claire : il doit apprendre le plus de sciences possible; elles lui serviront sûrement un jour.

La profession de physicien

Il y a cinquante ans, s'affirmer physicien équivalait à se dire instituteur ou professeur d'université. La deuxième guerre mondiale a changé tout cela! Tout comme l'on appelle « guerre des chimistes » le premier conflit mondial, vu le rôle qu'y jouèrent les armes chimiques et les explosifs nouveaux, ainsi pourrait-on qualifier la deuxième guerre mondiale la « guerre des physiciens », car elle a donné naissance à la fusée de proximité, aux radars avertisseurs et aux engins nucléaires. Il a malheureusement fallu ce conflit pour convaincre les gouvernements et l'industrie que le physicien pouvait apporter des contributions importantes à la technologie. Cette prise de conscience a eu pour résultat la demande croissante de physiciens pour les

laboratoires gouvernementaux et industriels. En effet, dans l'Amérique du Nord de 1940, 60% des physiciens possédant le titre de docteur se trouvaient dans les universités, tandis qu'aujourd'hui le pourcentage est inférieur à 45% et diminue considérablement.

A la fin de 1964, on trouvait environ 30 000 physiciens professionnels en Amérique du Nord, dont 2 000 au Canada, et ce chiffre double à peu près à tous les dix ans. Malgré cette augmentation du nombre des physiciens diplômés, les besoins continuent d'augmenter plus rapidement encore, à mesure que de nouveaux domaines s'ouvrent à la science et à la technologie et que les domaines établis prolifèrent à un rythme sans précédent.

Cette tendance, constatée au Canada, suit celle de l'Europe, de l'URSS et des Etats-Unis, où le besoin de physiciens dans l'industrie augmente du fait que l'économie devient de plus en plus liée à l'industrie. Ainsi, c'est dans les régions industrielles du Québec et de l'Ontario qu'on trouve 80% des physiciens canadiens. Ce chiffre indique clairement que la physique constitue une profession d'importance seulement dans une société technologiquement avancée.

En général, le physicien ne travaille pas à l'extérieur. La plupart travailleront dans des laboratoires près des grands centres peuplés, mais toute règle souffre exception et l'on trouvera des physiciens canadiens dans l'Arctique, sur des vaisseaux dans l'Atlantique et le Pacifique, sans oublier quelques chanceux en montagne près de Banff.

Chez les scientifiques, nous l'avons déjà mentionné, on se rend compte de plus en plus que les cloisons artificielles entre les différentes sciences doivent être enlevées, si l'on veut que s'approfondisse notre connaissance de la nature. Il est également vrai, malheureusement, qu'aucun homme ne peut de nos jours espérer maîtriser toutes les sciences. La plupart des savants arrivent à bien connaître quelques domaines particuliers et assez restreints; ils tâchent toutefois d'acquérir des connaissances générales dans plusieurs branches, ce qui leur permettra d'obtenir des spécialistes dans les autres domaines les données nécessaires à leur propre travail. Même dans la seule physique, les sujets sont trop vastes pour qu'un chercheur puisse les posséder tous, c'est pourquoi on trouve des physiciens nucléaires, des physiciens de l'état solide, des biophysiciens, etc.

Les hommes de science doivent travailler en équipe pour tracer les plans de la recherche, pour échanger des idées et pour utiliser les appareils complexes mis à leur disposition. La photographie montre une réunion de scientifiques de l'espace à la Computing Devices of Canada, à Sittsville, en Ontario.

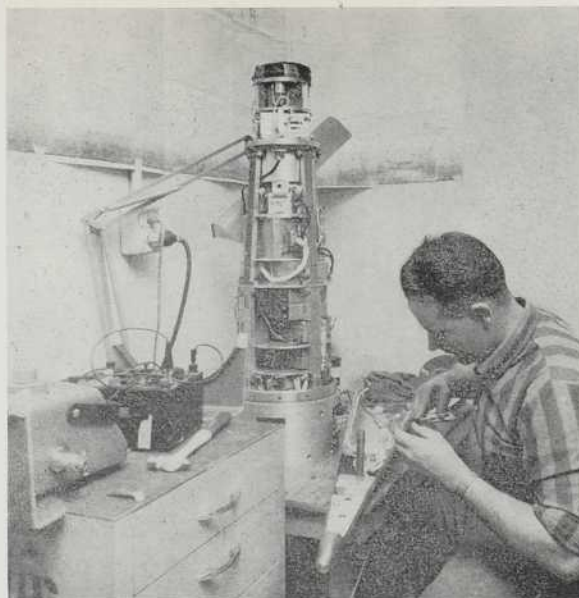


Une des spécialisations importantes en physique est la physique théorique, encore appelée « mathématiques appliquées ». Depuis quelques années, l'évolution des mathématiques est si rapide dans le domaine de la physique, si considérable que plusieurs physiciens ne s'occupent que de ces applications. Ces théoriciens peuvent ne jamais entrer dans un laboratoire : ils font tout leur travail à leur pupitre, sur papier, avec crayons et machines à calculer. Les physiciens expérimentateurs, par contre, se spécialisent dans l'utilisation d'instruments conçus pour demander des questions astucieuses à la nature; leurs appareils enregistreront les réponses qui aideront les théoriciens à garder contact avec la réalité. La division entre physique expérimentale et physique théorique est aussi assez vague : les bons expérimentateurs ont besoin d'une solide connaissance des théories et proposent souvent des théories pour expliquer leurs observations; de même, les bons théoriciens maintiennent des relations étroites avec le laboratoire et comprennent clairement les problèmes de la physique expérimentale.

L'invention des calculateurs électroniques à haute vitesse a rendu possible le développement de techniques extrêmement élaborées pour la collection et l'analyse des données expérimentales. En effet, ces machines travaillent si rapidement qu'il faut inventer de nouvelles techniques expérimentales pour les alimenter convenablement. De nombreux physiciens s'occupent activement de ce nouveau domaine.

Les techniques de la science deviennent de plus en plus complexes, les appareils, de plus en plus diversifiés, sensibles et exigent des déboursés importants. Il faut payer ce prix pour connaître plus intimement les secrets de la nature, mais nous effectuons ainsi une mise de fonds qui nous fera profiter d'une technologie perfectionnée et d'un niveau de vie rehaussé. Tous ces progrès font que les hommes de science, de nature très individualiste, sont obligés de se former en équipes, pour utiliser efficacement les appareils énormes et complexes à leur disposition et justifier des dépenses entraînées. C'est en physique, la plus évoluée des sciences naturelles, qu'on trou-

Le Canada s'intéresse à l'étude de l'espace et les physiciens occupent un rang important dans ce programme. Un physicien vérifie les instruments que contient l'ogive d'une fusée canadienne.



ve les appareils les plus complexes, les plus délicats et les plus coûteux. De même, les physiciens ont été à l'avant-garde du travail scientifique d'équipe mais chimistes, biologistes et autres spécialistes se sont mis à suivre le mouvement.

Par suite de la tendance à la recherche en équipe, le grand laboratoire jouit d'un avantage : seule une grande institution peut grouper des hommes de science spécialisés dans divers domaines, rencontrer les frais de coût et d'opération, qui s'élèvent à des millions de dollars, et se procurer les appareils nécessaires à l'étude des problèmes actuels.

Il est à remarquer que le physicien est d'abord un chercheur d'idées spécialisé dans l'application de la rigueur mathématique à des problèmes physiques. Il devra, au cours de sa vie, s'intéresser à un large éventail de problèmes. L'originalité intellectuelle, c'est-à-dire l'habileté à découvrir les aspects nouveaux et inédits d'un problème et le goût de les explorer, est le talent le plus recherché chez un physicien; l'industrie, les laboratoires gouvernementaux et l'université ont toujours besoin d'un tel esprit.

La formation du physicien

Un jeune homme qui s'intéresse très tôt aux sciences doit nécessairement se contenter au début de descriptions qualitatives des phénomènes, car pour aller plus loin il lui faut l'outil des mathématiques. Mais

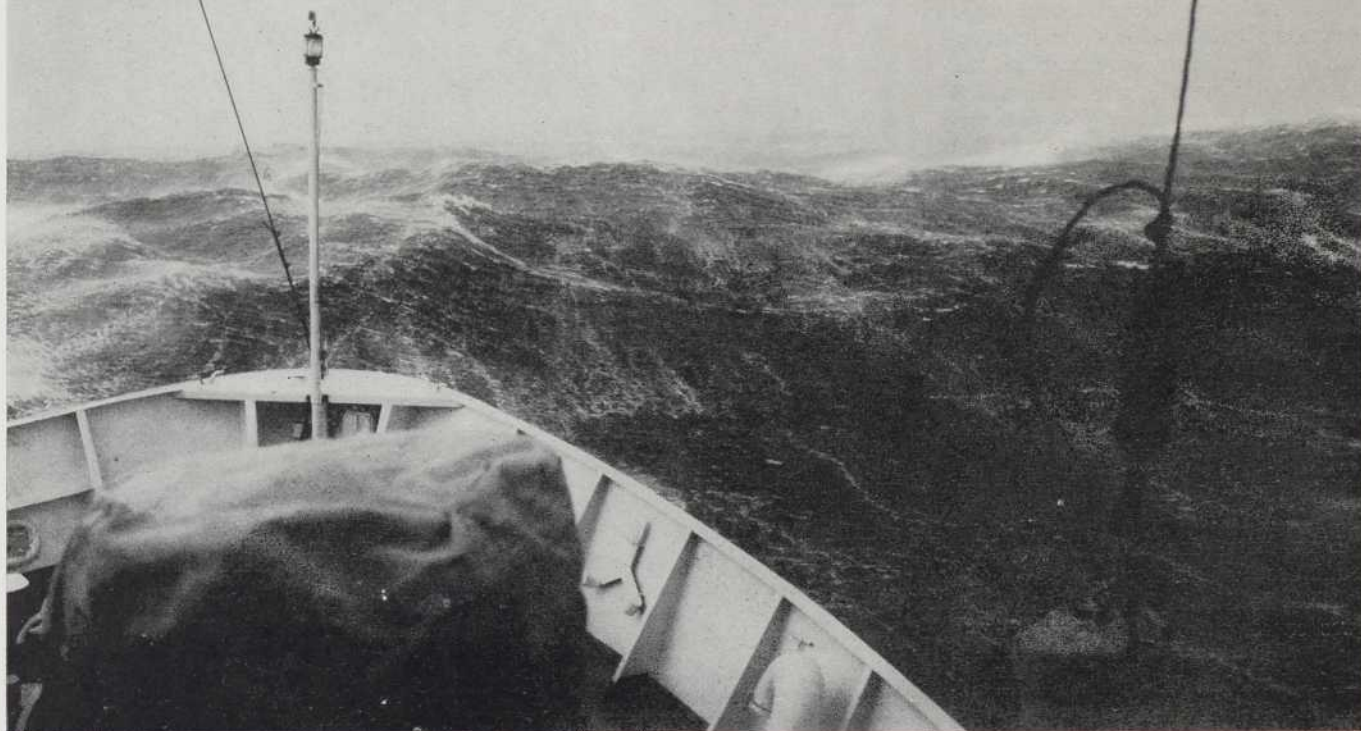
dès que sa formation mathématique atteint le niveau du secondaire, il peut commencer à pratiquer le travail scientifique en plus « d'en parler ». C'est à ce point qu'il commence à percevoir l'intérêt dans l'étude de la physique. Cette étape est ordinairement franchie vers l'âge de quinze ou seize ans et l'amène à s'appliquer aux mathématiques avec une diligence accrue. L'étudiant qui, à cet âge, ne s'adonne pas avec intérêt à cette étude, est peu apte à devenir un homme de science, encore moins à devenir un physicien.

Les études sérieuses commencent donc pendant les dernières années du niveau secondaire ou tout au début du cours universitaire. Toutes les universités canadiennes donnent des cours de physique. On en trouve une grande variété, chacun ayant été conçu dans un but précis. L'étudiant du secondaire qui songe à la carrière de physicien devrait écrire à plusieurs universités et demander leurs annuaires gratuits. Il pourra alors discuter avec ses professeurs et des amis plus avancés des avantages et inconvénients que présentent ces différents cours dans son cas personnel.

Référence

Cet article est un résumé de la brochure *La Physique au Canada*, rédigée par les Professeurs M. W. Johns, L. Kerwin et M. de Celles, publiée par l'Association Canadienne des Physiciens. Les lecteurs intéressés peuvent en obtenir des exemplaires (en langue française ou anglaise), en écrivant à l'Association Canadienne des Physiciens, Département de Physique, Université McMaster, Hamilton, Ontario.

Qu'est-ce que la houle ?



par Paul H. LeBLOND

Lors d'une première visite sur les bords de la mer, qui n'a été frappé par le spectacle de la houle déferlant sans répit sur la plage. D'aucuns se seront peut-être demandé d'où viennent ces longues vagues qui, même lors des journées calmes, se jettent régulièrement sur la côte. Quel cataclysme les a engendrées ? Ont-elles longtemps voyagé ? Pourquoi semblent-elles s'attaquer plus violemment à certains points du rivage qu'à d'autres ?

Ondes de surface

Avant de nous lancer dans des explications détaillées de ces phénomènes, essayons d'abord de saisir les principaux mécanismes qui rendent

Photo 1

Une « mer de tempête » dans l'Atlantique Nord.

possibles l'existence et la propagation de vagues à la surface d'un liquide. Chacun a remarqué que la surface libre d'un liquide au repos dans un contenant quelconque se trouve invariablement dans un plan horizontal, sauf pour des *ménisques* incurvés, tout près des parois. Voir la *Figure 1a*. (« Ménisque », c'est-à-dire la surface libre courbe d'un liquide ou fluide contenu dans un récipient). Il est de la nature d'un fluide (gaz ou liquide) au repos de ne pouvoir opposer de résistance aux forces agissant parallèlement à sa surface. Si de telles forces se présentent, le fluide coulera de façon à ce que sa surface adopte une forme nouvelle telle que ces mêmes forces lui soient partout perpendiculaires. Ainsi, on ne peut maintenir une surface libre penchée dans un verre d'eau, par exemple, parce qu'une composante de la force de la gravité agit alors le long de la surface et entraîne le liquide vers le fond du verre. *Figure 1b*. Le

mouvement ne s'arrête que lorsque la surface de l'eau devient perpendiculaire à la force de la gravité, c'est-à-dire horizontale.

Mais comment expliquer ces ménisques incurvés, le long des parois ? Des forces additionnelles d'attraction (ou de répulsion, selon la nature du liquide et celle de la paroi), agissant à très courtes distances entre les molécules du liquide et celles du contenant, viennent s'ajouter à la force de la gravité. La force nette agissant sur le liquide n'est donc plus verticale, et la surface d'équilibre ne sera plus horizontale, mais perpendiculaire à la résultante des forces de gravité et d'interaction moléculaire. Voir la *Figure 1c*.

Si l'on déplace momentanément la surface libre d'un liquide de son plan d'équilibre, le liquide coulera donc de façon à restaurer l'équilibre. Le retour ne se fait pas instantanément, bien entendu. L'eau dans un verre qu'on a brusquement penché oscille plusieurs fois d'un côté et de l'autre du plan horizontal. Ces oscillations sont analogues à celles d'un pendule, qui peut se balancer longtemps autour de sa position d'équilibre avant de venir finalement s'y arrêter. Comme le plomb du pendule, la surface d'un liquide retourne vers son plan d'équilibre, mais emportée par son mouvement, le dépasse et se retrouve de nouveau en déséquilibre de l'autre côté.

On peut imaginer la surface libre d'un fluide comme étant constituée d'une chaîne de minuscules pendules reliés les uns aux autres. Si on déplace l'un de ces pendules, les autres se mettront bientôt à balancer et le mouvement se propagera le long de la chaîne. De même, un dérangement de la surface d'un liquide ne restera pas localisé en son point de genèse, mais se communiquera de proche en proche aux particules voisines. Un tel dérangement se propageant le long d'une chaîne de pendules ou à la surface d'un liquide (ou dans tout autre système analogue) s'appelle une *onde*. A la surface des liquides ces ondes de surface se nomment plus communément des *vagues*.

En nous reportant à la *Figure 2a*, définissons tout de suite les paramètres que nous utiliserons pour caractériser une onde. On appellera *longueur d'onde*, L , la distance entre deux crêtes successives; *période*, l'intervalle de temps écoulé entre le passage de deux crêtes successives en un point donné; et *hauteur* la distance verticale entre le niveau maximum du liquide (sur la crête) et le niveau minimum (au creux de la vague). Le rapport *hauteur à longueur d'onde*, A/L , est la *cambrure* de la vague. Enfin, la profondeur totale du liquide sera dénotée par la lettre H .

L'onde qui se propage à la surface du liquide est naturellement accompagnée de mouvements du milieu sur lequel elle court. Les mouvements des particules du fluide sont en général plus lents que la vitesse du déplacement de l'onde. Les petites flèches de la *Figure 2b* indiquent la vitesse du liquide en différents points d'une

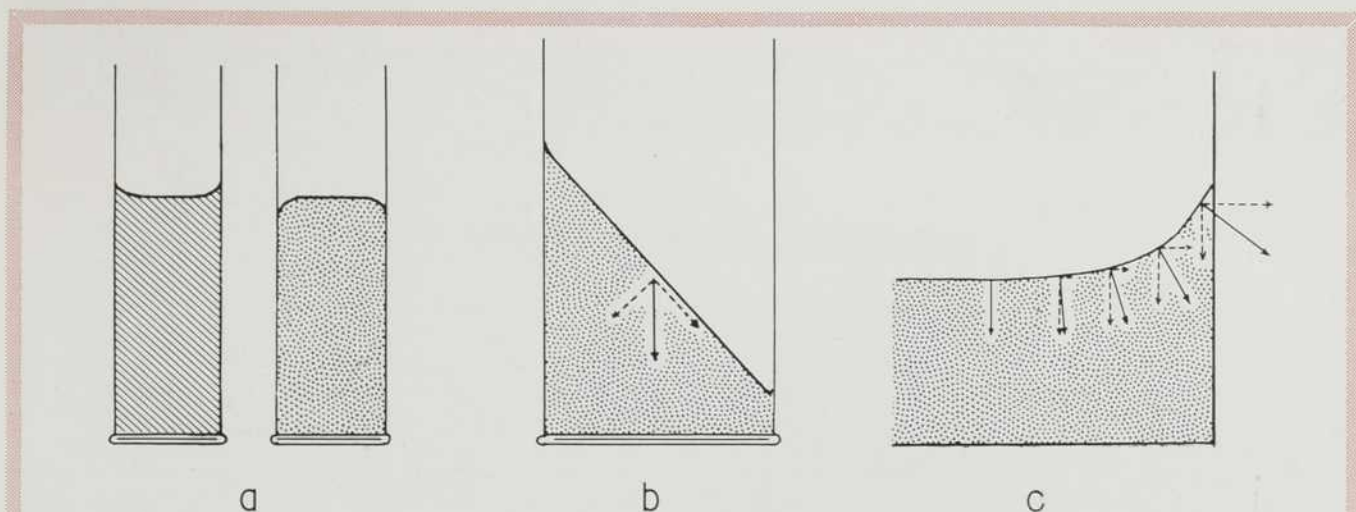


Figure 1

- a) Deux liquides différents au repos dans des cylindres. Celui de gauche mouille la paroi : les forces entre le liquide et la paroi sont attractives et le ménisque est incurvé vers le haut. Celui de droite ne mouille pas la paroi : les forces sont répulsives et le ménisque est incurvé vers le bas.
- b) La force de la gravité (flèche continue) peut être disséquée en deux composantes, l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à la surface du liquide. C'est cette dernière qui amène le liquide à couler vers le fond du verre.
- c) Détail d'un ménisque. La gravité (flèches brisées verticales) est partout la même. La force d'attraction intermoléculaire (flèches brisées horizontales) augmente toutefois à mesure qu'on s'approche de la paroi. La résultante de ces deux forces (flèches continues) change de direction avec l'éloignement de la paroi et la surface d'équilibre suit une courbe qui est partout normale à cette résultante.

onde se déplaçant à une vitesse C . On voit que sur les crêtes le liquide se meut dans la même direction que l'onde, mais que son mouvement dans les creux est en sens inverse. La vitesse maximum des particules de fluide (sur les crêtes et dans les creux) n'est qu'une fraction de la vitesse de propagation, C , fraction qui augmente toutefois avec la cambrure de la vague. Un objet flottant à la surface se trouvera, au passage d'une vague, successivement emporté vers l'avant, puis vers le bas, vers l'arrière, et ensuite vers le haut pour finalement revenir presque exactement à son point de départ. L'onde consiste en un déplacement de la forme de la surface, mais non des particules du fluide, qui, en une période, décriront une ellipse presque fermée. Voir la Figure 2c. Qu'on se rappelle l'analogie de la chaîne de petits pendules : suspendus en des points fixes, ils reviennent tous à leur position d'équilibre après le passage d'un train d'ondes.

La genèse des vagues

Il existe bien des façons de susciter des vagues sur une nappe d'eau. Tout phénomène qui en dérange la surface produira une série d'ondes qui s'étendront en cercles concentriques autour de leur point de genèse. Il suffit de lancer une pierre à l'eau pour s'en convaincre. Le vent est sans contredit le principal producteur des va-

gues qu'on observe sur la surface de la mer. Bien que l'on ne doute point de l'efficacité et de l'universalité de l'action du vent en ce domaine, les mécanismes par lesquels le vent communique son énergie aux vagues restent encore obscurs sur certains points et font encore l'objet de recherches actives. Les tremblements de terre et les éruptions volcaniques sous-marines peuvent susciter des ondes très longues, à peine perceptibles en haute mer, mais qui se gonflent en entrant en eau peu profonde et ravagent les côtes qu'elles frappent. Ce sont les raz de marée, appelés aussi « tsunamis » en japonais. L'océan Pacifique, entouré de régions volcaniques, est souvent balayé de « tsunamis » et un système d'avertissement y a déjà été établi en vue de protéger les populations côtières de leurs méfaits. Les Japonais, qui ont souvent eu à subir l'assaut de ces vagues dévastatrices, ont fait beaucoup de recherches en ce domaine. L'étude des « tsunamis » forme une branche fascinante de l'Océanographie. Mais ce sujet dépasserait les cadres de notre article qui doit se limiter à l'étude de la houle.

Qu'est-ce que la houle ?

Qu'est-ce donc que la « houle » ? Lorsqu'un vent violent souffle sur la mer, il soulève des vagues de toutes les longueurs et de toutes formes. Ces vagues courent dans la direction gé-

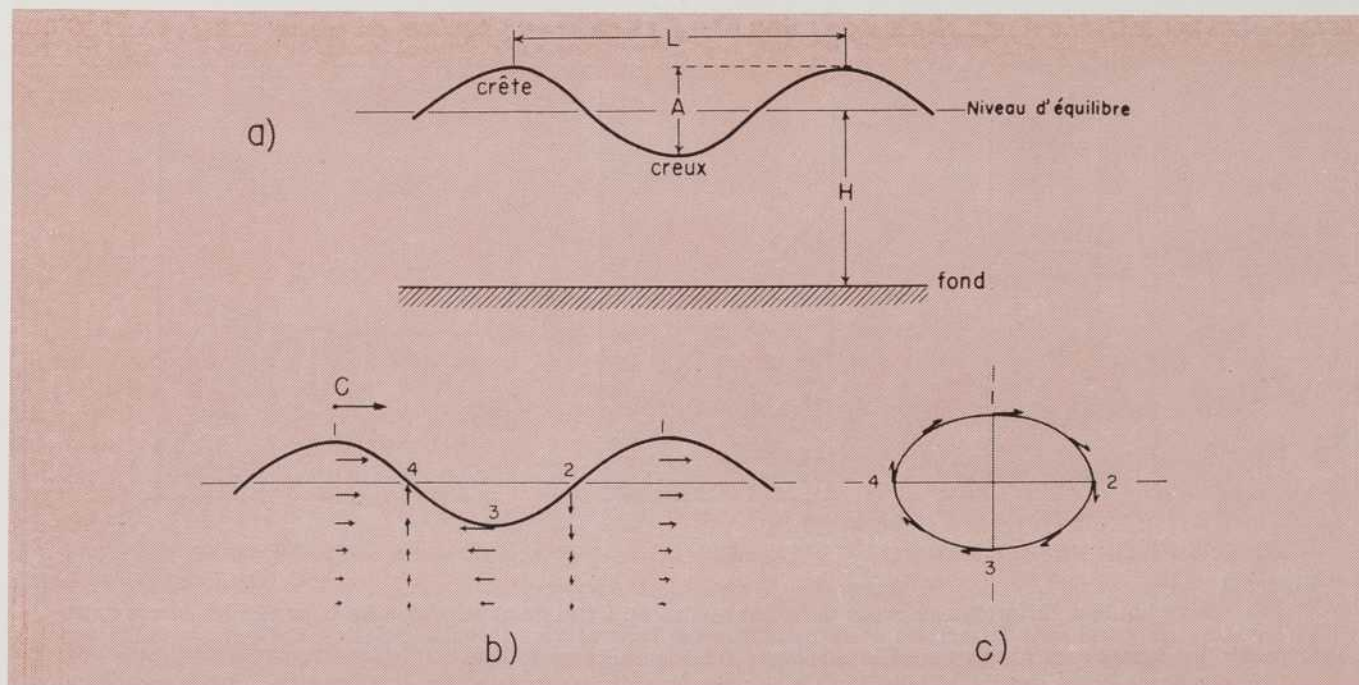


Figure 2

- Définition des paramètres caractéristiques d'une onde.
- Champ de vitesses des particules de liquide dans une onde de surface se propageant vers la droite à une vitesse C . Les flèches indiquent l'intensité et la direction de la vitesse du liquide.
- Trajectoire parcourue au passage de l'onde par un objet flottant à la surface. Les numéros indiquent les positions atteintes aux points correspondants en b).

Photo 2

Une vue aérienne d'une section de la côte ouest de l'île de Vancouver, C.-B. On discerne dans la partie supérieure, à gauche, une houle de près de 250 mètres de longueur, déjà partiellement réfractée, et courant vers le rivage à peu près selon la diagonale de la photographie. La lumière du soleil est réfléchiée vers la caméra par la face postérieure plus facilement que par la face antérieure des ondes, qui apparaissent comme une série de bandes alternativement claires et foncées.

Dans la baie, au centre, on perd de vue la houle simplement pour des raisons d'optique : lorsque la caméra et le soleil sont du même côté de l'onde, le contraste lumineux entre les deux faces de celle-ci diminue considérablement. On retrouve toutefois la houle longue sur le point de briser, au fond de la baie, à droite. Les taches blanches près des rivages sont des zones de ressac, où les vagues déferlent. On observe aussi d'autres ondes plus courtes (d'une vingtaine de mètres), dues probablement à des vents locaux, surimposées à la houle océanique longue.



nérale du vent. Comme le vent n'a pas partout la même orientation, on observe des groupes de vagues qui se croisent et s'entrechoquent, s'annulant ici, là se renforçant mutuellement jusqu'à se briser en crêtes écumantes. La surface de la mer dans une zone de tempête présente un aspect d'une violence désordonnée. Voir *Photo 1*. Pourtant un observateur navigant en régions calmes, ou debout sur la côte, à trois ou quatre cents kilomètres de la tempête, ne verra arriver vers lui que des trains d'ondes longues et régulières, aux crêtes s'étendant parfois à perte de vue et se propageant toutes dans la même direction. *Photo 2*. Ces ondes longues et sages, échappées du centre orageux, sont appelées « houles » et, par leur régularité, la longueur de leurs crêtes et l'uniformité de leur direction de propagation, elles se distinguent nettement de la « mer de tempête » observée au cœur de l'ouragan.

Que s'est-il donc passé entre la région de genèse et le point d'observation éloigné pour

qu'une telle transformation se produise ? Retournons dans la zone orageuse. Les vagues d'abord soulevées par le vent sont plutôt courtes. A force d'être soumises à la poussée du vent, elles grandissent et leur hauteur augmente. Elles atteignent bientôt une cambrure maximum, mais le vent les pousse toujours et finit par les décapiter : les vagues déferlent. Etant donné que deux crêtes successives se brisent rarement en même temps, ce déferlement produit un allongement des vagues. Ces vagues rallongées croissent à leur tour, déferlent, s'allongent, croissent de nouveau, et ainsi de suite aussi longtemps que souffle le vent. Ce mécanisme de déferlements facilite une présentation simplifiée de ce phénomène d'allongement progressif des vagues poussées par le vent. Il ne représente toutefois que le paroxysme d'un processus d'interactions entre vagues de différentes longueurs qui, à un degré moins violent, produira quand même, quoique plus lentement, le même allongement progressif.

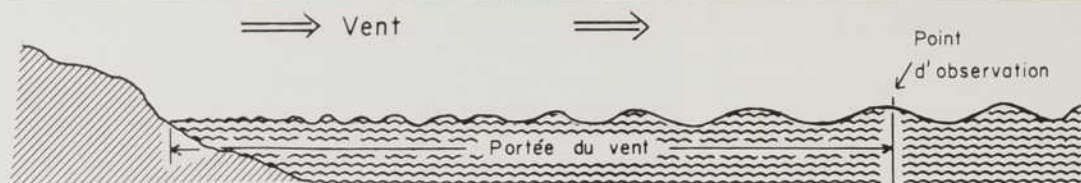


Figure 3

La « portée du vent » la longueur de l'étendue d'eau sur laquelle le vent a soufflé avant d'arriver au point d'observation.

Appelons « portée du vent » (en anglais, *Fetch*) la distance sur laquelle le vent a soufflé sur la nappe d'eau en amont du point d'observation. Si le vent souffle de la côte, par exemple, sa portée sera la distance entre le point d'observation, au large, et la côte en question. Voir Figure 3. Pour une zone orageuse en pleine mer, on peut définir la portée du vent comme la distance entre le centre de cette zone et le point d'observation. L'allongement progressif de vagues poussées par le vent fera que la longueur et la hauteur des vagues observées en un certain point dépendront de la portée du vent en ce point. Plus la portée augmente, plus les vagues sont longues et hautes. Mais les vagues qui s'échappent de la zone orageuse sont précisément celles qui ont été poussées le plus longtemps. Elles seront donc, en moyenne, les plus longues et les plus hautes. Ceci ne veut pas dire, bien entendu, que les vagues observées à la périphérie de la tempête seront toutes aussi hautes et aussi longues. Celles qui ont été suscitées par le vent tout au coeur de la tempête l'emporteront évidemment en hauteur et en longueur sur celles soulevées en quelque point intermédiaire. Comme nous le verrons plus bas, ce sont les vagues les plus longues qui se propagent le plus rapidement en eau profonde. Au sortir de la tempête, ces ondes plus longues se dégageront donc progressivement de leurs compagnes plus courtes et plus petites, de sorte qu'au bout d'un certain temps les vagues longues auront de beaucoup distancé les plus courtes. Ces dernières arrivent plus tard au point d'observation, et leur hauteur au départ étant moindre, il devient fort difficile de différencier les vagues plus courtes produites par la tempête lointaine de celles produites sur place par de légères brises. En pratique, on n'observera donc visuellement en un point très éloigné du foyer des vents que les vagues les plus longues. C'est la « houle ».

La houle franchit les océans

Voilà donc la houle courant librement en pleine mer, s'éloignant de la tempête qui lui a donné naissance. Jusqu'où ira-t-elle ? Ne s'amortira-t-elle pas graduellement, de la même façon qu'un pendule finit, après bien des oscillations, par se retrouver suspendu inerte au bout de

son fil ? Bien sûr, mais cet amortissement est ici si lent que la houle parvient à franchir un océan entier sans perdre son identité. On a réussi à détecter à Hawaii et même en Alaska, la houle engendrée dans l'océan Antarctique, soit une distance de 15 000 kilomètres (9 000 milles), du continent Antarctique jusqu'en Alaska, en passant par Hawaii. C'est donc dire que la houle qui se brise sur une côte océanique peut avoir parcouru une bonne partie du tour du globe.

A quelle vitesse la houle franchit-elle ainsi les mers ? L'hydrodynamique nous apprend que la vitesse V (vitesse de groupe) avec laquelle une vague de longueur d'onde L propage son énergie en eau très profonde (H beaucoup plus grand que L) est donnée par :

$$V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$$

où g est l'accélération due à la gravité (9.81 mètres par seconde) et π (*pi*, lettre grecque) est égal à 3.141592... comme d'habitude. Pour une houle de 200 mètres de long, on trouve une vitesse de 8.8 mètres par seconde ou, en unités d'expérience plus quotidienne, 31.6 kilomètres/heure (20 milles/heure). A cette vitesse, le trajet Antarctique-Alaska serait parcouru en près de 20 jours. Il y a évidemment des houles plus longues que 200 mètres et qui se propagent par conséquent plus vite. On a signalé des houles de 600 et même 800 mètres de longueur, mais il semble que ces cas soient exceptionnels. On remarquera que la vitesse calculée ci-haut pour une houle de 200 mètres est comparable à la vitesse de croisière de la plupart des cargos qui sillonnent les mers.

La houle en eau peu profonde

Ce n'est toutefois que lorsqu'elle entre enfin en eau peu profonde que la houle se manifeste de façon vraiment spectaculaire, qu'elle se brise en rouleaux écumeux sur les plages ou éclate en geysers sur les falaises. Pourquoi cette fin si violente après un voyage si long et si paisible ?

La vitesse de la houle en haute mer, nous l'avons vu plus haut, ne dépend pas de la profondeur du liquide sur lequel elle court. Ceci est dû à ce que le rapport de la longueur de

l'onde à la profondeur de la mer (L/H) y est si petit. Quand la houle arrive en eau moins profonde, sa vitesse s'en trouve progressivement modifiée à mesure que le rapport L/H augmente. Les vagues — qu'on me pardonne la comparaison — prennent conscience du fond et ralentissent. En eau très peu profonde, elles finissent par se propager à la vitesse :

$$V = \sqrt{gH}$$

La vitesse de la houle près du rivage dépend donc intimement de la profondeur du fond. Les phénomènes qu'on y observe, en particulier le déferlement et la réfraction, sont directement attribuables à cette dépendance.

Le déferlement

On dit qu'une vague « déferle » lorsque sa crête, mue par un mouvement plus rapide que celui de l'onde elle-même, la devance et s'abat en une avalanche écumante sur sa face antérieure. D'où peut venir cet excédent de vitesse acquis par le sommet de la vague? La houle qui s'avance en eau moins profonde ralentit, mais sa période reste constante. C'est-à-dire qu'en dépit de la diminution de vitesse de l'onde, on observe toujours le même intervalle de temps entre deux crêtes successives. La longueur d'onde doit donc diminuer elle aussi. En raccourcissant, la houle s'enfle, un peu comme la déformation médiane d'une feuille de papier qu'on plie vers le centre. La cambrure (A/L) de la vague s'en trouve rapidement augmentée et, avec elle, la vitesse maximum des particules de liquide dans les creux et sur les crêtes. La cambrure atteint bientôt une valeur telle que le liquide au sommet de la vague se déplace à la même vitesse que l'onde elle-même. Il est clair que toute augmentation de cambrure au delà de cette valeur maximum poussera l'eau sur la crête à devancer l'onde et à retomber sur sa face antérieure : la vague déferle.

Selon la forme du fond et la cambrure originale des vagues, elles déferleront de façon plus ou moins rapide et violente. On distingue trois principaux types de déferlement, illustrés de façon schématique à la Figure 4. Le déferlement à *déversement* se produit sur les fonds en pente très douce; les crêtes ne sont qu'érodées par le déferlement et ne perdent pas leur identité propre. Le déferlement *plongeant*, ou à *rouleaux*, est observé sur des pentes plus fortes ou pour des vagues de cambrure initiale plus accentuée; la crête s'arrondit en volute à son sommet et plonge au fond de la vague, laissant momentanément un cylindre ou rouleau d'air libre. Sur les plages les plus abruptes, enfin, on rencontre souvent un déferlement à *gonflement* : la vague se gonfle soudainement et déferle en bloc.

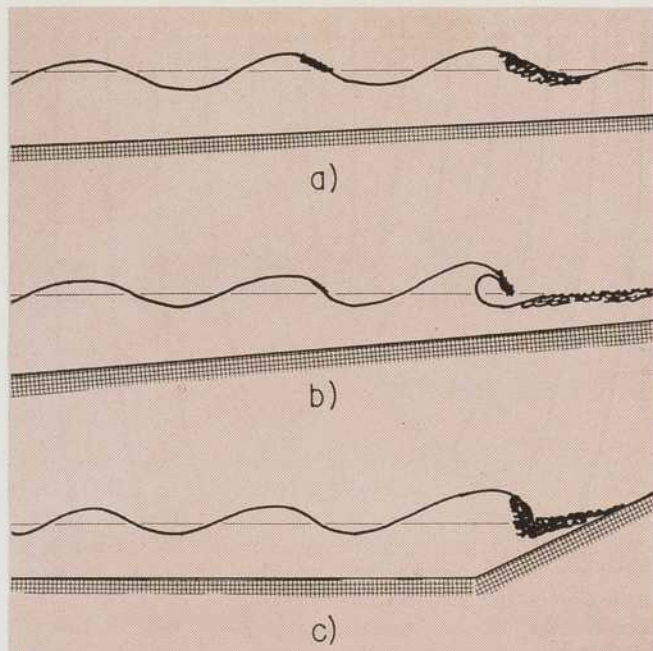


Figure 4
Trois types de déferlement : a) déferlement à déversement; b) déferlement plongeant ou à rouleaux; c) déferlement à gonflement.

Sur les rivages à pente raide, où la profondeur ne change qu'à deux pas de la côte et très abruptement, la houle ne déferlera qu'à la dernière seconde, s'abattant en éclaboussements spectaculaires au pied des falaises. Enfin, dans le cas limite où la côte prend la forme d'un mur vertical jusqu'au pied duquel l'eau reste profonde, la houle ne déferlera plus mais sera tout simplement réfléchi, comme par un miroir.

Réfraction de la houle

L'influence du fond se fait pourtant sentir sur les vagues bien avant qu'elles ne déferlent. Nous avons vu comment une diminution de la profondeur les portait à se gonfler. Si les crêtes de la houle ne se présentent pas de façon parallèle aux courbes de même profondeur (isobathes), des changements de direction peuvent aussi se produire; on dit que la houle est « réfractée ». Il s'agit là d'un phénomène tout à fait analogue à la réfraction optique.

Imaginons une houle, aux crêtes longues et continues, s'approchant d'une côte irrégulière (Figure 5). Les lignes d'égale profondeur (en tirets sur la Figure 5) adoptant à peu près la même forme que la côte, la houle se trouvera plus rapidement en eau moins profonde devant une pointe que devant une baie. Comme la vitesse de la houle est moindre sur des fonds plus hauts (H plus petit), le segment de crête entrant le premier en eau peu profonde se trouvera retardé par rapport aux segments voisins. Une crête originellement droite s'en trouvera courbée, et cette courbure augmentera à mesure que

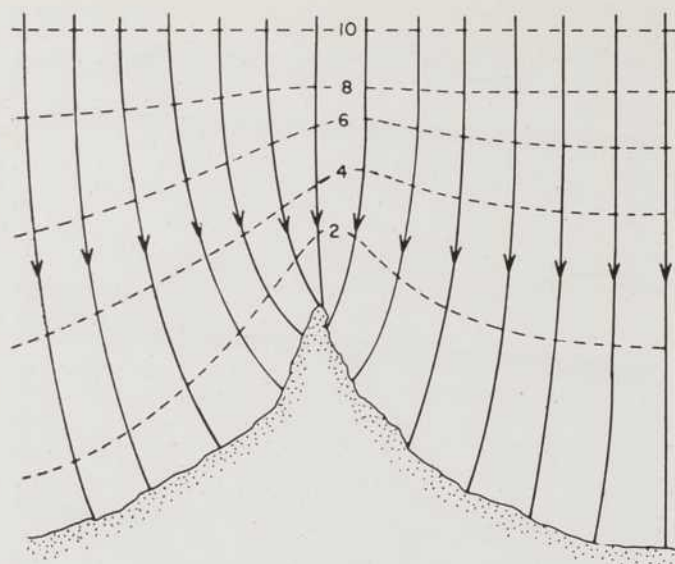


Figure 5

Convergence de la houle sur une pointe. Les lignes brisées sont des courbes de même profondeur, indiquées en mètres. Les rayons (courbes continues) sont partout perpendiculaires aux crêtes et creux de la houle. On voit qu'ils convergent fortement sur la pointe, qui sera plus violemment battue par les vagues. De part et d'autre de la pointe, les rayons divergent et ces régions seront plus calmes.

la houle s'approchera du rivage, la vague tendant graduellement à s'aligner parallèlement aux isobathes.

On comprendra peut-être mieux ce qui se passe, si, au lieu de s'attacher aux crêtes de la houle, on considère plutôt des rayons, analogues aux rayons optiques. Ces rayons sont partout perpendiculaires aux crêtes et indiquent la direction de propagation de la houle. L'exemple

illustré montre que la houle est réfractée VERS une pointe : les rayons y convergent. Une pointe se comporte envers la houle comme une lentille convergente : la vague y est concentrée. Une baie, au contraire, est une lentille divergente : la houle y devient plus diffuse.

Si on a choisi de tracer des rayons qui sont en eau profonde équidistants, on aura, jusqu'au déferlement, la même quantité d'énergie ondulatoire entre chaque paire de rayons. La convergence des rayons amène donc aussi une convergence d'énergie. Que la distance entre deux rayons devienne dix fois plus petite, l'énergie par unité de longueur de crête entre ces mêmes rayons s'en trouvera décuplée et la vague fortement amplifiée. Ainsi s'expliquent d'une part la furie avec laquelle la houle assaille les pointes avancées et autres parties de la côte en face desquelles le fond joue le rôle d'une lentille convergente, et, d'autre part, le calme relatif dont jouissent les anses et les baies évasées, dans lesquelles la houle diverge et s'affaiblit en étirant ses crêtes.

Ces quelques paragraphes sur la houle n'enlèveront rien, j'en suis assuré, au fascinement avec lequel les plus poètes d'entre nous contemplant le spectacle des vagues s'attaquant inlassablement au rivage. Ces quelques propos susciteront peut-être, chez les esprits plus scientifiques, un intérêt plus rigoureux envers ce phénomène de la houle.

Quelques références

- BASCOM, W. 1964. *Waves and Beaches*, Anchor Books, Garden City, N.Y.; 268 pages.
- DEFANT, A. 1961. *Physical Oceanography*, Vol. II, Pergamon Press, New York; 598 pages.
- LACOMBE, H. 1965. *Cours d'Océanographie physique*, éd. Gauthier-Villars, Paris; 392 pages.

A corriger :

dans l'article « *Qu'est-ce qu'un googol en mathématiques ?* »

Nous prions nos lecteurs de bien vouloir corriger une phrase dans l'article sur le GOOGOL paru dans le numéro de décembre 1966, pp. 57-59 :

A la page 58, dernier paragraphe, 7e ligne :

au lieu de : « Un googolplex est de beaucoup plus gigantesque qu'un googol à la puissance un googol »,

il faut lire : « Un googolplex est de beaucoup plus gigantesque qu'un googol au carré ».

En effet, un googol au carré, G^2 , est égal à 10^{200} , c'est-à-dire 1 suivi de 200 zéros; tandis qu'un googolplex, 10^G , est égal à 1 suivi d'un googol de zéros.

Jean-René ROY.

Un nouveau volume sur les Oiseaux du Canada

Le Musée national du Canada, Ottawa (Bulletin no 203), vient de publier un magnifique ouvrage, « *The Birds of Canada* », qui fera sans doute la joie de tous les naturalistes du pays. M. W. Earl Godfrey, conservateur des Oiseaux au Musée national, en est l'auteur et M. John A. Crosby en a dessiné les 69 planches en couleurs.

Après avoir communiqué avec l'auteur, nous sommes heureux de mentionner qu'une version française de ce magnifique ouvrage est actuellement en préparation et qu'elle devrait même paraître en mars prochain. Nous présenterons une description détaillée de ce volume dès que son édition française sera disponible. Notons toutefois que l'édition anglaise est en vente depuis décembre dernier, chez l'Imprimeur de la Reine, Ottawa, ou dans l'une des librairies du gouvernement canadien, au prix de \$12.50 l'unité.

La Rédaction.

A la conquête de la planète Mars

par Jean-René ROY

1ère partie: le dossier de Mars

L'exploit de Mariner IV, caméra volante, qui dans la nuit du 14-15 juillet 1965, frôlait Mars à 6 118 milles de distance après un périple de 325 millions de milles d'une durée de 228 jours, demeure l'un des plus spectaculaires de l'année 1965. Ce prodigieux laboratoire de 575 livres, muni de 138 000 pièces, devait fonctionner parfaitement durant 6 500 heures dans les conditions rigoureuses de l'espace. Il avait pour tâche de mener à bonne fin huit expériences scientifiques devant sonder l'espace interplanétaire nous séparant de l'orbite de Mars : étude des champs magnétiques, des rayons cosmiques, du plasma solaire, coup d'oeil furtif à la surface de Mars à l'aide d'une caméra de télévision et étude de l'atmosphère martienne grâce à un ingénieux procédé d'occultation.

Le visage de Mars

Mars demeure la planète la plus étudiée par l'astronomie planétaire.

Cet intérêt provient du fait que la planète nous offre directement sa surface sans la dissimuler sous l'opacité d'une épaisse couche de nuages. Située à une distance moyenne de 141.6 millions de milles du Soleil, elle boucle un périple complet tous les 687 jours. La « planète rouge » s'approche, à intervalles allant de 15 à 17 ans, à 35 millions de milles de la Terre. D'un diamètre de 4 200 milles (celui de la Terre est de 7 900 milles), sa masse n'est que 0.11 de celle de la Terre. D'après les données de Mariner IV, le rapport des masses du Soleil et de Mars serait de l'ordre

de $3\,098\,600 \pm 3\,000$ à un; sa densité moyenne par rapport à l'eau est de 4.12 comparativement à 5.5 pour notre planète qui est d'ailleurs la plus dense du système solaire.

Le jour martien est de 24 h 37 min. 22.6 secondes; l'inclinaison de la planète est de 25° par rapport au plan orbital et entraîne des changements saisonniers. Cependant, les saisons martiennes sont deux fois plus longues que les nôtres. Lors du périhélie, la température dans les régions équatoriales peut s'élever à 70° F environ mais à l'aphélie, elle dépassera rarement 30° F dans ces mêmes régions. Durant la nuit, une température de -40° F, même en été, est chose courante. Ces variations brusques sont dues à l'absence d'énormes quantités d'eau et à l'atmosphère très ténue de Mars, qui ne peut jouer le rôle de régulateur thermique.

L'atmosphère est très raréfiée, la pression n'y étant que de 3 à 4 cm de mercure contre 76 sur la Terre. Le CO₂ compose 40 % de l'atmosphère martienne; l'oxygène n'est que 1% et la vapeur d'eau 0.2% de ce que notre atmosphère véhicule. L'azote est le principal constituant (50%) et l'argon serait présent dans des proportions de 5 à 10 %. Suivant les indications de Mariner IV, Mars est pourvue d'une ionosphère dont la densité est d'environ 10⁵ électrons / centimètre cube, c'est-à-dire l'équivalent de notre ionosphère durant la nuit; mais ceci s'avère dix fois plus faible que la densité diurne. Son altitude est d'une centaine de milles comparativement à 60-200 milles pour l'ionosphère terrestre.

D'après des recherches récentes, les fameuses « calottes polaires » soumises aux variations saisonnières, se-

raient un frimas de quelques millimètres d'épaisseur constitué par du tétr oxyde d'azote sublimé, au lieu de cristaux de glace ou de bioxyde de carbone comme on l'avait prétendu jusqu'ici. De plus, la teinte rougeâtre de Mars dépendrait du fait que les surfaces désertiques seraient couvertes d'une poudre de limonite, un oxyde de fer hydraté, Fe₂O₃.nH₂O comme on en trouve souvent sur notre planète.

Les révélations de Mariner IV

Le 14 juillet 1965, en moins d'une demi-heure, Mariner IV prenait et enregistrait 22 photographies de Mars et ces images allaient être retransmises à la Terre dans les jours suivants. Lorsqu'on examine ces photos, il faut garder à l'esprit qu'elles ont été prises à des distances s'échelonnant entre 10 000 et 6 000 milles de la surface de Mars.

La grande révélation des photos fut sans contredit l'apparition évidente sur le 7e cliché de nombreux cratères d'origine météoritique. Quoique inattendue, l'existence de cratères géants sur Mars avait déjà été suspectée en 1950 par le célèbre découvreur de Pluton, Clyde W. Tombaugh, dans une étude intitulée « *Geological Interpretation of the Markings on Mars* ». Il y a plus de deux ans, F. L. Whipple faisait une suggestion semblable. Mais rien n'était venu confirmer l'existence de ces cratères. La réception du cliché 7 fut donc un moment dramatique et exceptionnel pour les hommes de science qui assistaient à la lente reconstitution de l'image. Sur les 22 photographies, plus de 70 cratères, dont les dimensions varient entre 2 ½ et 75 milles, moulent la surface de

Mars. Vraisemblablement, des cratères plus petits existent et n'oublions pas que la caméra de Mariner IV n'a scruté que 1% de toute la surface martienne. Les rebords de ces cratères s'élèvent à environ 350 pieds au-dessus de la plaine environnante et ont une profondeur de quelques milliers de pieds; néanmoins, l'inclinaison des saillies ne dépasse pas 10 degrés.

Il est d'ailleurs très intéressant de constater que le nombre de cratères de grandes dimensions par unité de surface est de près le même que celui de la lune. On peut donc déduire qu'il y a environ 10 000 cratères martiens dont les dimensions s'échelonnent entre 2 ½ et 75 milles de diamètre. La plus grande dénivellation trouvée sur les enregistrements de Mariner IV est de 13 000 pieds.

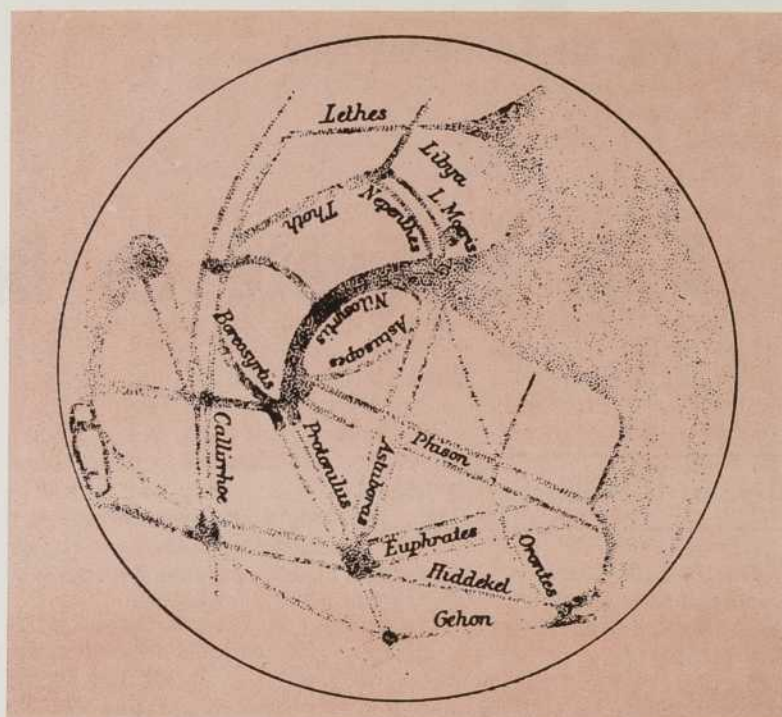
Conséquences de la mission de Mariner IV

D'après le professeur R. P. Leighton de Caltech, les cratères géants de Mars sont très anciens, probablement âgés de 2 à 5 milliards d'années. L'extraordinaire degré de conservation de ces cratères porte à penser que Mars n'a jamais possédé une atmosphère beaucoup plus dense que celle qui l'entoure actuellement. De plus, il est difficile de croire qu'il y a plusieurs dizaines de millions d'années existaient des quantités importantes d'eau sous forme de rivières ou d'océans pouvant avoir recouvert et marqué le sol martien: aucun vestige d'érosion considérable ne rend plausibles de telles hypothèses.

De toutes ces considérations, Mars est un monde désertique dont les conditions se rapprochent beaucoup plus de celles de Mercure ou de la Lune que des nôtres. Ne songeons pas trop à aller « finir nos vieux jours » sur une plage ensoleillée de sable rouge d'un océan martien!

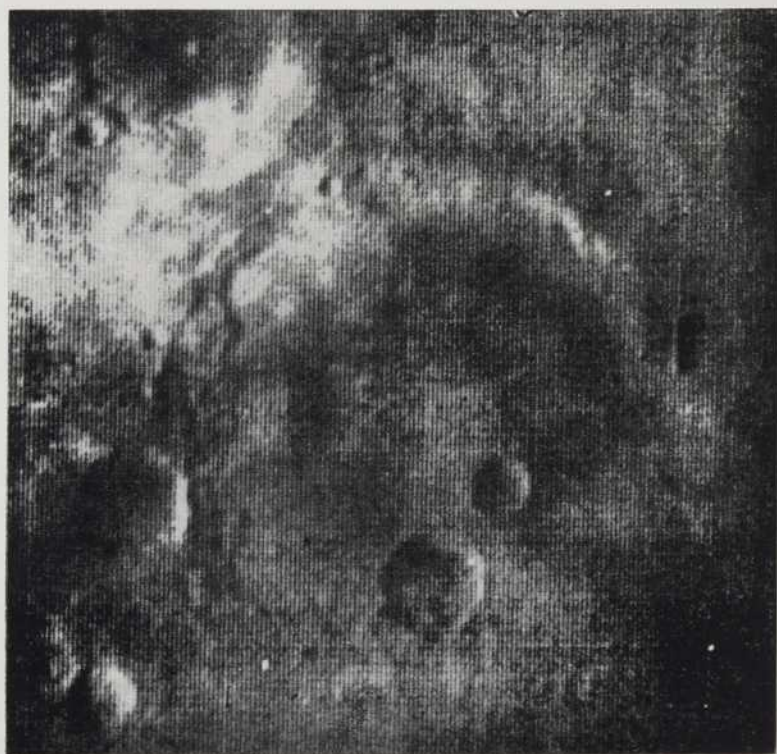
Le problème de la vie

L'expédition de Mariner IV n'a apporté aucune conclusion pour ou contre l'existence d'une vie quelconque sur Mars. Cependant, même si les photos ont été prises à plus de 6 000 milles, il faut croire que Mariner porte un coup dur aux théories biologiques élaborées à propos de Mars;



C'est en 1888 que l'astronome italien Giovanni Schiaparelli fit ce dessin de la surface de Mars. Une simple erreur de traduction des termes utilisés par l'auteur est à l'origine d'une des controverses les plus orageuses de l'histoire de la science: les martiens et leurs canaux.

Cette image est la 11e photographie prise et transmise par la caméra de Mariner IV en 1965. La photographie couvre une superficie de 170 milles sur 150 et elle a été prise d'une distance de 7 800 milles. Au centre, on peut distinguer un cratère âgé de plus de 2 milliards d'années et d'un diamètre d'au moins 75 milles. D'autres cratères moins considérables sont visibles sur cette image.

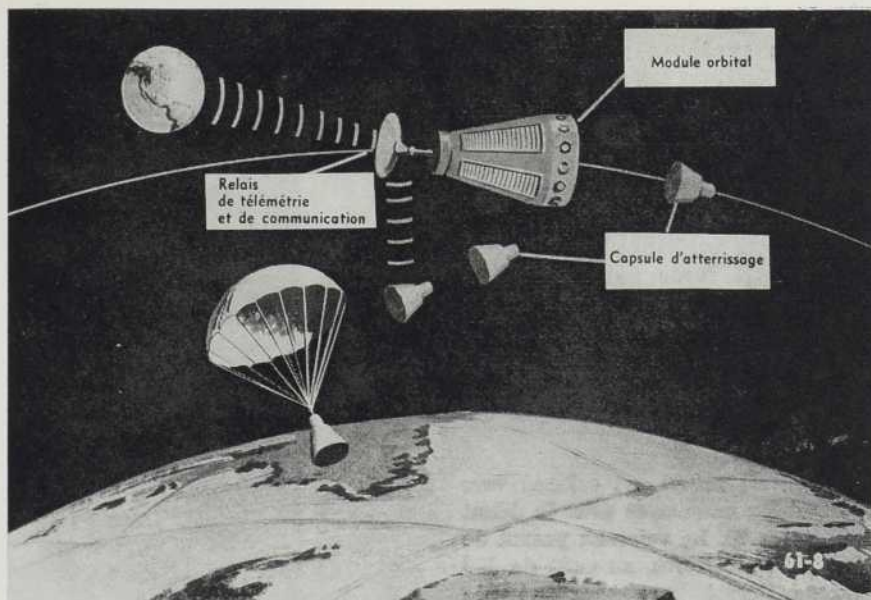


le milieu martien est beaucoup moins hospitalier qu'on l'avait cru jusqu'ici et n'oublions pas que toutes les théories scientifiques élaborant un processus d'origine de la vie font toutes intervenir l'eau, matériau ultra-précieux essentiel à toute biogénèse, semble-t-il généralement.

Souvent, le phénomène des variations de couleur à la surface de Mars a été invoqué comme l'évidence d'une végétation martienne affectée par des modifications climatiques. Récemment, le Dr R. Smoluchowski de l'université Princeton, émettait l'hypothèse que ces variations seraient dues aux radiations ionisantes du Soleil qui, à certaines températures, peuvent former des centres de coloration dans certains solides.

Lorsque les Américains expédieront le « Voyager » et les autres vaisseaux devant se poser à la surface de Mars, il ne faudra pas tellement s'attendre à recevoir l'image de quelque monstre géant à sept ou huit pattes... ou bien le vestige fossile d'une créature gigantesque digne de notre brontosaurus ou du cachalot contemporain ! Mais il demeure possible qu'une vie bactériologique primitive existe là-bas qui serait depuis longtemps disparue ici : une telle découverte serait précieuse pour nos biologistes et biochimistes.

Jusqu'ici il semblait certain que le faible champ gravitationnel de Mars n'avait pu retenir l'atmosphère primitive, ni surtout certains éléments légers, tels l'hydrogène et ses composés essentiels à la naissance et à l'évolution primitive de la vie. Mais, à la surprise générale, des recherches spectroscopiques récentes ont permis de découvrir dans l'atmosphère martienne une concentration de composés d'hydrogène mille fois supérieure à celle de notre atmosphère ! Les hydrocarbures découverts, parmi lesquels on trouve des dérivés du méthane, suggèrent l'existence de l'hydrogène libre et, de là, la possibilité d'un milieu favorable à l'évolution de la vie. Mais toujours pas d'eau : or l'eau est essentielle, quoique ici même, sur la Terre, les organismes n'exigent pas tous l'eau sous forme liquide pour naître et évoluer.



Cette représentation du satellite « Voyager » nous montre comment fonctionnera la station planétaire de 5 tonnes que la NASA américaine espère envoyer sur Mars en 1971. Le vaisseau comprend un véhicule de base demeurant sur orbite autour de la planète et constituant le lien entre la capsule qui ira atterrir sur Mars et sur la Terre. La capsule descendra dans l'atmosphère plus ténue de Mars grâce à un freinage par parachute; mais il demeure possible qu'il faille utiliser un freinage supplémentaire de rétro-fusée.

2e partie: feu sur Mars !

1969: deux « Mariners » à l'assaut de Mars

Mars demeure une grande inconnue et nous sommes d'une curiosité insatiable. C'est pourquoi, durant la période favorable de 1969 qui se prolongera du début de février à la mi-avril, la NASA américaine lancera vers Mars deux satellites devant frôler cette planète à moins de 2 000 milles de sa surface. Ces deux engins, pesant 800 livres chacun, seront projetés dans l'espace interplanétaire à l'aide de deux fusées Atlas-Centaure. La fusée Centaure dont les déboires dans la mise au point de la propulsion à hydrogène liquide ont retardé maints projets, est actuellement utilisée pour l'opération lunaire Surveyor.

Le tandem Mariner de 1969 mènera six expériences. Chaque station interplanétaire sera équipée de deux caméras de télévision, l'une de haut pouvoir de résolution et l'autre de faible pouvoir, permettant de distinguer sur Mars des détails de moins

de 500 pieds. Un spectromètre à infra-rouge recueillera des données concernant les différents constituants de l'atmosphère martienne, tandis qu'un spectromètre à ultra-violet explorera la haute atmosphère. Un radiomètre à infra-rouge mesurera la température du sol en différents endroits, ce qui permettra de tracer des courbes isothermiques qui instruiront sur les variations de la température avec la latitude et l'altitude. Les trajectoires des deux stations seront minutieusement analysées afin de tirer une détermination plus précise des masses de Mars et de la Lune ainsi que des orbites de la Terre et de la planète cible. Comme en 1965, on procédera à une occultation (Mariner passera derrière Mars pour en ressortir de l'autre côté), afin d'acquiescer une meilleure connaissance de l'ionosphère martienne, de l'aplatissement et de la distribution de la masse à l'intérieur du globe martien. Mais ces deux inquisiteurs terrestres ne régleront certes pas tous les problèmes.

« Voyager », explorateur du système solaire

Les Etats-Unis mettent actuellement au point un audacieux programme d'exploration planétaire au coût de \$2 milliards grâce auquel la NASA sera dotée d'un véhicule non habité extrêmement versatile, pouvant être lancé par la fusée Saturne-IB/Centaure et ultérieurement par Saturne V, crachant son feu avec 7 500 000 livres de poussée. Ce satellite pourra remplir d'importantes missions vers Mercure, le Soleil, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

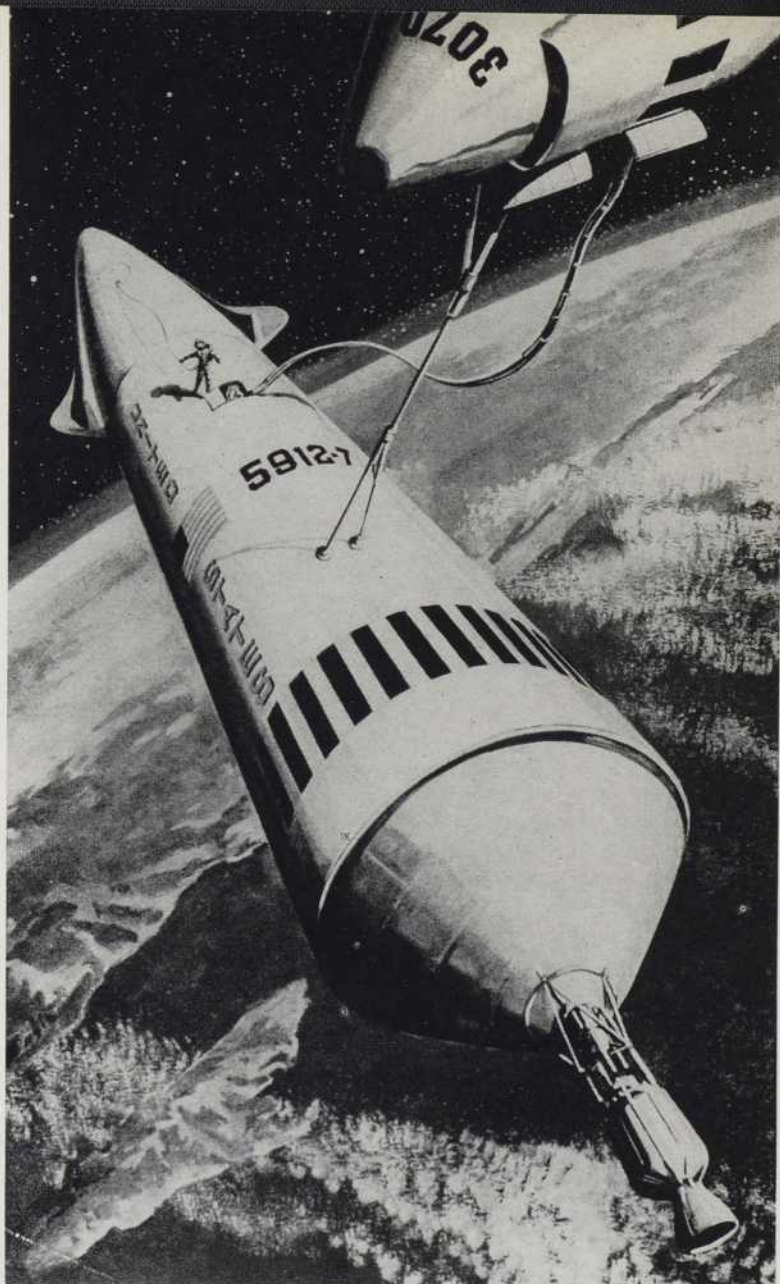
Le travail actuel est orienté vers une mission martienne pour le début des années 70. Le vaisseau pesant de 7 000 à 10 000 livres, au coût de \$50 millions l'unité, sera constitué de trois composantes principales :

A) Un *véhicule de base* d'un poids de 1 500 à 2 000 livres, contenant l'instrumentation générale, qui fonctionnera à l'énergie solaire ou nucléaire. Cette partie demeurera en orbite autour de la planète Mars et servira de relais de communication entre la Terre et la capsule ayant atteint le sol martien.

B) Une ou plusieurs capsules détachables pesant jusqu'à 6 000 livres pouvant atterrir sur Mars grâce à un freinage aérodynamique ou en utilisant des parachutes. Cette capsule sera alimentée par l'énergie des radioisotopes et devra fonctionner pendant au moins 6 mois afin d'enregistrer les phénomènes saisonniers de Mars (dont l'année dure 687 jours terrestres). La capsule sera dotée de détecteurs biologiques, de séismographes, de sondeurs de toutes sortes et d'une caméra de télévision. Elle devra explorer et fouiller le sol martien.

C) Une *unité de propulsion* pesant de 2 000 à 4 000 livres et pouvant fournir jusqu'à 3 000 livres de poussée pour deux ou trois manoeuvres de correction en cours de route et en arrivant près de Mars afin d'inscrire Voyager sur une orbite d'environ 600 à 2 000 milles d'altitude.

Au Nouveau-Mexique, on procède en ce moment à des tests de rentrée dans l'atmosphère qui serviront à la mise au point du Voyager. Un engin de forme conique est envoyé à l'aide



Un montage photographique représentant un ravitaillement sur orbite terrestre d'un vaisseau propulsé par un moteur nucléaire.

d'un énorme ballon de 26 millions de pieds cubes à 24 milles d'altitude (où la densité de notre atmosphère est à peu près semblable à celle de Mars) et cet engin est accéléré à l'aide de fusées à une vitesse de 850 milles à l'heure. Le freinage s'accomplit à l'aide d'un parachute de 85 pieds de diamètre. Ces études doivent conduire à la mise au point de la première capsule destinée à atterrir sur Mars en 1971, alors qu'on expédiera le premier « Voyager » vers la planète rouge. Ce n'est peut-être qu'à ce moment que sera réglé définitivement le problème de la vie sur Mars... du moins par l'astronautique américaine.

Mars, première conquête planétaire de l'homme

Nombreux sont les projets qui visent à déposer l'homme sur Mars d'ici la fin du siècle. Ce voyage constitue sûrement le plus grand défi relevé par l'*Homo sapiens* depuis ses origines. L'audacieuse opération ne coûtera pas moins de \$30 milliards en regard des \$22 milliards pour l'expédition lunaire. Cependant, plusieurs grandes inconnues ne pourront être réglées que par la présence de cerveaux humains sur les lieux. Il est très probable que l'on utilisera l'é-

nergie nucléaire et la propulsion ionique pour le vaisseau martien. Ce dernier, mesurant 400 pieds de longueur et pesant 450 000 livres, pourrait être assemblé autour de la Terre grâce à la jonction de deux parties mises sur orbite terrestre à l'aide de deux lancements de la fusée Saturne V.

Grâce à ses conditions moins rigoureuses et plus favorables que celles de la Lune, Mars s'avère l'endroit idéal pour y construire la première cité humaine extra-terrestre de grande envergure et pour y organiser un lieu de recherches scientifiques concernant un grand nombre de disciplines allant de la psychologie à la géologie. Avec la conquête de Mars, c'est le système solaire qui s'ouvre à l'homme. Il s'agit de mettre au point une technologie complexe pour assurer la survie, la poursuite de tous les objectifs et la réalisation d'une mission coûteuse de très longue durée. Pour une période pouvant aller jusqu'à trois ans, il faudra assurer l'équipage d'une absolue indépendance dans un milieu très hostile où toute défectuosité pourrait, à brève échéance, dégénérer en une catastrophe. La Lune est à notre porte... comparativement à Mars.

Le vaisseau projeté pour la conquête de Mars emportera 8 hommes pour une période d'au moins 500 jours et peut-être 1 000, selon que l'on choisira l'itinéraire le plus rapide ou le plus économique.

On peut croire que ce vaisseau utilisera alors la propulsion nucléo-électrique. Au lieu de peser seulement (?) 225 tonnes, un vaisseau utilisant un système classique de propulsion chimique, ne pèserait pas moins de 4 000 tonnes pour remplir les mêmes missions vers Mars. Il faudrait près de 40 lancements de Saturne V pour réunir sur orbite terrestre les composants de ce gigantesque navire spatial.

Selon la trajectoire et la durée du voyage, les cosmonautes demeureraient 40 jours sur Mars dans l'hypothèse d'un voyage de 500 jours ou une année pour un périple de 1 000 jours. Le satellite principal demeurerait en orbite autour de Mars avec le carburant nécessaire pour le retour; cette station servirait de relais entre le camp de l'expédition sur le sol de Mars et la Terre. Un véhicule « autobus » ferait la navette entre les

différentes parties de la planète et le vaisseau orbital. On recopiera ni plus ni moins la technique des rendez-vous sur orbite lunaire du projet Apollo.

Etant donné la durée et le coût de chaque expédition, on tentera de tirer de chacune le maximum de renseignements. On songe même à combiner une mission martienne avec un vol orbital autour de Vénus lors du voyage de retour de l'expédition. Il s'agira de recouper l'orbite de Vénus au bon endroit et d'entrer dans l'attraction de la cloîtrée du système solaire.

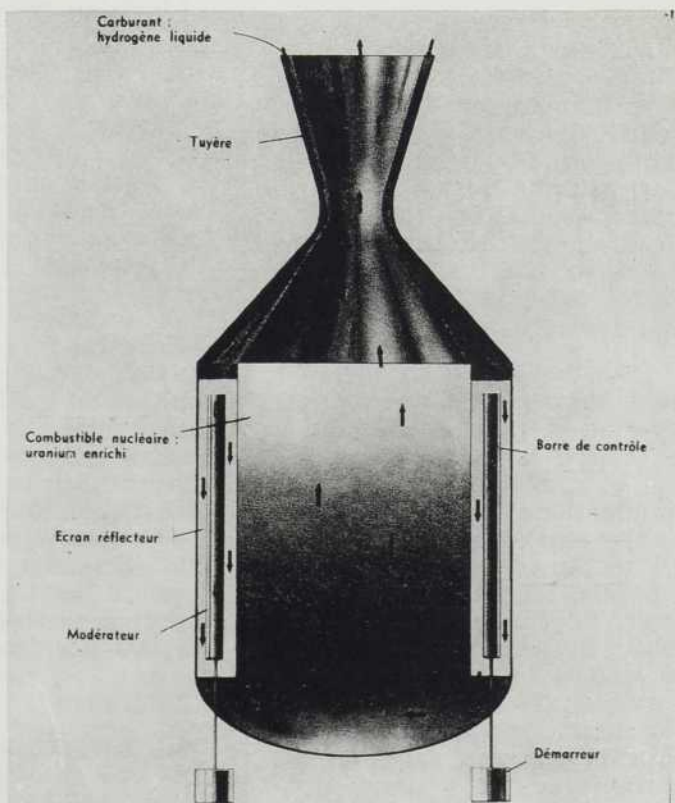
Les vols humains vers Mars devraient s'effectuer au cours des années 1980 et l'on parle même de 1979. Mais il demeure possible que la NASA mette en chantier un programme de stations orbitales terrestres; ce projet est peut-être moins spectaculaire mais il est scientifiquement préférable. Ce dernier projet

aurait alors la priorité et l'envoi d'êtres humains vers Mars serait retardé.

Bibliographie

- Mariner IV Photographs of Mars*, 1965, « Sky and Telescope », pp. 155-161.
- JACKSON, J. H. *Pictorial Guide to the Planets*, Ed. Crowell, 1965; 216 pages.
- NADEAU, A. et Réal AUBIN. *Les grands exploits de Mariner IV, Les photographies de Mars récupérées grâce à deux chiffres*, « Le Jeune Scientifique », novembre 1965, vol. IV, no 2, pp. 25-29.
- RUDAUX, L. et G. de VAUCOLEURS. *L'Astronomie*, éd. Larousse, Paris.
- SULLIVAN, W. *We are not Alone*, McGraw-Hill Co., 1964; 326 pages.
- TOCQUET, R. *La vie sur les planètes*, éd. du Seuil, Paris, 1960; 192 pages.

Un modèle d'un moteur fusée fonctionnant à l'énergie nucléaire. Le carburant, l'hydrogène liquide, acquiert son énergie lorsque chauffé par l'énergie du réacteur. D'autres modèles se servant de la propulsion ionique ou électrique utiliseront le réacteur pour alimenter un système turboélectrique. L'utilisation de l'énergie nucléaire dans les vols de longue durée représente une économie incroyable sur la propulsion chimique de type classique.



Les étudiants du Québec au rendez-vous de la science

par Louis LEGENDRE

Quelque 1 500 étudiants se réunissaient à l'Université de Montréal, du 18 au 20 novembre dernier; leur intérêt commun : la science.

En effet, à l'invitation de l'Association des Jeunes Scientifiques du Québec, des étudiants de par tout le Québec — de l'Abitibi au Bas-du-Fleuve, en passant par Québec, Trois-Rivières, le Saguenay et le Lac Saint-Jean, sans oublier Sherbrooke et Montréal — participèrent au quatrième Congrès des Jeunes Scientifiques.

La recherche scientifique étudiante

À l'instar des congrès scientifiques professionnels, l'activité principale du Congrès des Jeunes Scientifiques est la présentation de communications. Ces communications sont de courts exposés que font, sur les résultats de leurs recherches, des étudiants du cours secondaire, collégial, technique ou universitaire.

Tous les sujets scientifiques sont admis : des mathématiques à la psychologie, via la physique, la chimie, l'astronomie et la biologie. Les 88 communications présentées cette année étaient regroupées sous 17 sections : *Biologie expérimentale, Microbiologie, Limnologie, Physique, Algèbre, Botanique, Entomologie, Chimie, Ornithologie, Ichthyologie Electronique, Géologie, Théorie des Nombres, Analyse numérique, Psychologie, Linguistique mathématique, Astronomie.*

L'âge des communicants : de 15 à 24 ans; leur niveau scolaire : de la 9^{ième} année au B. Sc. IV.

Le but de ces communications est multiple : faire le point de la recherche scientifique étudiante, permettre à des étudiants d'exposer le résultat de leurs travaux à leurs confrères et d'échanger avec eux le résultat de leur expérience, donner l'occasion à tous les participants de se rendre compte qu'il est possible de réaliser des travaux originaux avec, souvent, peu de moyens matériels mais beaucoup d'imagination créatrice.

L'opinion des scientifiques

Le programme comportait, de plus, un colloque sur l'enseignement des sciences au Québec; ce colloque souleva un certain nombre de controverses, puisque se retrouvaient face à face des représentants du ministère de l'Éducation, des professeurs, des administrateurs scolaires, des industriels et des étudiants. Conclusion générale : l'enseignement des sciences au Québec doit être repensé, puisqu'il n'est pas assez incarné dans la réalité. Il faut donc former des maîtres compétents et intéressés, équiper des laboratoires, susciter des Clubs-Sciences, favoriser l'organisation des Camps d'été, etc. Question générale : où trouver l'argent nécessaire : pas de réponse... et nous sommes au XX^e siècle !

Un symposium intitulé *Après cent ans de sciences* était inscrit à l'horaire. Devant une as-

sistance nombreuse, d'éminents scientifiques québécois firent le point sur les 100 dernières années de vie scientifique et sur les perspectives d'avenir, pour les jeunes qui s'engagent aujourd'hui dans le domaine des sciences.

Le congrès se termina sur les paroles de Pierre DANSE-REAU, directeur adjoint du Jardin botanique de New York. Le président du congrès recommanda aux Jeunes Scientifiques, à l'occasion du banquet, de rejeter les idées généralement « bien » reçues pour s'orienter vers la découverte d'idées originales, propres à la nouvelle génération. Le Congrès des Jeunes Scientifiques est l'une de ces idées originales, puisqu'il est l'un des seuls congrès de jeunesse scientifique de cette importance.

Le banquet fut suivi par l'assemblée générale annuelle de l'Association des Jeunes Scientifiques, où Michel Bertrand, étudiant à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal, succéda à Pierre Legendre, à la présidence de l'association pour l'année 1966-67.

Le quatrième Congrès des Jeunes Scientifiques fut un succès sans précédent : le premier congrès, en novembre 1963, réunissait 250 étudiants; en 1966, le quatrième congrès recevait quelque 1 500 participants, devenant ainsi le plus important congrès étudiant jamais tenu au Québec. L'intérêt des étudiants du Québec pour les sciences s'accroît d'année en année; le point sera de nouveau fait au cinquième Congrès des Jeunes Scientifiques, en 1967.

Les auteurs de ce numéro

Rédacteurs, photographes et dessinateurs :

- 97 Les algues marines, par André Cardinal, D.Sc., phycologue, Station de Biologie marine, Grande-Rivière, Gaspé; article extrait de la revue *Actualités marines*, ministère de l'Industrie et du Commerce, Direction des pêcheries, vol. 9, no 3, hiver 1965/1966, pp. 3-11; photos pp. 97, 99, 103, fournies par l'auteur; pp. 98, 100, Office du Film du Québec; p. 101, en haut, photo Y. Boudreault, en bas, photo M. Villalard.
- 104 Dans l'actualité canadienne, par la rédaction de la revue, d'après des communiqués du Conseil national de Recherches, Ottawa, et du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.
- 105 La Physique et la carrière de physicien, texte extrait (et adapté par la rédaction) de la brochure *La Physique au Canada*, publiée par l'Association canadienne des Physiciens; photos, pp. 105-107, de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 108 Qu'est-ce que la houle?, par Paul H. LeBlond, Ph.D., Institut d'Océanographie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver; dessins fournis par l'auteur, photos : p. 108, gracieuseté de Jan Hahn, *Woods Hole Oceanographic Institution*, Mass., E.-U., p. 111, gracieuseté B. C. *Government Air Photo*, Vancouver.
- 115 A la découverte de la planète Mars, par Jean-René ROY, B.Péd., Montréal; photos : pp. 116, 117, gracieuseté de la *National Aeronautics and Space Administration*, NASA, Washington, D.C.; pp. 118, 119, *Los Alamos Scientific Laboratory*, E.-U.
- 120 Les étudiants du Québec au rendez-vous de la science, par Louis Legendre, étudiant en sciences biologiques à l'Université de Montréal, membre de l'Association des Jeunes Scientifiques.

Les JEUNES EXPLOS — ou Jeunes Explorateurs — organisent actuellement leur treizième saison d'été. Ils invitent les jeunes intéressés à l'étude de la nature à se rendre au Cap Jaseux, sur les rives du Saguenay, à l'une des trois quinzaines de leur programme de l'été 1967.

L'étude des oiseaux, des insectes, des plantes, de même que l'inventaire biologique d'un lac, l'étude des poissons et invertébrés marins du Saguenay, l'étude de la minéralogie-géologie s'inscrivent de nouveau parmi les principaux thèmes de la prochaine saison. Des professeurs d'expérience guident les jeunes explorateurs dans leurs excursions comme dans leurs analyses en laboratoire.

Si vous avez terminé votre 8e année en juin prochain et si ces études de sciences naturelles conviennent à vos intérêts, demandez immédiatement tous les renseignements à propos de cette école d'été. Toutes les inscriptions doivent être complétées pour la mi-mai. Écrivez à cette adresse : *Les Jeunes Explos*, case postale 391, JOLIETTE, P. Q.

Tous les étudiants

*intéressés à l'étude des sciences
connaissent-ils l'existence
de la revue LE JEUNE SCIENTIFIQUE?*

*Les professeurs de sciences,
les bibliothèques, les dirigeants des écoles
s'intéressent-ils à la diffusion du JEUNE SCIENTIFIQUE?*

*La série des huit brochures d'un volume annuel
présente un ensemble de 192 pages
traitant des sciences naturelles et exactes.*

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

*Participez personnellement à la vulgarisation des sciences
en multipliant les abonnés à votre revue.*