

8

J-69



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



WORLD WIDE

1966

1966

16 JUIN 1966

VOLUME 4
NUMÉRO 8
MAI 1966



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

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

RÉDACTION

Léo Brassard
directeur

Roger H. Martel
secrétaire de la rédaction

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Yves Desmarais
président

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

COMITÉ DE RÉDACTION

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

Tarif des abonnements

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

Adresses

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

Notes

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

Imprimé aux ateliers de l'Imprimerie Nationale, Joliette.

Volume IV, no 8

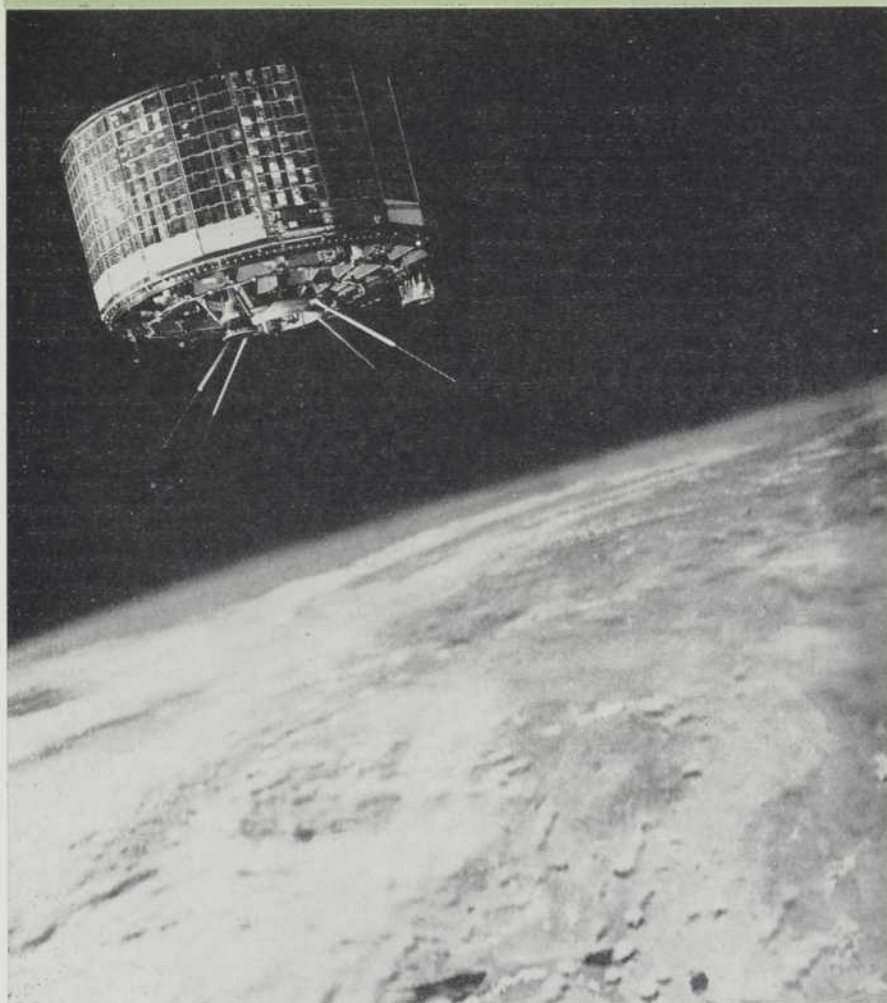
mai 1966

S O M M A I R E

- 169 Les satellites de télécommunication et de météorologie remboursent déjà leurs frais
- 172 Un Institut de recherches sur les végétaux
- 173 Le véritable contenu d'une bouteille de « Peroxyde »
- 177 Présentation et commentaires de cartes sur le Nouveau-Québec
- 180 La modification du « temps » est-elle possible? La pluie provoquée
- 186 Une nouvelle brochure sur la minéralogie
- 187 Le télescope amateur, 3e article: comment finir et corriger le miroir
- 191 Actualité scientifique: récente observation de l'antimatière

En supplément: sommaire du volume IV.

Photo-couverture: l'une des serres de plantes tropicales de l'Institut de recherches sur les végétaux, Division de la Recherche au ministère fédéral de l'Agriculture à Ottawa. Nous publions quelques notes sur cet institut en page 172 de ce numéro. — Photo Chris Lund, Office national du Film, O.N.F., Ottawa.



Le satellite météorologique TIROS VIII, dans un montage photographique montrant sa position autour de la terre.

La conquête de l'espace

Une véritable
explosion technologique

par Alphée NADEAU

Les satellites de télécommunication et de météorologie remboursent déjà leurs frais!

Dans le premier article de cette chronique, en octobre dernier, nous avons présenté une catégorie spéciale de satellites, les « satellites météorologiques ». Nous avons expliqué sommairement leur rôle et nous en avons décrit quelques-uns, dont le TIROS IX, une « roue mobile » autour de la terre.

Pour clore cette première série d'articles sur la conquête de l'espace, nous avons choisi de traiter encore une fois de satellites météorologiques. Non pas que les sujets ou thèmes fassent défaut; bien au contraire, puisque la NASA américaine

nous fournit gracieusement une abondante documentation sur chaque nouveau projet des Etats-Unis. Mais nous voulons simplement montrer avec quelle vitesse fascinante la science et la technique modernes évoluent. Pour cette démonstration, les rapides évolutions de la recherche spatiale dans le domaine *météorologique* comme dans celui des *télécommunications* sont toutes désignées.

Rappelons que si le Sputnik I tournait encore autour de la terre, il aurait 7 ans et quelques mois d'existence. N'est-il pas étonnant de

penser qu'en moins d'une décennie nous soyons parvenus à accomplir ce que des générations entières mirent des millénaires à imaginer. Aujourd'hui la Lune est au premier tournant, Mars et Vénus au second, et, plus loin encore, à l'horizon, mais plus rapprochées qu'elles ne le paraissent, nous voyons les autres planètes du système solaire. Encore un peu et nous pourrions imaginer une croisière à travers la Voie lactée. Pourtant, sept années seulement nous séparent des premiers balbutiements cosmiques du Sputnik I!

Nous sommes au coeur même d'une véritable explosion technologique, rendue possible grâce à une mise de fonds considérable. C'est ce qui explique que, jusqu'à ce jour, seules deux grandes puissances mondiales se sont lancées à vive allure dans cette aventure. Car il s'agit bien d'une aventure et d'une aventure périlleuse s'il en est. En effet, au point de départ, tout investissement est pratiquement sans rendement. Russes et Américains le savent bien d'ailleurs. Comme toute entreprise commerciale, celle-ci nécessite que l'on puisse combler les déficits des premières années. Ces déficits risquent d'être énormes. Voilà pourquoi, sans doute, un seul autre pays est entré dernièrement de plein pied dans le domaine de la conquête de l'espace. Mais les espoirs de la France sont moins grands et ses capitaux investis moindres que ceux des deux grandes puissances.

Ne disposant de peu ou pas de documentation véritable sur les efforts soviétiques, nous éviterons d'en discuter ici. Nous sommes mieux pourvu cependant en ce qui concerne les Etats-Unis et nous allons y puiser afin de montrer comment ces derniers ont su tirer profit de leurs premiers investissements.

Que les satellites constituaient et constituent encore une source intarissable de progrès techniques, que l'on puisse les comparer à de véritables laboratoires volants entièrement automatiques et capables de se rendre en tout lieu (ou presque) de l'Univers, cela ne fait plus de doute aujourd'hui. Qu'il suffise de rappeler les excellentes photographies de la Lune transmises à la terre par les satellites Ranger (... celles du satellite soviétique Luna IX), de même que celles de Mars obtenues du Mariner IV, pour s'en convaincre. Mais voilà justement des satellites dont le coût dépasse et de beaucoup le rendement pratique qu'on en retire.

Tous ces projets, *Explorer, Vanguard, Pioneer, Transit, Discoverer, Mercury, Mariner, Ranger, Gemini, Apollo, Pegasus, Surveyor, Voyager*, etc., constituent précisément cette catégorie de satellites dont nous prétendons que le rendement utilitaire immédiat est négligeable comparativement à leur coût. Ce sont eux qui causent les lourds déficits des premières années.

Mais s'il est vrai qu'ils grèvent fortement le budget américain, il n'en demeure pas moins vrai que c'est l'expérience acquise avec ces différents projets qui a permis de concevoir et mettre sur orbite des satellites dont le rendement pratique dépasse l'investissement initial. Dans cette nouvelle catégorie de satellites, nous retrouvons les satellites de télécommunication et les satellites météorologiques.

Certes, ce ne sont pas tous les projets énumérés plus haut qui conduisirent les scientifiques américains au développement et à la construction de ces deux sortes de satellites. Bien au contraire, si on se rappelle que le premier satellite météorologique *Tiros I* fut lancé le 1er avril 1960, alors que l'*Echo I*, le premier satellite de télécommunication, le fut le 12 août 1960, on se rend compte que seuls les projets *Explorer, Vanguard* et *Pioneer* avaient eu le temps de se concrétiser. Mais voilà justement ce qui est formidable. Deux années et demi seulement après le lancement du premier satellite artificiel, la technique avait suffisamment progressé pour permettre d'entreprendre simultanément deux projets qui promettaient un rendement utilitaire supérieur à leurs coûts.

Mais pourquoi inclure tous ces autres projets avec les trois premiers ? Nous croyons fermement que d'ici quelques années, l'étude de tous ces projets conduira les scientifiques à créer d'autres satellites dont le rendement pratique comblera le déficit initial.

Satellites météorologiques et de télécommunication

Satellites météorologiques et satellites de communication, deux projets menés de front, avons-nous dit, et dont la rentabilité est assurée. Un coup d'oeil sur le tableau suivant nous permettra de voir jusqu'à quel point il est vrai que l'un ne fut pas réalisé sans l'autre. Afin de rendre la chose encore plus évidente, nous avons choisi de classer tous les satellites météorologiques sous une même colonne et d'en faire autant pour les satellites de télécommunication tout en les inscrivant dans l'ordre chronologique.

On notera en plus une dernière colonne qui donne le nombre de pho-

tographies prises par les différents satellites météorologiques. Il ne s'agit pas là du nombre total de photos prises par chacun, mais bien du nombre de photographies qui se sont avérées utiles au *Weather Bureau* ou bureau météorologique américain. (Ces chiffres seraient aujourd'hui à corriger puisqu'ils furent calculés le 15 février 1966).

Il est intéressant de noter que ces satellites ont photographié presque toutes les tempêtes tropicales de même que presque tous les ouragans depuis 1960. Ce faisant, ils permettent au *Weather Bureau* de publier plus de 2,500 bulletins météorologiques. Des milliers de ces photographies servent en outre à établir plus de 20,000 néphanalyses ou cartes de nuages lesquelles servent quotidiennement à l'analyse de la température sur une base mondiale.

Nous ne répéterons pas ici la description des satellites météorologiques. Mais analysons plutôt ce tableau en vue d'en tirer quelques enseignements.

Sauf pour l'année 1961 où seul un *Tiros* prit l'envol, on constate qu'à chaque année les scientifiques américains lancèrent au moins un satellite de chaque catégorie. Ainsi, comme nous l'avons déjà écrit plus haut, après avoir lancé *Tiros I*, ils firent porter leurs efforts sur une nouvelle sorte de satellites, les satellites de télécommunication. *Echo I*, premier de la série, n'était qu'un satellite passif qui pouvait réfléchir les ondes radioélectriques. En fait, le jour même de son lancement, il retransmettait un message radiophonique du président Eisenhower d'un côté à l'autre des Etats-Unis.

Deux ans après ce premier essai, et 4 ans et 9 mois seulement après le début de l'ère spatiale, une compagnie privée s'engageait dans l'aventure de la télécommunication par satellites. Le projet *Telstar*, entièrement mis au point par l'*American Telephone and Telegraph Co.*, apportait au monde entier la preuve qu'après seulement 4 années de recherches, moins qu'il n'en avait jamais fallu pour mettre au point toute autre grande découverte, les télécommunications par satellites devenaient rentables. Dès le 23 juillet, il assurait, pour la première fois, la retransmission en direct par la télé-



Le premier satellite de télécommunication à haute altitude, le Syncom I. On voit ici un technicien qui fait une dernière vérification avant de fixer les piles solaires sur le pourtour du satellite.

vision française d'une émission américaine.

Dès la même année 1962 et en même temps que d'autres *Tiros*, *Relay I* voyait aussi le jour. Destiné à la retransmission des ondes de télévision, il nous permettait d'assister aux tragiques événements qui ont entouré l'assassinat du président Kennedy. L'Europe et l'Amérique lui doivent encore d'avoir vu sur le petit écran les cérémonies qui ont accompagné le décès du Pape Jean XXIII et l'élection du Pape Paul VI.

En 1963, deux autres *Tiros*, les 7e et 8e, prirent le vol en même temps qu'un second *Telstar* dont la rentabilité devenait de plus en plus évidente. Par ailleurs, le 13 février, *Syncom I*, un satellite de télécommunication qui devait demeurer continuellement au-dessus du même point de la terre, s'avérait un échec partiel. Mais dès le 26 juillet 1963, un second *Syncom* prenait place à 22,300 milles au-dessus du Brésil et établissait la plus longue communication au monde en reliant la Californie à un navire américain ancré dans la rade de Lagos, au Nigeria, soit à plus de 7,700 milles de distance. Enfin, le 19 août 1964, un troisième *Syncom* était placé dans l'espace.

Les autres faits suivants nous permettront également de constater l'utilisation pratique — et rentable — des satellites de télécommunication. Qu'on en juge. Dès le début des Jeux Olympiques de 1964, Eurovision prit les dispositions nécessaires pour la retransmission au moyen de *Relay I*. Plus de 16 millions de téléspectateurs, Espagnols, Italiens ou Portugais assistèrent donc à ces jeux assis dans leurs fauteuils. Le Royaume-Uni compta pour sa part 13 millions d'auditeurs. Quatre-vingt-cinq pour cent (85%) des Polonais, d'après l'ambassade américaine à Varsovie, suivirent eux aussi les Jeux Olympiques grâce aux satellites de télécommunication. Enfin, en Allemagne de l'Ouest, où le nombre de téléspectateurs dépassa les 20 millions, on vendit à cette occasion 50,000 récepteurs de télévision de plus qu'à l'habitude, ce qui représente déjà un revenu de \$5,000,000. Comme nous pouvons compter qu'il en fut de même dans la plupart des autres villes de l'Europe, nous avons là une preuve que ces satellites de télécommunication représentent maintenant un bon placement.

Les milieux financiers l'avaient déjà compris depuis quelque temps d'ailleurs. Dès le 2 juin 1964, la *Communications Satellite Corporation*, une compagnie privée, vendait pour 100 millions (\$) d'obligations aux Etats-Unis et à l'étranger. (1) Les directeurs, nommés par le président Kennedy lui-même, devaient présenter un rapport annuel aux membres du Congrès américain. Cette compagnie, autorisée par le Sénat américain, s'engageait à développer un système mondial de téléphone, de télévision et de télégraphie. L'excellent accueil des milieux financiers envers cette entreprise constitue une preuve irréfutable de leur confiance dans la rentabilité de ce projet. Il fut d'ailleurs couronné de succès lors du lancement de *Early Bird* le 6 avril 1965. Enfin, au moment d'écrire cet article, nous apprenons que cette corporation vient de demander au Sénat américain l'autorisation de construire six (6) autres satellites afin d'établir un réseau global de télécommunication.

1. *New York Times*, édition du 3 juin 1964.

Tableau chronologique des satellites météorologiques et de télécommunication

| Satellites météorologiques | Satellites de télécommunication | Date du lancement | Photographies utilisables * |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Tiros I | | 1 avril 1960 | 19,389 |
| | Echo I | 12 août 1960 | |
| Tiros II | | 23 novembre 1960 | 25,574 |
| Tiros III | | 12 juillet 1961 | 24,000 |
| Tiros IV | | 8 février 1962 | 23,370 |
| Tiros V | | 19 juin 1962 | 48,547 |
| | Telstar I | 10 juillet 1962 | |
| Tiros VI | | 18 septembre 1962 | 59,830 |
| | Relay I | 13 décembre 1962 | |
| | Syncom I | 13 février 1963 | |
| | Telstar II | 7 mai 1963 | |
| Tiros VII | | 19 juin 1963 | 111,015** |
| | Syncom II | 26 juillet 1963 | |
| Tiros VIII | | 21 décembre 1963 | 88,662 ** |
| | Relay II | 21 janvier 1964 | |
| | Echo II | 25 janvier 1964 | |
| | Syncom III | 19 août 1964 | |
| Nimbus I | | 28 août 1964 | 27,000 |
| Tiros IX | | 22 janvier 1965 | 64,459 ** |
| Tiros X | | 2 juillet 1965 | 55,387 ** |
| | Early Bird | 6 avril 1965 | |
| Essa I | | 3 février 1966 | 5,407 ** |
| Essa II | | 28 février 1966 | — ** |

* La contradiction entre ces chiffres et ceux du tableau de notre premier article (octobre 1965) n'est qu'apparente. En effet, nous donnions alors le nombre *total* de photographies prises et non le nombre *utilisées*.

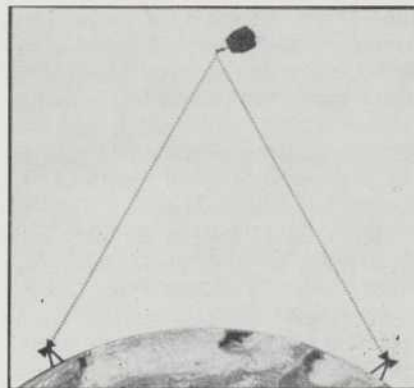
** Au moment de faire ces calculs, le 15 février 1966, ces satellites étaient encore en activité. De plus, le satellite *Essa II* n'avait évidemment pas encore été lancé.

Mais si la preuve de la rentabilité des satellites de télécommunication est faite, en est-il de même des satellites météorologiques ? Nous avons déjà répondu partiellement à cette question dès notre premier article alors que nous affirmions qu'en plus d'avoir permis de sauver un nombre considérable de vies humaines, ces derniers satellites permettaient aussi aux Etats-Unis d'économiser 6.7 milliards de dollars par année.

D'ailleurs cette somme va sûrement s'accroître maintenant que le Département du Commerce américain vient de permettre le lancement de deux nouveaux satellites météorologiques, *Essa I* et *Essa II*. Ils constituent l'étape initiale du projet *TOS* (*Tiros Operational Satellite System*) grâce auquel le *Weather Bureau* prévoit photographier quotidiennement et continuellement la couche de nuages qui entoure la terre. Les données ainsi recueillies seront retransmises sous forme de cartes de nuages et de bulletins météorologiques aux stations du monde entier. Nul doute qu'un tel système de détection permettra de prédire la température avec plus de précision encore et de réaliser ainsi un surcroît d'économie.



Ce dessin montre la chaîne de transmission des ondes courtes à la surface de la terre au moyen de tours placées à environ trente milles de distance l'une de l'autre.



Grâce aux satellites de télécommunication, les tours terrestres de transmission des ondes sont remplacées par l'engin spatial. Un seul satellite permet ainsi de franchir des distances imposantes, comme la traversée d'un océan.

Un Institut de recherches sur les végétaux

La vie et le bien-être d'une nation tiennent à bien des facteurs. Rares sont ceux qui, pris par le tourbillon du quotidien, songent aux chercheurs reclus dans leurs laboratoires qui ont pour mission de protéger le peuple contre les ennemis qui l'entourent. Il n'est pas question ici de malfaiteurs humains mais bien des ennemis du règne végétal. Causer avec les scientifiques de l'*Institut de recherches sur les végétaux*, de la Division de la Recherche au ministère de l'Agriculture, à Ottawa, c'est vraiment se rendre compte à quel point le travail de ces chercheurs est nécessaire et directement lié à une économie nationale florissante. La répu-

tation de l'Institut qui nous préoccupe ici n'est plus à faire. On y vient du monde entier pour s'y former et s'y documenter. Les spécialistes canadiens sont demandés à l'étranger pour y faire bénéficier le monde de leurs recherches et de leurs expériences.

La météorologie agricole, la physiologie des plantes, les plantes ornementales, l'arboretum, la phytopathologie, la biochimie végétale, la résistance au gel, la taxonomie et la mycologie sont les différents secteurs où travaillent les spécialistes de l'Institut de recherches sur les végétaux.

L'agriculture demeurant le baromètre de l'activité économique canadienne, l'on comprendra facilement l'importance d'un tel Institut.

Au ministère fédéral de l'Agriculture, le Service de recherches est le principal organisme scientifique du

ministère. Il dirige un vaste programme scientifique d'ordre théorique et pratique portant sur des problèmes relatifs à l'agriculture et à la biologie forestière. Le ministère compte sept instituts de recherches à Ottawa. D'autre part, deux autres instituts de recherches, dix centres régionaux de recherches, quatre laboratoires régionaux, 27 fermes expérimentales et 20 sous-stations sont répartis dans les dix provinces, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Le corps professionnel du Service compte 864 fonctionnaires, dont 460 ont leur doctorat ou un diplôme post-doctoral.

Le Service dessert les principales régions agricoles du Canada et conjugue ses efforts avec ceux du Conseil national de recherches, des universités et d'autres organismes analogues.

(Un Photo-reportage de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa, rédigé par Gaston LAPOINTE).

Le véritable contenu

d'une bouteille de "Peroxyde"

par Réal AUBIN

Certaines substances chimiques parmi les plus simples possèdent cependant des propriétés étonnantes et donnent lieu aux usages les plus variés. Tel semble le cas du *peroxyde d'hydrogène*, un composé d'hydrogène et d'oxygène. Ce liquide assez connu décolore les cheveux et propulse les fusées. Au laboratoire, le peroxyde d'hydrogène adopte le comportement étrange d'un « agent double » puisqu'il peut remplir à la fois des rôles qui s'opposent: celui d'agent *oxydant* et celui d'agent *réducteur*.

Rarement seul

Le peroxyde d'hydrogène se trouve rarement seul. On le livre en *solution*. Les bouteilles de peroxyde d'hydrogène que vous trouvez dans la pharmacie de famille ne contiennent jamais du peroxyde d'hydrogène pur. Il s'agit plutôt de solutions de peroxyde d'hydrogène dans l'eau, selon une concentration qui varie de 3% à 30% en poids de peroxyde. Pour tout dire, ces solutions commerciales renferment aussi des traces d'une autre substance — l'acétanilide, par exemple — qui favorise la conservation de la solution de peroxyde. Seuls des fournisseurs spécialisés peuvent livrer des solutions plus concentrées ou même du peroxyde d'hydrogène pur à ceux qui peuvent en justifier l'achat. Cette restriction est motivée par le souci d'assurer la sécurité des usagers.

La manutention d'une solution à 30% de peroxyde d'hydrogène exige déjà des précautions spéciales: éviter tout contact de la solution avec la peau ou avec les yeux. On doit donc se munir de gants en caoutchouc et de verres de sûreté. Le séchage de tissu ou de tout matériel combustible imprégné d'une solution de peroxyde d'hydrogène aussi concentrée (30%) peut s'accompagner d'une combustion spontanée.

Une solution à 10 VOLUME

L'étiquette commerciale d'une bouteille de peroxyde d'hydrogène nous indique qu'il s'agit d'une solution de peroxyde à 10 VOLUME. Qu'est-ce que cela signifie? On veut mentionner par là le volume d'oxygène qu'on peut libérer par décomposition du peroxyde contenu dans la solution. Une solution de peroxyde d'hydrogène est étiquetée à 10 VOLUME, lorsqu'un vo-

lume V de cette solution peut libérer par décomposition totale du peroxyde, 10 fois le même volume ou 10 V d'oxygène gazeux.

On voit facilement pourquoi le volume de gaz possible dépend directement de la quantité ou *concentration* de peroxyde d'hydrogène présent dans la solution. C'est ainsi qu'une solution à 30% en poids de peroxyde aura un « potentiel d'oxygène » dix fois plus grand que celui d'une solution à 3%; on aura alors une solution de peroxyde d'hydrogène à 100 VOLUME.

Les solutions à 30% de peroxyde d'hydrogène (100 VOLUME) portent parfois les noms de *Perhydrol* ou *Superoxol* et on les considère comme des agents chimiques forts. Vous devinez dès lors l'intérêt que peut susciter une solution fortement concentrée (90%) en peroxyde d'hydrogène dans les recherches sur des carburants capables de fournir une énergie considérable en astronautique, puisque l'oxygène libéré par le peroxyde peut agir à la fois comme un gaz sous pression et comme oxydant chimique.



Il y a, croyons-nous, plusieurs motifs pour ne pas risquer des expériences avec une solution de peroxyde d'hydrogène dont la concentration est supérieure à 10%, à moins que vous ne possédiez une bonne expérience du travail en laboratoire de chimie. Si vous décidez de vérifier l'une ou l'autre des propriétés que nous allons mentionner, vous pouvez utiliser avantageusement la solution à 3% de peroxyde d'hydrogène que vous pouvez obtenir à prix modique chez tout pharmacien.

Pour des raisons de sécurité, on évitera soigneusement de faire bouillir ou de soumettre à un chauffage prolongé une solution à 3% de peroxyde d'hydrogène car on aurait bientôt fait de la transformer en solution dangereuse.

« L'eau oxygénée »

C'est en 1818 que Louis-Jacques Thénard (1777-1857), professeur de chimie, découvre un composé de deux volumes d'hydrogène combinés avec deux volumes d'oxygène. L'analyse élémentaire de ce produit nouveau autorise la formule moléculaire H_2O_2 . Autrement dit, la substance nouvelle découverte par Thénard renferme deux fois plus d'oxygène que l'eau, pour une quantité égale d'hydrogène. Il faut peut-être voir là l'origine de la dénomination « eau oxygénée » qui connaîtra une grande vogue chez les chimistes français (1).

A dire vrai, cette appellation ne semble pas très heureuse car une eau naturelle peut renfermer une certaine quantité d'oxygène en solution et présenter les traits caractéristiques d'une eau oxygénée au point de vue biologique sans, pour autant, contenir de peroxyde d'hydrogène. Il n'y a donc pas lieu, me semble-t-il, de maintenir le nom d'eau oxygénée lorsqu'on veut désigner une solution aqueuse à faible concentration en peroxyde d'hydrogène.

Structure moléculaire du peroxyde d'hydrogène

La structure moléculaire proposée pour le peroxyde d'hydrogène offre un double intérêt: la présence d'un pont peroxydique $-O-O-$ et la distribution non linéaire des quatre atomes constituant la molécule.

Les peroxydes ont au moins deux atomes d'oxygène présents dans leur structure moléculaire. Mais n'en est-il pas de même, par définition, de tous les bioxydes? Ce point mérite un peu d'attention.

Dans les bioxydes comme le bioxyde de carbone, CO_2 , le bioxyde de soufre, SO_2 et le bioxyde de titanium, TiO_2 , chacun des atomes d'oxygène est directement lié à l'élément différent, sans qu'il y ait une liaison chimique directe entre les deux atomes d'oxygène. Le bioxyde de carbone, par exemple, a une structure moléculaire que l'on peut représenter comme suit : $O=C=O$.

Les peroxydes ont, au contraire des bioxydes, une liaison chimique directe entre deux atomes d'oxygène dans leur molécule. Ce pont peroxyde est une liaison chimique covalente plutôt faible de sorte que les substances qui renferment un tel pont peroxyde sont, à cause de ce facteur, facilement impliquées dans des réactions chimiques où le pont peroxyde, $-O-O-$, est rompu. Le peroxyde d'hydrogène suit cette loi.

Ces structures différentes sont à l'origine du comportement différent des bioxydes et des peroxydes. C'est ainsi que les peroxydes réagissent avec les acides tandis que les bioxydes ne le font pas.

Cette distinction structurale entre les peroxydes et les bioxydes déjà connue des chimistes (2) rend compte de la réalité et on ne devrait plus se permettre d'écrire (3) que « Peroxyde d'hydrogène » et « Bioxyde d'hydrogène » sont synonymes l'un de l'autre. Le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 , n'est donc pas de la même famille chimique que les bioxydes familiers aux jeunes chimistes.

Une charpente moléculaire angulaire

Parkes (4) prétend qu'il subsiste encore quelque doute à propos de la distribution dans l'espace des éléments constituant le peroxyde d'hydrogène.

Sans refaire l'histoire des recherches à ce propos, disons seulement que l'hypothèse d'une molécule en ligne droite, $H-O-O-H$, est écartée comme constitution de H_2O_2 , au moins depuis les travaux de Randall (1937) sur le spectre à rayons-X obtenu à partir du peroxyde d'hydrogène liquide pur.

On admet aujourd'hui que les atomes d'hydrogène de cette molécule forment entre eux un angle presque droit et que, de plus, chacun de ces atomes d'hydrogène engendre un angle aussi important avec la ligne imaginaire qui réunit les deux atomes d'oxygène (voir Figure 1).

En examinant le dessin ci-contre, ceux des lecteurs qui sont moins familiers avec les préoccupations du chimiste professionnel iront peut-être jusqu'à croire qu'un tel modèle moléculaire est tout au plus le fruit de l'imagination débridée d'un théoricien quelconque! Rien n'est moins vrai.

Lorsqu'un savant propose un modèle de structure pour une substance chimique, il doit d'abord s'assurer que le modèle moléculaire qu'il suggère est capable de rendre compte des propriétés *expérimentales* de la substance en cause. Quelle que puisse être l'ingéniosité de la structure qu'il préconise, il devra l'abandonner dès qu'elle viendra en contradiction avec les propriétés observées chez la substance chimique. En chimie, l'expérimentation est le procédé normal et décisif lorsqu'on entend vérifier les plus fabuleuses théories.

On avait d'abord suggéré, il est vrai, une structure en ligne droite pour illustrer la molécule de H_2O_2 . Voyons comment les propriétés expérimentales du peroxyde d'hydrogène ont conduit au rejet de cette hypothèse. La structure en ligne droite, $H-O-O-H$, aurait signifié que nous étions en présence d'une substance non polaire et, par conséquent, peu ou pas du tout soluble dans l'eau.

On sait en effet qu'une liaison chimique entre des éléments non identiques, par exemple entre l'atome d'hydrogène $H-O$, correspond à une force définie et orientée dans l'espace. C'est la liaison polaire covalente qu'on peut représenter ainsi $H \rightarrow O -$. Dans l'hypothèse d'une structure en ligne droite, la molécule de peroxyde d'hydrogène se représenterait ainsi:



La structure moléculaire exprimée dans cette hypothèse introduit dans la molécule de peroxyde d'hydrogène deux forces d'égale intensité, parallèles et dirigées en sens opposé. En faisant appel à vos premiers cours sur la « composition des forces » dans un système, vous aurez immédiatement conclu que la résultante des forces des liaisons polaires est égale à 0 et, par conséquent, que la polarité de l'ensemble de la molécule de H_2O_2 est nulle.

Or, la conclusion de l'hypothèse précédente n'est nullement en accord avec les données expérimentales. En fait, le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 , est une substance très fortement polaire. On observe que sa constante diélectrique (ou moment dipolaire) est très élevée, soit 2.1 *Debye* (5). On sait par ailleurs que le peroxyde d'hydrogène est entièrement soluble dans l'eau, solvant polaire. Ce fait est une preuve additionnelle si l'on se reporte à cet adage des chimistes selon lequel « les solvants dissolvent leurs semblables » et donc, le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 , doit être polaire puisqu'il se laisse dissoudre facilement dans l'eau, solvant polaire.

Il faut donc mettre de côté l'hypothèse d'une molécule linéaire, $H-O-O-H$, pour traduire dans l'espace H_2O_2 et faire appel à une struc-

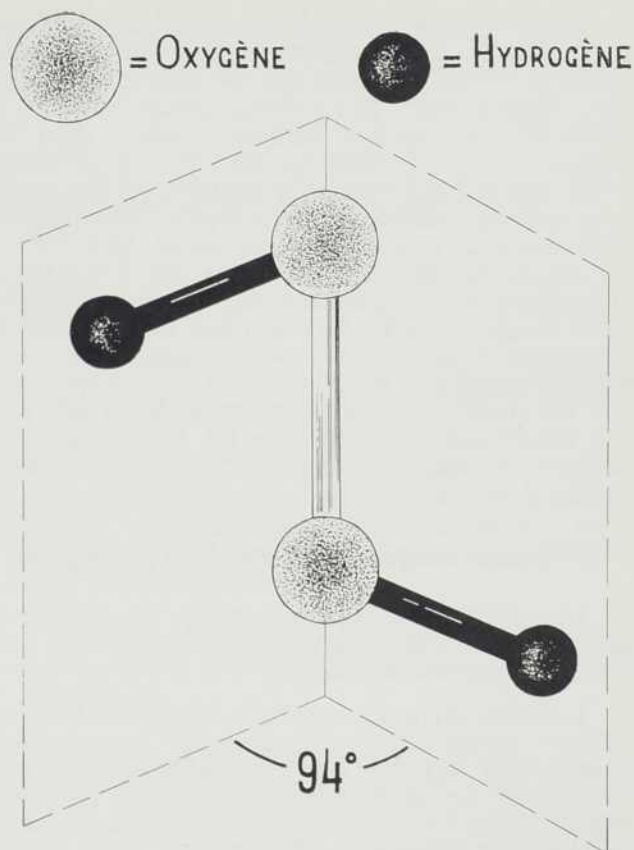


Fig. 1. Structure proposée pour le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 .

La liaison chimique entre les deux atomes d'oxygène ne comporte aucune polarité puisqu'elle relie deux atomes identiques. Elle n'entre pas en ligne de compte dans l'évaluation de la polarité globale de la molécule; c'est pourquoi le dessin ne la met pas en évidence. Par contre, on met en relief les liaisons polaires Hydrogène-Oxygène qui sont responsables de la polarité globale du Peroxyde, par suite de leur disposition angulaire. Les contributions de ces deux liaisons chimiques s'additionnent géométriquement.

ture qui maintiendra entre les liaisons $H \rightarrow O$ — de chaque extrémité de la molécule, un angle tel qu'il puisse rendre compte exactement de la polarité mesurée expérimentalement et des autres propriétés réelles du peroxyde d'hydrogène. Or vous vous rappelez que la résultante de deux forces qui font un angle entre elles n'est pas nulle. Cette valeur issue de la « composition » des forces intramoléculaires de l'affinité chimique doit être perceptible dans l'architecture du modèle moléculaire suggéré pour H_2O_2 . Examinez, à nouveau, le dessin qui accompagne cet article et vous verrez sans doute mieux pourquoi les théoriciens de la chimie ont dû, dans le cas du peroxyde d'hydrogène, renoncer à une formule « droite » au profit d'une structure fortement angulaire. L'angle entre les deux liaisons $H \rightarrow O$ — de même que l'angle avec la jonction $-O-O-$ devaient être très forts pour pouvoir rendre compte de la polarité exceptionnellement élevée du peroxyde d'hydrogène.

Cette explication de la structure moléculaire du peroxyde d'hydrogène a sans doute semblé aride et difficile à ceux qui ne font pas de chimie chaque jour. Nous avons pourtant tenu à l'aborder, au moins sommairement, afin de montrer, s'il en était besoin, que le chimiste n'est pas uniquement un savant qui manoeuvre des éprouvettes et des pipettes. Comme tout savant, il doit régulièrement procéder à la confrontation difficile entre ses hypothèses théoriques et les mesures expérimentales obtenues au laboratoire. Il y a, pour lui, un travail d'analyse et d'auto-critique, qui réserve au chimiste des tâches intellectuelles fort intéressantes. Le chimiste ne peut se contenter d'une forme supérieure de bricolage en laboratoire. La science le convie à des aventures autrement exaltantes.

Quelques usages du peroxyde d'hydrogène

Les différentes concentrations des solutions de peroxyde d'hydrogène permettent une très grande variété d'usages.

La solution à 3% de H_2O_2 s'emploie surtout comme antiseptique ou germicide. Le pharmacien pourra l'utiliser dans la préparation de rinçage-bouche, de dentifrice ou de lotions désinfectantes. Mais on met surtout à profit le pouvoir oxydant du peroxyde d'hydrogène dans la restauration de tableaux et de gravures, dans le « vieillissement artificiel » des vins et des liqueurs fortes, dans le raffinage des huiles et des graisses.

Une solution à 6% de H_2O_2 est ordinairement utilisée pour décolorer certaines substances qui se transforment en produits incolores après avoir été oxydées sous l'action chimique du peroxyde d'hydrogène. Il s'agit souvent de produits assez fragiles qui ne supporteraient pas sans danger l'intervention d'un oxydant plus énergique. Une

solution à 6% de H_2O_2 pourra donc faire disparaître certaines taches de jus de fruit, de café; cette solution permettra de « blanchir » l'ivoire, les cheveux. L'industrie des textiles pourrait décolorer au peroxyde les fibres de laine, de soie et de coton. Il semble que le coût relativement élevé soit le principal motif qui retarde la généralisation de ce procédé de blanchiment.

Au laboratoire de chimie analytique, le chimiste pourra faire intervenir le peroxyde d'hydrogène dans son travail, s'il veut provoquer certaines oxydations comme la transformation des sulfites en sulfates, des nitrites en nitrates, etc.

L'industrie peut se permettre d'utiliser des solutions plus concentrées en peroxyde d'hydrogène dans certaines opérations de décoloration. Mentionnons enfin que des solutions à 85% et plus de H_2O_2 étaient utilisées comme comburant lors des lancements des fusées allemandes V_2 à la fin de la dernière guerre mondiale.

Références

- (1) BALLOUL, A. *Cours de Chimie*, Tome I, pp. 257 et suiv., Editions Eyrolles, Paris, 1958.
- (2) BROWNLEE, FULLER et autres, *Elements of Chemistry*, p. 122, Macmillan of Canada, Toronto, 1964.
- (3) GUERIN, H. *Chimie*, p. 445, Dunod, Paris, 1965.
- (4) PARKES, G. D. *Mellor's Modern Inorganic Chemistry*, p. 299, Longmans Green and Co. Ltd, London, 1959.
- (5) GOULD, Edwin S. *Inorganic Reactions and Structure*, p. 382, Henry Holt and Company, New York, 1955.

Nous tenterons, dans un autre article, de mettre en évidence les possibilités du peroxyde d'hydrogène comme agent oxydant et comme agent réducteur. A la même occasion, nous vous proposerons certaines expériences faciles qui mettent en relief les étonnantes possibilités du peroxyde d'hydrogène.

ACTUALITÉ

Le 2e congrès international d'océanographie

Plus de 1,200 hommes de science ont déjà fait connaître leur intention d'assister au 2e congrès international d'océanographie qui aura lieu à Moscou du 30 mai au 9 juin 1966 et sera consacré à l'étude des océans au service de l'humanité, selon un communiqué de la Maison de l'Unesco à Paris.

Des 484 rapports qui ont été acceptés, 148 sont présentés par des savants soviétiques et 336 par des personnalités d'autres pays. Ils feront l'objet d'un tirage préliminaire en deux volumes actuellement en cours d'impression.

La cérémonie d'ouverture aura lieu le 30 mai dans la Grande Salle de l'Université de Moscou. Le congrès durera dix jours dont huit seront consacrés à la présentation et à la discussion des rapports scientifiques. Les sujets suivants seront examinés au cours des séances: l'océan et l'atmosphère, l'océan et la vie, géologie marine (structure de la croûte et du manteau supérieur sous les océans), océanographie de l'Océan indien et de la région antarctique.

De plus, sept colloques seront organisés pendant le congrès sur les sujets suivants: bio-acoustique, biogéochimie; les eaux profondes résurgentes et leurs aspects physiques et biologiques; les appareils d'océanographie; etc.

Ce congrès est organisé par le Gouvernement de l'URSS en vertu d'un accord spécial conclu avec l'Unesco, et avec le concours du Comité scientifique de la recherche océanographique du Conseil international des unions scientifiques, de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), de l'Organisation météorologique mondiale et de l'Agence internationale de l'énergie atomique.

Présentation et commentaires de cartes sur le NOUVEAU-QUÉBEC

par Michel BROCHU

Carte 4 : l'utilisation des forêts et des sols

La carte 4 présente les enseignements suivants: il existe, au Nouveau-Québec, trois grandes zones de végétation d'après Jacques Rousseau⁶:

1) La zone subarctique comprise entre les 51° et le 55° 30' de latitude nord qui est constituée d'une forêt clairsemée avec de nombreuses trouées et un grand nombre d'arbustes. On y note deux formations principales: la taïga sèche où l'Épinette noire domine à 95%; et la taïga humide qui, en plus des Épinettes noires, renferme aussi des mélèzes;

2) la zone hémiarctique qui s'étend, en gros, au nord du 55° 9' de latitude nord et est caractérisée par une toundra forestière où l'Épinette noire est l'élément dominant et où les surfaces sans arbre deviennent de plus en plus importantes vers le nord;

3) la zone arctique caractérisée par l'absence d'arbre et où la végétation est constituée principalement de mousses, de lichens et de plantes peu développées qui ne dépassent pas la taille des arbustes.

Les sols, quant à eux, peuvent être divisés en trois grandes régions⁷:

1) Des podzols associés à des sols tourbeux et à des affleurements rocheux, région à laquelle correspond à la fois la zone végétale subarctique et, aussi, plus au sud la zone tempérée

6. Rousseau, Jacques, *La zonation latitudinale dans la péninsule Québec-Labrador*, Paris, 1961.

7. D'après la carte 35 de l'Atlas du Canada (1958).

supérieure (forêts boréale ou coniférienne); signalons au sud-est de la baie James une poche de sols tourbeux associés à des sols alluviaux et à des sols bruns forestiers;

2) des sols tourbeux avec affleurements qui correspondent à la zone hémiarctique (toundra forestière);

3) des sols de toundra non tourbeux et en général acides avec de nombreux affleurements rocheux et correspondant à la zone végétale arctique sans arbre. Il est assez extraordinaire de noter, comme on le voit sur la carte, que l'utilisation effective des sols à des fins agricoles et de la forêt à des fins commerciales est réduite à très peu de chose: on note, tout d'abord, l'absence de concession forestière de grande envergure pour la coupe du bois ou en vue de l'industrie du papier; il semble bien que celle-ci ne serait possible qu'entre le 51° parallèle et le sud de la baie James et, encore suivant une bande d'environ 0.5 mille (0.8 km) de chaque côté des cours d'eau de cette région: les possibilités d'obtenir du bois pour l'industrie du papier sont donc infimes au Nouveau-Québec.

Pour ce qui est du bois de sciage et du bois de chauffage, cependant, la forêt est exploitée à une échelle réduite et pour des besoins locaux seulement, aux environs de certains postes. C'est ainsi que fonctionnent une scierie à Fort-Rupert et à Nouveau-Comptoir, sous l'égide de la Direction des Affaires indiennes; la plus importante scierie de tout le Nouveau-Québec est, cependant, celle de la mission de Fort-Sainte-Foy qui travaille essentiellement pour les besoins de la mission en plus de scier du bois pour rendre service aux Indiens de l'endroit. Il existe deux autres scieries respectivement situées à Fort-Chimo et à Port-Nouveau-Québec et qui sont rattachées à la coopérative de ces endroits. Il est à souligner que ces deux dernières scieries sont en zone de toundra forestière, alors que les trois premières sont situées en zone de forêt boréale.

Aucune de ces scieries travaille plus que quelques mois par année, à chacun des endroits mentionnés; les coupes de bois de chauffage sont plus importantes que celles du bois de sciage. On ne peut donc parler d'économie forestière du bois pour chacun des postes mentionnés, sauf peut-être partiellement à Fort-Sainte-Foy où les opérations forestières sont nettement les plus importantes.

Au rythme des coupes en 1964, et même à supposer qu'elles décupleraient dans un certain avenir, il n'y a aucun danger d'épuiser les zones forestières qui s'étendent autour des postes précités. Au Poste-de-la-Baleine, à Havre-Sainte-Anne et à Némiscau, il n'y pas de scierie, mais on y coupe quelques milliers d'arbre par année pour du bois de chauffage. En d'autres termes, dans la zone forestière du Nouveau-Québec, la forêt fournit à la fois le bois pour construire les habitations et pour le combustible.

Dans la zone de toundra, le bois est inconnu comme combustible; on emploie le mazout pour

le chauffage. Les maisons esquimaudes en bois sont constituées de panneaux préfabriqués en contreplaqué dont les éléments viennent des grandes villes. En ce qui concerne l'agriculture, il n'y a qu'une ferme véritable qui mérite ce nom: celle de Fort-Sainte-Foy. Dans les trois autres postes des rives de la baie James, il y a quelques cultures (pommes de terre surtout) la plupart étant la propriété des missions catholiques: celles-ci sont situées entre le 51° 29' et le 53° 50'. Dans les zones hémiarctiques et arctiques, il existe seulement une station de recherche en agriculture et qui appartient au ministère de l'Agriculture du gouvernement du Canada, elle est sise à la rivière Fausse où presque toutes les cultures se font en serre chaude ou encore à l'extérieur sous couvert de plastique. Il semble donc y avoir très peu de culture à l'air libre. Cette station expérimentale, créée en 1955, a fermé ses portes en 1965. Il faut ajouter, dans cette région, une serre à Fort-Chimo et une à Maricourt: celles-ci appartiennent aux missions catholiques de chacun de ces endroits.

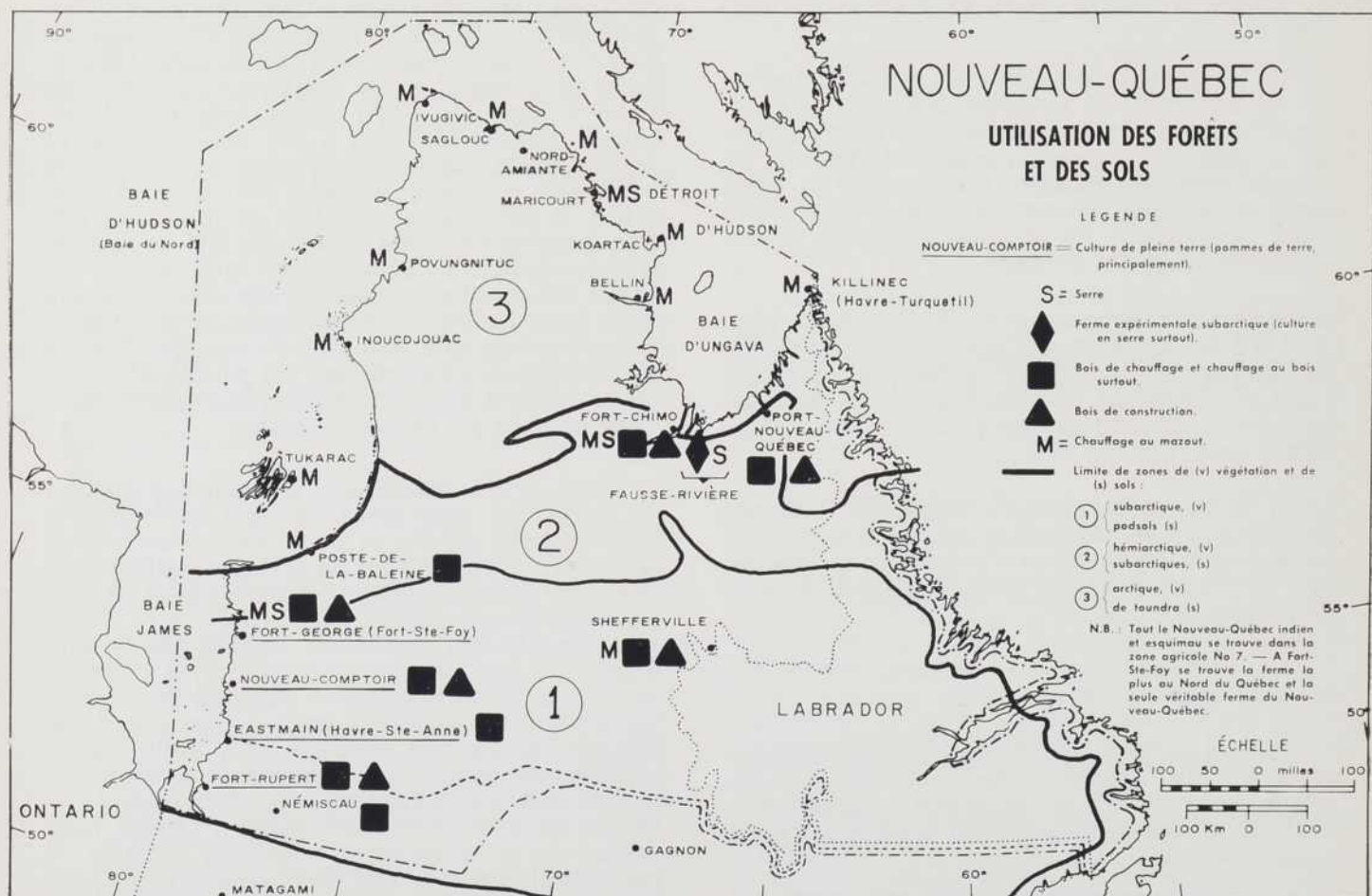


TABLEAU V. — Sols et zones de végétation: utilisation des forêts et agriculture⁸.

| Nom du poste | Zones de végétation ⁹ | Agriculture de pleine terre (arpents) | Serre | Bois de construction | Bois de chauffage |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|-------|----------------------|-------------------|
| Némiscau | Subarctique | — | — | — | oui |
| Fort-Rupert | Subarctique | 8 | — | oui | oui |
| Havre-Sainte-Anne | Subarctique | 2 | — | — | oui |
| Nouveau-Comptoir | Subarctique | 0.2 | — | oui | oui |
| Fort-Sainte-Foy | Hémiarctique | 15 | oui | oui | oui |
| Poste-de-la-Baleine | Hémiarctique | — | — | — | oui |
| Tukarac | Arctique | — | — | — | — |
| Inoucdjouac | Arctique | — | — | — | — |
| Povungnituc | Arctique | — | — | — | — |
| Ivugivic | Arctique | — | — | — | — |
| Saglouc | Arctique | — | — | — | — |
| Maricourt | Arctique | — | oui | — | — |
| Koartac | Arctique | — | — | — | — |
| Bellin | Arctique | — | — | — | — |
| Fort-Chimo | Hémiarctique | — | oui | oui | oui |
| Port-Nouveau-Québec | Hémiarctique | — | — | oui | oui |
| Havre-Turquetil | Arctique | — | — | — | — |
| Schefferville | Subarctique | — | — | oui | oui |
| Rivière Fausse ¹⁰ (station expérimentale) | Hémiarctique | oui | oui | — | — |

8. Sources : Zones de végétation : Jacques Rousseau, *La zonation latitudinale dans la Péninsule Labrador-Québec*, Paris, 1961. Sol : carte 35 de l'*Atlas du Canada* (1958). Station expérimentale de la rivière Fausse : ministère de l'Agriculture, Ottawa ; (correspondance). Colonnes 2 à 5 : Pères Oblats de Marie-Immaculée et observations personnelles de l'auteur.

9. Zones de végétation et zones pédologiques se correspondent en gros : I - Zone de végétation subarctique (taïga sèche et humide); sols : podsols, sols tourbeux et affleurements rocheux. II - Zone hémiarctique (toundra forestière); sols : tourbeux avec affleurements. III - Zone arctique (toundra); sols : en général tourbeux et non acides.

10. La station expérimentale de la rivière Fausse, où il n'y a aucun peuplement, a été créée par le ministère de l'Agriculture du gouvernement du Canada, en 1955, pour une durée de 10 ans ; elle a été fermée, comme il avait été prévu, à l'automne 1965. On y cultivait des légumes en pleine terre, en serre et sous abri de plastique ; aucun rapport officiel n'avait été publié au début de l'année 1966.

Il faut pourtant retenir que l'agriculture est des plus prometteuses au sud de la baie James, non seulement dans la poche de sols bruns situés au sud de cette région, mais au delà jusqu'à Fort-Sainte-Foy au moins, comme l'expose et le confirme éloquemment un rapport datant de 1962 préparé par un agronome du gouvernement du Québec, Monsieur Rodolphe Cloutier. Il est, enfin, très intéressant de noter que, n'étaient les quelques cultures des missions catholiques au Nouveau-Québec et à l'exception de la sta-

tion expérimentale mentionnée, il n'y aurait pas de culture de pleine terre au Québec au nord du 51^e parallèle.

Note de la rédaction :

Le texte précédent est extrait de l'article « Présentation et commentaires de cartes sur le Nouveau-Québec », paru dans *L'Actualité économique*, Institut d'Economie appliquée, Ecole des Hautes Etudes commerciales, Montréal, numéro 4 de la 40^e année, janvier-mars 1965, pages 713-717. Cet extrait est publié avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de la direction de la revue.

La pluie provoquée

La modification du "temps" est-elle possible ?

par Raymond PERRIER

Les premiers Cro-magnons qui se réveillèrent un matin au milieu de leur caverne inondée furent sans doute les premiers à rêver de modifier les conditions atmosphériques. Au cours des siècles, les tentatives de l'homme pour changer le temps ont été nombreuses et variées; elles sont allées des incantations des sorciers aux méthodes modernes d'ensemencement des nuages. A travers les âges, on retrouve donc de multiples expériences tentées dans le but de modifier la précipitation. César raconte comment certaines peuplades attaquaient les nuages de grêle avec leurs arcs et leurs flèches. En Europe occidentale et en France en particulier, on utilisait le son des cloches pour changer la direction des orages; puis vint le tir des canons destiné à décimer les nuages de grêle. Au tir des canons succéda l'arsenal des fusées para-grêles. Un croquis de la fin du siècle dernier montre un im-

prudent « *faiseur de pluie* » en train d'amorcer des décharges électriques à la base d'un nuage dans le but de provoquer la précipitation. Tout ceci avait encore quelque chose d'un peu sorcier, un aspect magie noire qui ne manquait pas de laisser de nombreux sceptiques.

Les premiers succès

La possibilité d'influencer le comportement naturel des nuages a été mise en évidence de façon non-équivoque par Schaefer et Langmuir au cours d'expériences devenues classiques. En juillet 1946, Vincent-Joseph Schaefer découvre en laboratoire que de petits fragments de neige carbonique tombant dans une chambre froide remplie d'un nuage surfondu, provoquent la formation de millions de minuscules cristaux de glace et la chute de petits cristaux de neige. La neige carbonique ayant son point d'ébullition à -78°C , sa sublimation provoque

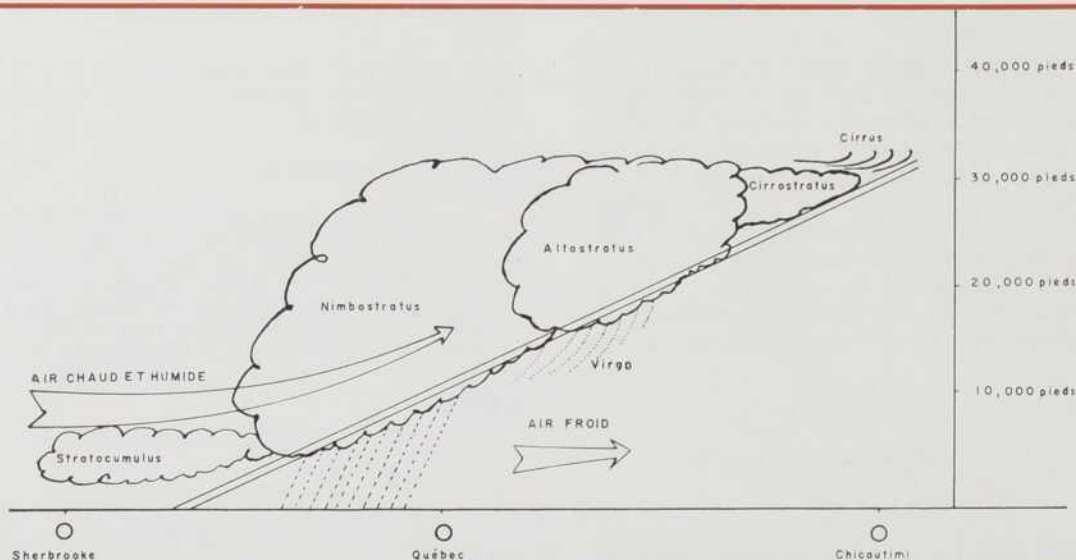


Fig. 1. Soulèvement frontal.

Cette coupe verticale montre le soulèvement de l'air chaud alors qu'il se déplace rapidement vers le nord-est. L'air froid retraite lentement vers le nord mais l'air chaud, qui se déplace plus rapidement, est forcé de monter le long de la couche froide comme sur une rampe de lancement. Le soulèvement de vastes couches d'air chaud et humide est essentiel à la formation de la pluie naturelle comme de la pluie provoquée.



Fig. 2. Dissipation des nuages.

Vue aérienne prise au Groenland, environ 30 minutes après la dispersion de boulettes de neige carbonique sur une couche de stratocumulus surfondu. Dans le cas de nuages minces, le refroidissement provoqué par l'évaporation de la neige carbonique est tel que toute la partieensemencée est convertie en cristaux de glace. Les dimensions de l'éclaircie obtenue ici, sont d'environ deux milles sur six milles. (Gracieuseté de U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, N.H.).

dans l'atmosphère environnant un brusque abaissement de température qui est plus que suffisant pour amener la cristallisation des gouttelettes d'eau surfondu. On sait que le phénomène de surfusion de l'eau, c'est-à-dire la persistance de gouttelettes d'eau liquide à des températures inférieures au point de congélation, cesse brusquement lorsque la température descend plus bas que -40°C .

Aux expériences menées en chambre froide, manque la confirmation des essais en plein air. Ils ont lieu le 13 novembre 1946, au-dessus du Mont Greylock au Massachusetts. A l'aide d'un petit avion, Schaefer disperse au-dessus d'un altocumulus surfondu, six livres d'anhydride carbonique concassé. L'ensemencement se fait sur une distance de trois milles suivant un patron ressemblant à une piste de course. Le Docteur Irving Langmuir, posté au sol, constate un début de chute de neige à partir du nuageensemencé. Au cours des mois suivants, on répète l'expérience avec des résultats identiques. A plusieurs occasions, la neige tombe suffisamment pour laisser une large éclaircie dans le nuageensemencé; en aucun cas cependant, il ne s'agit de précipitations importantes.

La « pluie provoquée »

Les premiers rapports de Schaefer et Langmuir sont accueillis par plusieurs avec scepticisme, par d'autres

avec grand enthousiasme. On ne met pas grand temps à reconnaître les importants avantages économiques reliés à la pluie provoquée. C'est la solution rêvée aux problèmes causés par la demande croissante d'eau, tant pour des fins industrielles que domestiques ou agricoles.

Et lorsque Bernard Vonnegut découvre les propriétés glaçogènes de l'iodure d'argent, l'optimisme d'un certain groupe devient encore plus grand. Travaillant en compagnie de Schaefer et Langmuir à la Cie General Electric, Vonnegut vérifie en laboratoire que de minuscules cristaux d'iodure d'argent peuvent remplacer avantageusement les noyaux glaçogènes à partir de températures aussi « chaudes » que -4°C . Ils sont plus efficaces que tous les noyaux glaçogènes naturels connus. On peut les produire en quantités astronomiques, environ 10^{15} par gramme d'iodure d'argent, et ces minuscules cristaux peuvent demeurer en suspension dans l'air pendant longtemps avant d'être entraînés dans l'atmosphère par les courants ascendants jusqu'aux couches surfondues du nuage. Vérifiées en laboratoire, les étonnantes possibilités de l'iodure d'argent sont confirmées, du moins partiellement, par des expériences en plein air conduites dès 1948. On répète les expériences de Schaefer et Langmuir avec tout autant de succès en dispersant du haut des airs sur un nuage surfondu, des cristaux d'iodure d'argent au lieu de neige carbonique concassée.

Les « faiseurs de pluie » des années '50

Forts de ces résultats, certains météorologues sautent vite à la conclusion suivante : si l'ensemencement de minces couches de nuage peut causer localement de petites quantités de précipitation, la même méthode, appliquée sur une grande échelle et à des nuages de fortes dimensions produira de fortes précipitations. Les années ont passé depuis 1948 mais cette conclusion hâtive reste encore à prouver.

Question de facilité sans doute, à partir de 1949 l'ensemencement des nuages à l'aide de générateurs d'iodure d'argent placés au sol, se développe rapidement. Un essaim de « faiseurs de pluie » s'abat sur l'ouest des Etats-Unis en particulier. Ces « faiseurs de pluie » profitant de la crédulité des cultivateurs inondent le marché d'une littérature à fins uniquement commerciales où le ridicule des avancées n'est dépassé que par les tarifs exorbitants exigés pour leurs services. Cependant, leur réclame criarde et exaltée ne produit pas les surplus de pluie promis... Après quelques années, les cultivateurs exploités jettent les hauts cris. Le voile du discrédit s'abat sur la météorologie expérimentale.

Aujourd'hui encore, la controverse qui s'inscrira dans l'histoire comme l'une des pires divisant le monde scientifique, continue de régner. Certes de nombreux météorologues ont révisé leur position au sujet de la pluie artificielle et, devant les modestes succès d'expérimentateurs sérieux, sont prêts à reconnaître que la modification du temps n'est plus une entreprise utopique. Mais il reste encore de nombreux sceptiques dont la position, facilement défendable d'ailleurs, est la suivante : « Montrez-moi des résultats plus convaincants. Mettez au point des techniques plus efficaces qui mèneront à des résultats nettement positifs ».

Essayons donc d'analyser la situation telle qu'elle se présente en 1966 en examinant brièvement les bases scientifiques de la modification du temps, les techniques d'ensemencement des nuages utilisées pour provoquer la pluie, les méthodes d'évaluation des résultats et les réalisations qu'on peut raisonnablement attendre dans un avenir rapproché.

La météorologie expérimentale moderne

Les expériences modernes de modification du temps sont basées sur des concepts scientifiques et des hypothèses de travail qui peuvent se résumer ainsi :

- La formation de la précipitation dans un nuage surfondu nécessite l'intervention de cristaux de glace pour permettre des chutes de neige ou de pluie par le processus de Bergeron-Findeisen.
- A défaut de cristaux de glace, le nuage doit contenir de grosses gouttelettes d'eau ou bien de gros noyaux hygroscopiques pour amorcer le processus de coalescence.

- On croit que de nombreux nuages précipitent peu et même pas du tout à cause d'une carence de cristaux de glace, de gros noyaux hygroscopiques ou de grosses gouttelettes.
- Dans les cas de déficience réelle de ces agents de précipitation, on peut remédier à la situation soit à l'aide d'anhydride carbonique (glace sèche) ou d'iodure d'argent qui produiront les cristaux de glace, soit en introduisant directement dans le nuage des gouttelettes d'eau ou de gros noyaux hygroscopiques.

Il est important de réaliser qu'une chute de pluie importante, qu'elle se produise naturellement ou qu'elle soit provoquée par des noyaux artificiels, nécessite la présence dans l'atmosphère de réserves appréciables d'eau qui se présentent sous forme de courants d'air très humides; elle nécessite également le concours d'un processus actif de formation des nuages : la présence d'un front chaud par exemple (Fig. 1). L'ensemencement des nuages ne crée pas la pluie mais permet de déclencher certains mécanismes de précipitation dans des nuages déjà « mûrs » c'est-à-dire des nuages proches de leurs conditions naturelles de précipitation.

Les techniques d'ensemencement

On attaque les nuages surfondus en utilisant soit la neige carbonique, soit l'iodure d'argent. Ces deux agents d'ensemencement produisent dans le nuage surfondu de minuscules cristaux de glace; les mécanismes en cause sont cependant très différents.

La neige carbonique agit par refroidissement. Le point d'ébullition de l'anhydride carbonique (CO_2) est de -78°C . En tombant dans l'atmosphère, les boulettes de neige carbonique s'évaporent rapidement et provoquent ainsi un brusque refroidissement de l'air environnant. La température des gouttelettes d'eau surfondues s'abaisse rapidement jusqu'à -40°C . C'est le point critique où cesse la surfusion; les gouttelettes se transforment en minuscules cristaux de glace qui immédiatement se mettent à croître au détriment des gouttelettes non encore congelées. Le mécanisme de précipitation de Bergeron-Findeisen est déclenché.

L'ensemencement des nuages surfondus avec de la neige carbonique est un procédé coûteux. Il nécessite l'emploi d'un ou de plusieurs avions pour « saupoudrer » les sommets des nuages. Il nécessite également de l'outillage encombrant qui sert à produire des boulettes de neige carbonique suffisamment grosses (environ un pouce de diamètre) pour que leur évaporation ne se fasse pas avant qu'elles n'aient atteint le nuage qu'on veut ensemençer.

Le coût des opérations fait que l'ensemencement à la neige carbonique est de nos jours limité presque exclusivement à la dissipation des nuages plutôt qu'à l'augmentation des pluies. L'aviation militaire américaine (U.S.A. F.) et l'aviation civile utilisent couramment cette technique pour dégager le ciel des brumes et stratus surfondus au-dessus des aéroports (Fig. 2). Aux aéroports de

Reno, Spokane, Boisé, Portland et Medford, dans l'ouest des Etats-Unis, on a enregistré globalement 82% de réussites dans ce domaine au cours des quatre dernières années.

Par ailleurs, l'iodure d'argent agit par analogie cristalline. La structure cristalline de l'iodure d'argent est très voisine de celle de la glace. Lorsqu'on soumet de la poudre d'iodure d'argent à de hautes températures, elle se vaporise. En refroidissant cependant l'iodure cristallise dans la forme hexagonale caractéristique des cristaux de glace, en donnant de minuscules particules dont le diamètre est de l'ordre de 0.01 à 0.1 micron. Introduites dans un nuage surfondu, ces particules d'iodure d'argent se conduisent comme une semence sur laquelle germent les cristaux de glace. Le mécanisme exact qui intervient dans la formation d'un cristal de glace à partir d'un noyau d'iodure d'argent a donné lieu à de nombreuses et patientes recherches. On a de bonnes raisons de penser qu'un mince film de molécules d'eau se dépose d'abord sur le cristal d'iodure d'argent, que ces molécules d'eau se disposent suivant la structure hexagonale de la glace, puis gèlent. La croissance des cristaux de glace se fait ensuite aux dépens des gouttelettes d'eau avoisinantes. Le mécanisme de précipitation de Bergeron-Findeisen est déclenché.

Nombreux sont les noyaux glaçogènes naturels qui interviennent pour amorcer la formation naturelle de cristaux de glace dans les nuages surfondus; la plupart de ces noyaux glaçogènes naturels ne sont efficaces qu'à des températures de -15° C. Les noyaux de kaolin (poussière d'argile) sont efficaces à -10° C, les cendres volcaniques à -12° C. L'iodure d'argent pour sa part est un agent glaçogène efficace à des températures aussi « chaudes » que -4° C, ce qui en fait l'un des noyaux glaçogènes artificiels les plus avantageux.

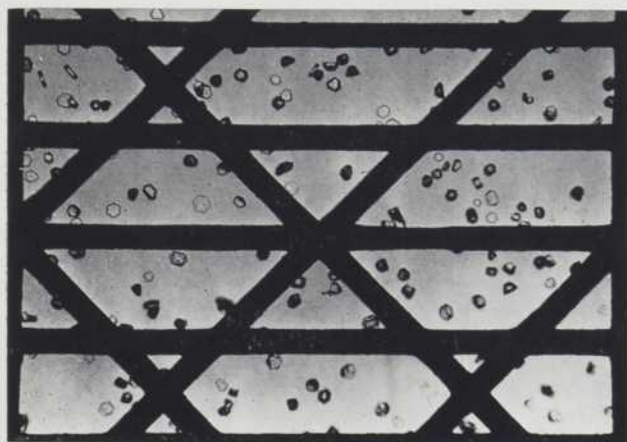


Fig. 3

Stade initial du développement de cristaux de glace consécutif à l'ensemencement. L'échantillon a été recueilli quelques minutes après la dispersion de boulettes de neige carbonique au-dessus d'un stratus surfondu. La photographie a été prise avec un grossissement de 160 fois. (Gracieuseté de M. Motoi Kumai et de U. S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory).

Les générateurs disposés au sol

La technique préconisée par Vonnegut pour produire des particules d'iodure d'argent est simple, peu coûteuse et d'un excellent rendement. Dans un brûleur on porte l'iodure d'argent solide à une température suffisamment élevée pour produire la sublimation. Les fumées s'échappant du brûleur se refroidissent dans l'atmosphère ou l'iodure cristallise dans la forme hexagonale. Un gramme d'iodure d'argent peut produire jusqu'à 10^{15} particules.

Il y a en usage de nombreux types de générateurs dont le rendement varie beaucoup et que nous ne décrivons pas en détails. Qu'il suffise de mentionner qu'on utilise généralement un brûleur au gaz propane dans la flamme duquel on introduit l'iodure d'argent soit sous forme de solution (AgI, KI, acétone) soit sous forme d'une mèche imprégnée de la solution (voir Figure 4).



Fig. 4. Générateur d'iodure d'argent.

La bouteille, à droite, contient le gaz propane qui alimente le brûleur placé à gauche, dans la caisse de métal. Une grosse mèche de coton imprégnée d'une solution d'iodure d'argent et d'acétone est introduite dans le brûleur où la température atteint les 2,000 degrés F et où sont produits les noyaux d'iodure d'argent. Le débit de brûlage de la mèche est réglé par un mouvement d'horlogerie placé au centre. (Gracieuseté de la Cie Weather Engineering).

Les particules d'iodure d'argent produites par les générateurs sont suffisamment petites pour se maintenir en suspension dans l'air pendant longtemps. Si les courants ascendants sont favorables, les fumées d'iodure d'argent sont portées jusque dans les nuages où ils peuvent former des cristaux de glace et déclencher la précipitation. Il faut aussi compter avec les vents horizontaux qui charrient les fumées d'iodure d'argent sur de longues distances. La montée des particules ne se fait donc pas verticalement mais en pente; la distance entre le générateur et le nuage qui sera éventuellement affecté est de l'ordre de 25 à 50 milles.

Pour ensemercer les nuages sur de vastes superficies on installe donc des batteries de générateurs placés au sol en périphérie d'une zone appelée « zone-cible ». L'allumage des générateurs est réglé suivant le développement des conditions atmosphériques, la trajectoire des perturbations, la direction des vents en altitude. Un système dépressionnaire se déplace-t-il de l'ouest vers l'est, on allumera les générateurs placés à l'ouest de la cible, deux à trois heures avant l'arrivée des masses nuageuses prévues.

Le gros inconvénient de cette technique c'est qu'on n'a jamais l'assurance que les particules d'iodure d'argent produites au sol atteindront vraiment les couches nuageuses où la température est inférieure à -4° C. En été, les couches surfondues des nuages se trouvent à plus de 12.000 pieds d'altitude et on devra compter sur de bons courants ascendants pour porter les fumées d'iodure d'argent jusque là. Un autre inconvénient est l'effet destructeur des rayons lumineux. Les particules d'iodure d'argent exposées durant quelques heures à la lumière solaire perdent leurs propriétés glaçogènes.

Une partie des aléas de l'ensemencement avec générateurs placés au sol sont évités par l'emploi de l'avion qui va disperser les particules d'iodure d'argent directement dans le nuage à la hauteur désirée. Mais alors le coût des opérations devient prohibitif dans la plupart des cas.

Efficacité

L'efficacité des méthodes modernes d'ensemencement pour dissiper les nuages et brumes ne fait aucun doute. La photographie de la Figure 2 est, en ce sens, assez éloquent. On peut également, dans bien des cas, provoquer la précipitation, hâter le début d'une pluie très probable, stimuler la croissance de certains nuages.

Ce qui est *beaucoup moins certain et beaucoup plus difficile à démontrer* c'est que l'ensemencement des nuages augmente le volume de la pluie qui serait tombée naturellement. Comment démontrer que la pluie obtenue d'un nuage ensemené ne serait pas tombée si on avait laissé le nuage suivre son développement normal? Comment distinguer entre pluie naturelle et « pluie artificielle » ?

La séquence filmée présentée en Figure 5 et montrant le bourgeonnement provoqué d'un cumulus congestus illustre bien les difficultés d'interprétation que posent ces expériences. Ensemené d'un avion vers 11 heures et 31 minutes, le cumulus choisi se développe plus rapidement que les cellules voisines comme on peut le vérifier sur la photo de 12 heures et 9 minutes; vers 12 heures et 29 minutes, on constate que la précipitation est bel et bien déclenchée.

Cette expérience spectaculaire est, à première vue, très convaincante. Cependant, l'ensemencement des cumulus se fait dans des circonstances nettement défavorables au contrôle.

- Il se trouve que ce type de nuage, alimenté par de puissants courants ascendants, est toujours en voie d'évolution rapide.

- Deux cellules de convection voisines évoluent naturellement de façon indépendante.
- Dans bon nombre d'expériences, deux cumulus voisins, l'un ensemené et l'autre non ensemené, ont tous deux donné des averses au bout d'un temps variable.

C'est pourquoi le caractère artificiel des précipitations obtenues dans ce type d'expériences n'est pas rigoureusement démontré.

L'accroissement artificiel du volume de pluie tombée est encore beaucoup plus difficile à mettre en évidence. A la fin d'une saison d'ensemencement ayant porté sur une vaste superficie, on voudra d'abord comparer les précipitations mesurées sur l'ensemble du territoire aux « normales » établies au cours d'une période antécédente à tout ensemenement.

Par exemple, si la pluie enregistrée au cours de la saison d'ensemencement est au-dessus de la normale, on sera porté à conclure que l'ensemencement a augmenté la précipitation. Si la pluie enregistrée est nettement en bas de la normale, on pourra penser que l'ensemencement n'est pas efficace ou diminue la précipitation. Il ne faut pas oublier cependant que ce que nous appelons la précipitation normale n'est rien d'autre qu'une moyenne des précipitations qui se sont produites au cours de nombreuses saisons, certaines sèches, d'autres très pluvieuses. A proprement parler, les précipitations « normales », n'existent pas! Les conclusions auxquelles nous mène ce genre de comparaison ne sont donc d'aucune valeur.

On doit donc avoir recours à des procédés statistiques d'évaluation indépendants de l'occurrence d'années sèches ou pluvieuses. Le plus répandu de ces procédés est le contrôle par corrélation entre zone-cible (ensemencée) et zone-témoin (non-ensemencée). Une description de ce procédé dépasse les cadres de cet article. Bien qu'utilisé couramment par les agences qui font de l'ensemencement des nuages sur une base commerciale, ce procédé de contrôle a été vertement critiqué par plusieurs scientifiques. Disons qu'il ne permet pas de se débarrasser du facteur « chance » qui, au cours d'une saison, peut favoriser sur la zone-cible, la chute de pluies plus substantielles que sur la zone-témoin.

A cause de la grande variabilité des précipitations naturelles, les méthodes statistiques conventionnelles ne sont pas assez précises pour décider avec certitude des augmentations ou des diminutions artificielles de la précipitation qui sont du même ordre de grandeur ou inférieures aux variations naturelles. Si on s'en remet aux conclusions du rapport de l'Académie des Sciences des U.S.A., paru en janvier 1966, l'ensemencement des nuages comme moyen d'augmenter la précipitation régionale serait d'efficacité limitée. Dans les meilleures conditions possibles, on serait en droit de s'attendre à des augmentations de la précipitation de l'ordre de 10% à 20%.

Nous soulevons ici une dernière question que les météorologues se posent depuis longtemps: « les noyaux naturels de précipitation sont-ils vraiment insuffisants

Figure 5

Séquence filmée du développement d'un cumulus congestus, consécutif à l'ensemencement à l'iodure d'argent. L'opération a été effectuée à Flagstaff, Arizona, E.-U., le 27 juillet 1965, par la *Meteorological Research Incorporated* de Californie. Le temps de prise des photos est indiqué selon l'heure normale du lieu (H.N.L.).

Photo A :

11 h 31, heure normale du lieu (H.N.L.)

Le cumulus, en premier plan, vient d'être ensemencé d'un avion.

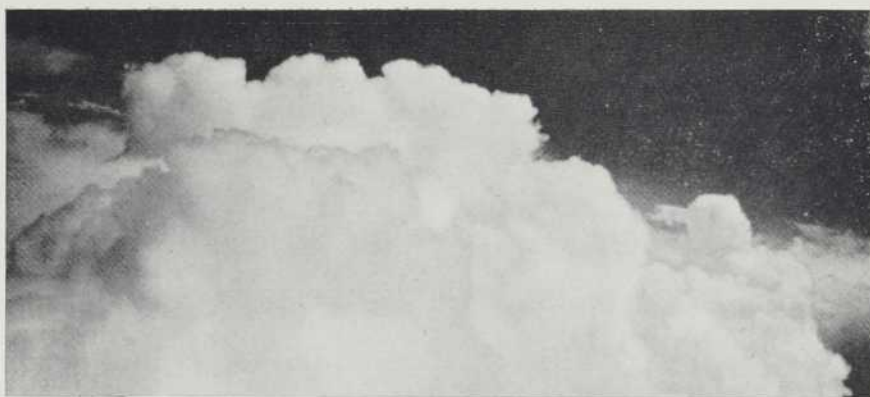


Photo B :

12 h 09, H.N.L.

La cellule ensemencée est la plus développée de la région.



Photo C :

12 h 29, N.H.L.

Environ une heure après l'ensemencement, la même cellule vue de 25,000 pieds. A noter la pluie, sous le nuage.



(Photos de la *Meteorological Research Incorporated*, Californie, E.-U.)

dans les nuages? » Le contenu en eau, la grosseur des gouttelettes et leur charge électrique, la circulation interne et la structure thermique d'un nuage sont autant de facteurs dont l'influence peut être tout aussi déterminante sur l'évolution de la précipitation que le nombre de noyaux de précipitation. La connaissance de chacun de ces éléments du nuage est essentielle si le météorologue veut pouvoir agir sur les nuages avec discernement. La mesure directe de ces éléments est difficile et coûteuse; on commence à peine à attaquer le problème. C'est pourtant en se concentrant résolument sur l'aspect physique de la modification du temps bien plus que sur le côté statistique que la météorologie expérimentale avancera.

Perspectives

Depuis 1946, les scientifiques ont essayé de développer des techniques visant à la modification du temps. Les progrès ont été lents et les expériences ont apporté bien des déceptions. Mais tous les efforts fournis n'ont pas été vains, puisqu'à l'occasion de ces recherches, le météorologue a éclairci de nombreuses énigmes dans le domaine de la formation des nuages et de la précipitation.

Au cours des derniers dix ans, les progrès techniques ont mis à la disposition des scientifiques des outils puissants qui lui permettent d'entrevoir désormais la modification du temps comme quelque chose d'éventuellement réalisable.

L'avènement des ordinateurs permet maintenant la prévision numérique du temps et la simulation numérique d'expériences qui auront de nombreuses implica-

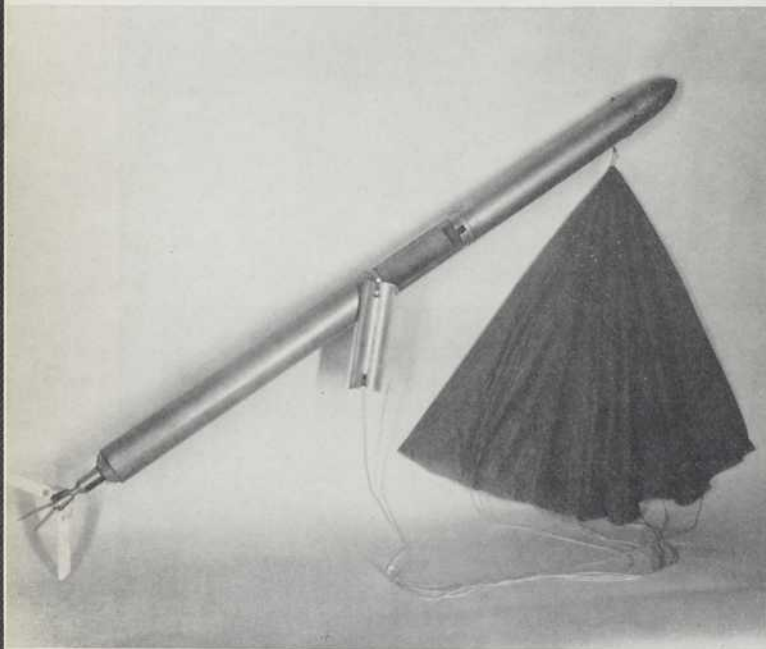


Figure 6

La fusée est un autre outil utilisé pour dissiper les nuages et brumes; elle permet de porter l'agent d'ensemencement directement dans le nuage et à la hauteur désirée. Le corps de la fusée peut être utilisé de nombreuses fois, d'où la présence d'un parachute servant à la récupération. (Gracieuseté de U. S. Army Cold Regions and Research Laboratory).

tions dans la modification du temps. Le développement du radar et des satellites météorologiques met à la disposition du chercheur des outils d'observation qui lui ont longtemps manqué pour suivre de façon adéquate les systèmes atmosphériques qu'il cherche à modifier.

L'avenir s'annonce donc comme prometteur pour la météorologie expérimentale. Une augmentation modeste et une meilleure distribution des précipitations régionales dans le but de diminuer les sécheresses comme les inondations sont des objectifs qu'il est raisonnable d'entrevoir pour bientôt. La suppression de la grêle peut être classée comme un objectif à long terme tant les expériences et résultats dans ce domaine sont contradictoires. On entrevoit avec plus d'optimisme la suppression de la foudre. Le contrôle du temps ne peut être envisagé dans l'immédiat; mais les progrès réalisés permettent d'espérer qu'un jour, l'homme pourra atténuer, sinon maîtriser, les déploiements des orages électriques, tornades et ouragans qui représentent actuellement de véritables catastrophes.

Bibliographie

- Anonyme. *Weather and Climate Modification: Problems and Prospects*, Vol. I et II. National Academy of Sciences, Washington, 1966.
- BATTAN, Louis J. *Cloud Physics and Cloud Seeding*, Anchor Books, New York, 1962, Science Study Series, S-29.
- MASON, B. J. *Clouds, Rain and Rainmaking*, Cambridge University Press, Cambridge, 1962.
- PERRIER, R. et R.-M. GAGNON. *La Précipitation et l'Ensemencement*. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Québec, 1965.

« Minéralogie pratique et Industrie minérale », une nouvelle publication.

Nos lecteurs se souviennent sans doute de l'intéressante série d'articles parue dans chacun des huit numéros de notre III^e volume, sous le titre « Minéralogie pratique et ressources minérales » signée par Jean-Paul DROLET, Ingénieur des Mines et sous-ministre adjoint (Mines) au ministère des Mines et Relevés techniques d'Ottawa. (*Le Jeune Scientifique*, octobre 1964 à mai 1965).

Nous sommes heureux d'annoncer la récente parution de cette série d'articles sous la forme d'une belle



brochure, format de notre revue, comprenant 50 pages de texte abondamment illustrées, complétées par une « carte des principales régions minières du Canada » et une « Table de détermination des minéraux ».

Cette brochure, *Minéralogie pratique et Industrie minérale*, par Jean-Paul Drolet, est distribuée gratuitement à ceux qui en font la demande, chez l'éditeur, Ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa, ou chez l'Imprimeur de la Reine, Ottawa (numéro de Catalogue M22-2365F).

Comment finir et corriger le miroir

par Jacques LABRECQUE

Dans notre article précédent nous avons vu comment procéder pour engendrer la courbure du miroir et comment s'effectuait la préparation de l'outil à polir. Les détails étaient nécessairement esquissés mais le lecteur intéressé était invité à consulter la bibliographie qui termine le présent article.

Nous allons maintenant étudier les moyens de vérifier la surface optique et énoncer brièvement quelques moyens d'obtenir une correction nécessaire.

Il existe des méthodes de contrôle qu'on emploie avant le polissage afin de vérifier si les disques épousent la forme sphérique. La méthode la plus simple, lorsque le douci est assez fin, est de tracer au crayon une ligne diamétrale sur la surface bien sèche de l'outil.

Si on y fait glisser le miroir avec un va-et-vient très court la ligne sera en partie transférée sur la surface du miroir; on aura alors une idée du contact et de sa répartition radiale. Ce test simple permet de vérifier la sphéricité des disques à quelque dix-millièmes de pouce près; il est cependant un peu dangereux car il peut produire des rayures que quelques séchées à l'émeri fin suffiront à enlever dans la plupart des cas.

Si le transfert de la ligne de crayon s'effectue seulement au centre du miroir il est évident que le rayon de courbure paraxial de ce dernier est trop long et le remède sera d'allonger le va-et-vient afin de le creuser un peu plus et vice versa. L'opticien amateur apprendra rapidement à contrôler le va-et-vient pour un contact quasi uniforme.

Il est temps maintenant de supposer que notre opticien, ayant fabriqué son outil de poix et s'en étant servi durant quelques heures, arrive à un poli suffisant pour permettre la réflexion de la lumière.

Pour faciliter l'intelligence du texte, nous recommandons au lecteur de se référer souvent aux figures des pages suivantes.

Méthode de vérification du miroir

La curiosité la plus légitime et nécessaire est d'examiner la surface de ce miroir afin de voir si son profil s'apparente à une pièce d'optique. La méthode de contrôle la plus connue et aussi la plus sensible est celle de Foucault, énoncée en 1859, par le physicien français de même nom. C'est l'essai à la lame de rasoir souvent appelé l'essai des ombres (*shadow test*), qui est d'une simplicité un peu déconcertante à première vue mais qui permet de voir en blanc et noir, sur la surface du miroir, des dénivellations si minimes en profondeur que les calibres mécaniques les plus sensibles ne pourraient à peine déceler.

Imaginez que tout le matériel nécessaire soit une ampoule électrique qui éclaire une mince feuille d'aluminium perforée d'un petit trou d'aiguille (*pinhole*) pour produire une étoile artificielle et une lame de rasoir et qu'avec ce maigre équipement vous puissiez grossir jusqu'à cent mille fois les défauts de relief de la surface réfléchissante. Pour bien comprendre le principe de la méthode de Foucault nous nous bornerons à expliquer certains schémas que l'amateur étudiera avec attention pour ensuite pouvoir procéder aux altérations nécessaires de la surface de son miroir.

Dans la Figure 12a, le miroir est placé sur un support de façon à ce que son axe optique soit horizontal. La source lumineuse est placée en son centre de courbure (R) qui est connu au préalable. Les rayons lumineux A et B (il y en a, en effet, une infinité mais on doit se limiter pour ne pas encombrer la figure) émis de S seront réfléchis sur la surface presque polie du miroir pour former une image de la source en S'. Nous admettrons, dorénavant, que la source ponctuelle S doit être déplacée latéralement à la gauche de l'axe optique pour que son image S' soit bien dégagée de S. Si nous plaçons l'œil en S' que voyons-nous? Tous les rayons émis par S et formés en S' pénètrent dans l'œil et ce dernier voit le miroir illuminé comme une pleine lune (Fig. 12b).

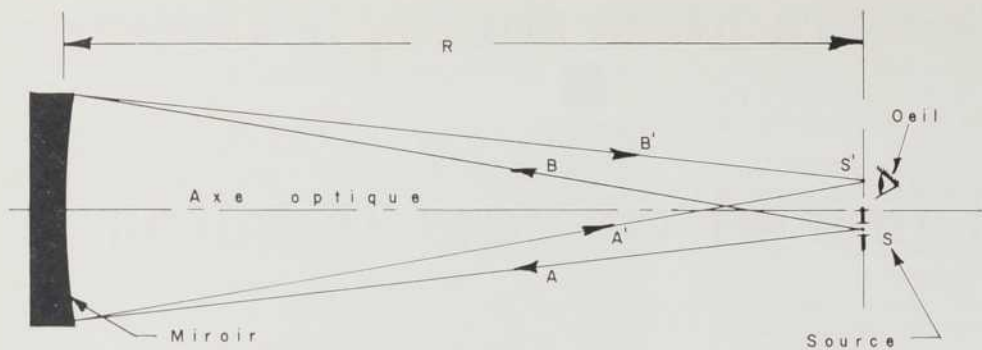
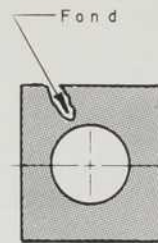


Figure 12a



12b

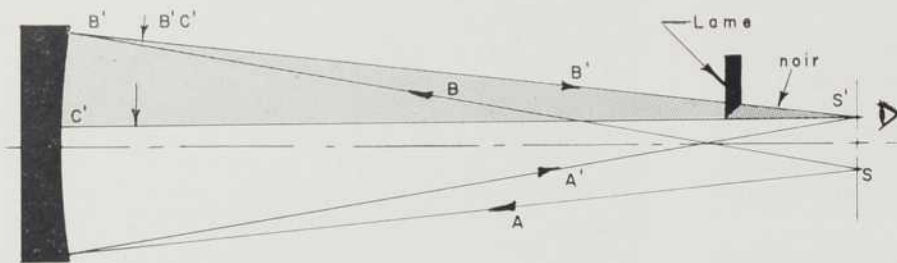
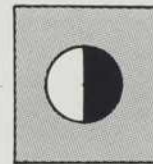


Figure 13a



13b

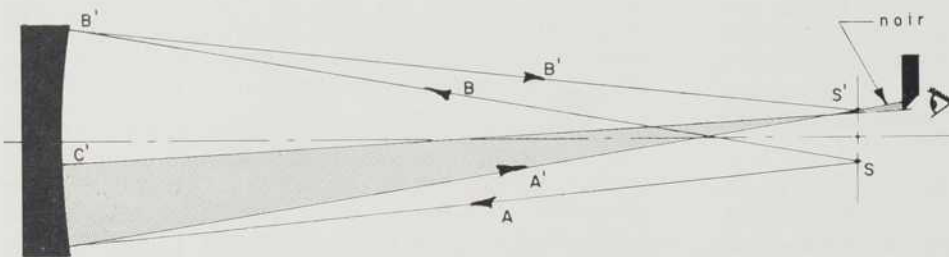
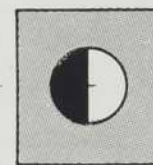


Figure 14a



14b

Introduisons maintenant une lame de rasoir dont l'arête est verticale et qui coupe le faisceau $A'B'$ de la droite vers la gauche (Fig. 13a). Cette lame, placée à l'intérieur du centre de courbure, intercepte le faisceau $B'C'$ mais sans se rendre à la ligne limite A' ; il est évident que le triangle limité par la lame de rasoir et le centre de courbure S' , où est situé l'oeil, sera dans l'ombre du faisceau $B'C'$. Du faisceau original $A'B'$ il ne subsistera plus que $A'C'$ et l'oeil verra le miroir comme une lune au dernier quartier tel qu'indiqué par la Figure 13b. Si la lame de rasoir était placée en dehors du centre de courbure, au delà de S' , comme dans la Figure 14a, l'ombre de la lame se projeterait sur le miroir de A' à C' et le miroir ressemblerait à une lune au premier quartier (Fig. 14b). L'interprétation est simple d'après la géométrie de la figure; il y a inversion des rayons au delà de S' et même si la lame vient de la droite, son ombre est projetée sur le miroir comme provenant de la gauche.

Cependant rien ne nous indique jusqu'ici si notre miroir est rigoureusement sphérique, mais nous sommes tout près de voir la vérité quelque cruelle qu'elle nous apparaisse à la première inspection. Pour cela, plaçons la lame en S' et imaginons, pour fins de discussion, que le miroir soit sphérique.

D'après les propriétés de la sphère tous les rayons issus de S se rencontrent en S' , hormis quelques rayons diffractés par le bord du miroir. Les phénomènes de diffraction entrent peu dans l'essai de Foucault, cependant l'amateur sera bien avisé d'étudier dans ses volumes leur influence utile pour une interprétation plus détaillée tel que le bord rabattu qui hante toujours même les plus expérimentés!

Au point S' existe une image réelle mais de même dimension que la source S et si nous avançons dans ce même plan la lame de rasoir

de telle sorte qu'elle coupe, par exemple, les trois-quarts du diamètre de cette image, qu'arrivera-t-il?

La Figure 15a montre l'image du trou d'aiguille et la lame la recouvrant quasi totalement; l'oeil de l'observateur situé très près de S' regarde toujours le miroir. Celui-ci, au début du mouvement de la lame, a commencé à s'assombrir et lorsque cette dernière s'est arrêtée à l'endroit indiqué il ne reste plus qu'une faible fraction de l'énergie lumineuse de S' qui pénètre l'oeil. Le miroir présente une teinte « plate » ou « grise » (*null test*), très uniforme si le miroir est parfaitement sphérique, car la lame est placée rigoureusement à l'intersection des rayons.

Tout petit déplacement longitudinal de la lame se reflétera comme un changement marqué des ombres sur le miroir et inversement, si la lame est fixe, toute variation dans l'intersection sur l'axe des rayons provenant de différentes zones du miroir se reflétera par des ombres venant de gauche ou de droite: c'est le point crucial de l'explication de la méthode.

Dans la Figure 16a nous étudions un cas fréquent dont le jeu des ombres n'est pas trop compliqué; nous omettons la source S et ses rayons pour ne pas compliquer la figure.

Le miroir présente trois zones particulières (toutes exagérées d'ailleurs sur le dessin): un

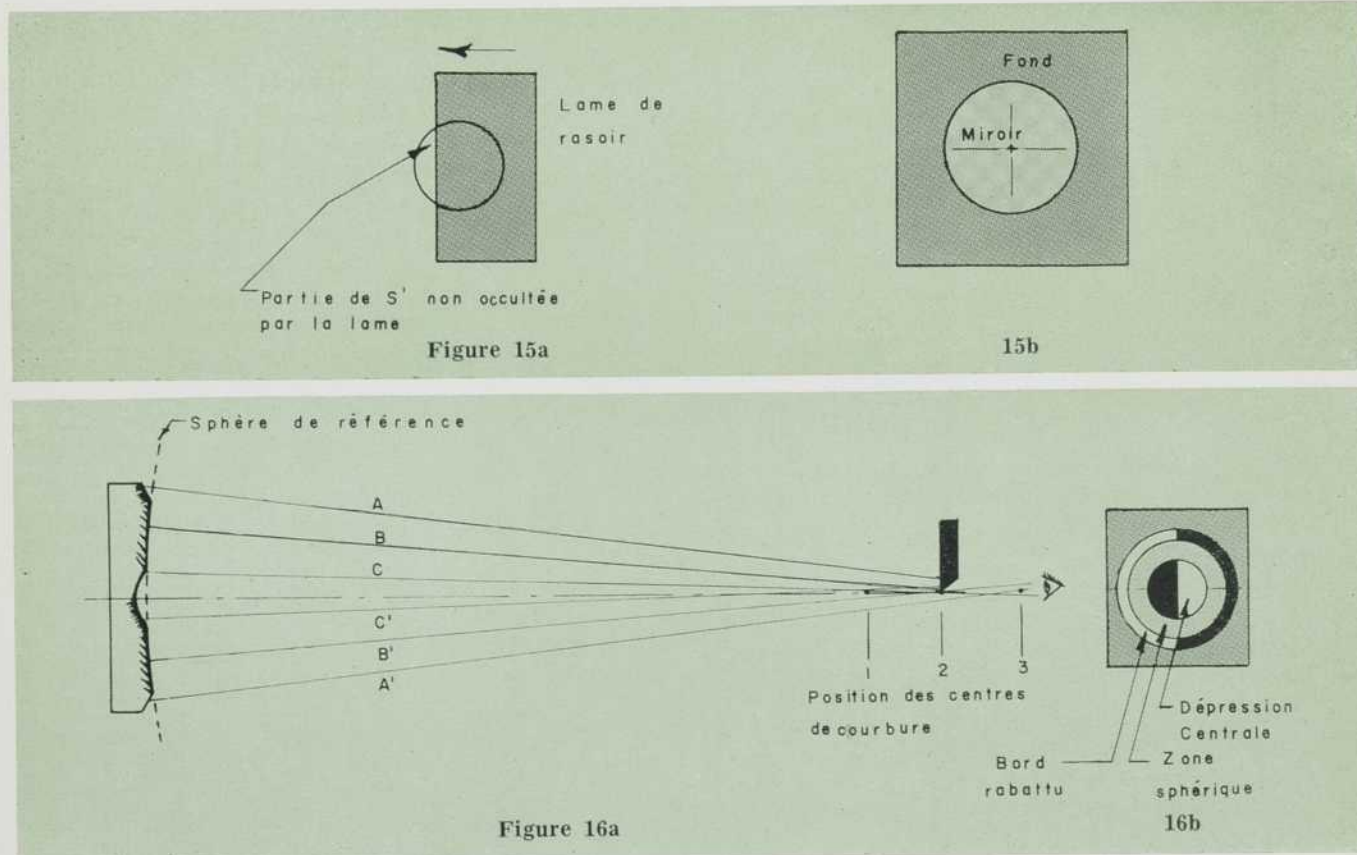
bord rabattu, une zone intermédiaire sphérique et une dépression centrale. La ligne pointillée représente la sphère de référence.

La lame est placée au centre de courbure, 2, de la zone intermédiaire, intersection des rayons B et B' et ainsi cette zone, sur le miroir, devient grise. Elle se trouve en dehors du centre de courbure, 1, défini par les rayons C et C' de la dépression centrale et en dedans du centre de courbure, 3, défini par les rayons A et A' de la zone marginale (du bord) rabattue.

L'oeil verra donc le miroir illuminé comme dans la Figure 16b; le bord rabattu paraît noir à droite et clair à gauche car le rayon A est coupé par la lame et son homologue A' ne l'est pas. La zone proprement sphérique présente la teinte grise comme dans la Figure 15b. La zone centrale, creuse, paraît noire à gauche et claire à droite car le rayon C' après son intersection en 1 est coupé par la lame située dans la position 2.

La correction requise pour un miroir qui présente cette apparence devient presque évidente; il faut éviter de polir et le centre et le bord, ce qui s'effectue en diminuant la surface efficace de l'outil pour ces régions: en pratique, on enlève quelques facettes de poix sur la couronne et au centre de l'outil. Il sera évidemment nécessaire de refaire l'outil une fois le miroir corrigé.

Supposons que le miroir présente l'aspect de la dernière figure mais celle-ci inversée de 180°,



c'est-à-dire, avec le bord noir à gauche. Nous en concluons que le miroir a un bord relevé et une bosse centrale et la correction nécessiterait un excès de polissage pour ces zones; correction, incidemment, beaucoup plus facile à effectuer que la première.

Voici en quelques paragraphes le principe de la méthode des ombres de Foucault; il faut cependant une certaine expérience pour voir et reconnaître tous les défauts que peut présenter un miroir d'autant plus que la méthode ne s'arrête pas uniquement au jeu des ombres mais tous les degrés d'intensité des pénombres y sont aussi présents.

Avant de terminer la substance de cet article remarquons que ce test permet de voir facilement des irrégularités, relativement à la sphère, aussi petites qu'un centième de longueur d'onde lumineuse, $\lambda/100$, ou deux dix-millionièmes de pouce. C'est bien là une méthode merveilleuse qui depuis plus d'un siècle a permis aux opticiens de fournir aux astronomes des instruments tout à fait adaptés à la conquête du ciel par des qualités optiques inconnues auparavant.

Si cette série d'articles a pu piquer la curiosité du lecteur pour le pousser à entreprendre la taille d'un miroir, le but en serait grandement atteint. Il lui faudra, cependant, se vaincre et aussi vaincre la nature et pour paraphraser Jean Texereau: « on ne triche pas avec une réalité expérimentale, notre éducation nous rend tous aptes à triompher par des raisonnements dans nos rapports avec nos semblables, mais pour gagner une bataille sur la matière il faut avoir effectivement raison ». Alors, courage, patience et bonne chance.

Bibliographie

On présente, ci-dessous, quelques ouvrages dont certains sont des classiques dans leur genre et qui donnent au débutant et même à l'amateur avancé toutes les instructions nécessaires. L'ordre de présentation est choisi pour indiquer leur importance au commençant. Les prix indiqués sont en dollars américains ou canadiens selon le cas. Le nom du fournisseur est aussi ajouté.

TEXEREAU, Jean, *La construction du télescope d'amateur*, Société astronomique de France, 28, rue Serpente, Paris VI, 1951.

TEXEREAU, Jean, *How to make a Telescope*, Edmund Scientific Co., Barrington, N.J. 08007, U.S.A., \$1.45 broché (U.S.A.).

Traduction du fameux ouvrage de Texereau cité plus haut.

THOMPSON, Allyn J., *Making your own telescope*, Sky Publishing Corp., Cambridge, Mass. 02138, U.S.A., \$4.00 - \$4.50 chez Optics of Canada.

Cet ouvrage est probablement le meilleur pour le commençant qui lit l'anglais.

Amateur Telescope Making, Scientific American Inc., N.Y., U.S.A.

Livre I — \$5.00 — \$5.60 (Canada)

Livre II — \$6.00 — \$6.75 (Canada)

Livre III — \$7.00 — \$7.85 (Canada)

chez Optics of Canada ou Edmund Scientific Co.

Ce sont des ouvrages classiques; le livre I, seulement, est recommandé au débutant.

SIDGWICK, J.B., *Amateur Astronomer's Handbook*, Optics of Canada, \$10.00 (Canada).

Ce manuel est une source de renseignements sur toutes les phases de l'astronomie instrumentale et sera très utile à l'amateur.

Fournisseurs de matériel

(Vendeurs de « kits »)

Les vendeurs suivants sont généralement recommandables; l'intéressé devrait se procurer leurs catalogues.

Les prix canadiens sont, en moyenne, 1,3 fois plus élevés que les prix américains; ce qui reflète assez fidèlement les droits de douane.

Optics of Canada, P.O. Box 4, Postal Station C. Hamilton, Ontario,
Catalogue « B ».

Coût d'un ensemble ou *Kit* de 4¼ pouces : \$9.50 (Canada).

Edmund Scientific Company, Barrington, New Jersey, 08007, U.S.A.,

Catalogue no 661, le plus récent; prix très raisonnables.

Coût d'un ensemble ou *Kit* de 4¼ pouces : \$7.50 (U.S.A.).

University Optics, 2122 East Delhi Road, Ann Arbor, Michigan 48106, U.S.A.

Ensembles ou « Kits » de qualité à prix modiques.

Le Centre français de Montréal, Société Royale d'Astronomie du Canada,
2652 est, rue Sherbrooke, Montréal 24, Québec.

Le Centre français de Montréal a commandé un nombre imposant de disques de marque Pyrex de 4¼ à 8 pouces. Il sera heureux d'aider tout amateur québécois dans ses travaux d'astronomie ou de construction de télescope.

Miroir

Adresses pour faire « aluminer » le miroir (ou recouvrir d'aluminium, pour assurer la réflexion de la lumière) :

Applied Physics Specialties Ltd, 27 Prince Andrew Place, Don Mills, Ontario.

Cette firme composée de professionnels peut faire de l'excellent travail; prix sur demande.

Vacuum Metallizing Ltd, 22 Carnforth Road, Toronto 16, Ontario.

Cette firme peut faire des « aluminures » simples et assez durables.

Silver Glo, 12418 - 66th Street, Edmonton, Alberta.

Récente observation de l'antimatière

par Roland PRÉVOST

Il y a près d'un an, plus précisément en juin 1965, le périodique *Physical Review Letters* donnait les détails d'une découverte formidable, peut-être l'une des plus importantes dans l'histoire de la physique nucléaire.

Une équipe de l'université Columbia et du Laboratoire de Brookhaven, dans l'Etat de New York, avait réussi à « produire » des antideutérons, en bombardant une cible de béryllium avec des protons de 30 BeV (ou 30 milliards d'électron-volts). On sait que le deutérium (isotope de l'hydrogène) se compose d'un neutron et d'un proton : les antideutérons sont donc des antiprotons et des antineutrons liés ensemble par les forces nucléaires. C'était la première fois que l'on pouvait observer un « composé » d'antiparticules.

A cette occasion, un communiqué de l'American Institute of Physics déclarait : « Cela signifie que l'on ne peut plus contester la véracité de la prédiction faite par Dirac en 1927 sur l'existence de l'antimatière, et aussi l'existence d'antimondes faits d'étoiles et de planètes dont les atomes ont un noyau négatif et des électrons positifs ». De là à supposer qu'il existe des êtres vivants composés de matière autre que la nôtre, il n'y a qu'un pas... On peut certes se fier au communiqué en question puisqu'il avait été rédigé par l'un des découvreurs, Léon M. Lederman.

Plus récemment, dans un article de *Reviews of Modern Physics*, le professeur Hannes Alfvén (Institut royal de Technologie, Stockholm) signale les implications théoriques de la symétrie de la matière et de l'antimatière : l'auteur affirme que la physique des particules fondamentales a démontré de façon concluante

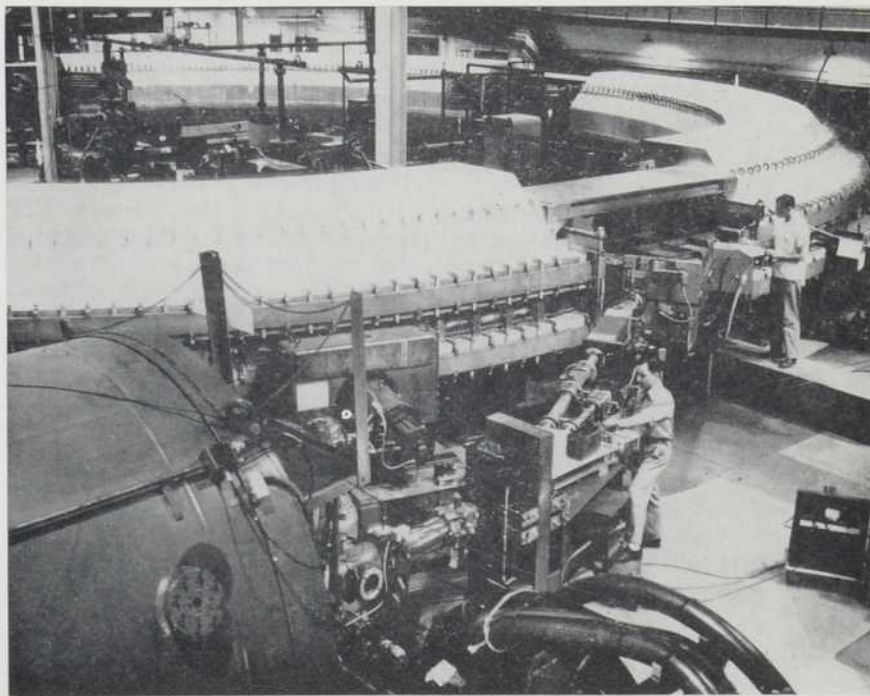
la complète symétrie de ces deux sortes de matière. « Il semble maintenant tout à fait illogique, dit-il, que nos théories cosmologiques soient basées sur l'inexistence de l'antimatière ».

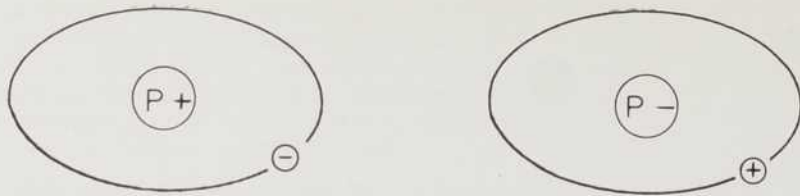
Il s'ensuit que les deux théories les plus communément acceptées sur l'origine et l'évolution de notre univers sont incomplètes : il s'agit de l'univers continu et de l'univers en expansion.

Le professeur Alfvén suppose en outre que certains phénomènes astronomiques s'expliqueraient par l'annihilation de grandes masses d'antimatière et de matière : y seraient incluses différentes émissions radio d'étoiles, les supernovae et les quasars (contraction de « *quasi-stellar sources* »).

Pour faire le test de l'existence d'antimatière dans l'univers, on ne peut recourir qu'à une seule de deux méthodes expérimentales. La première est basée sur le fait que les particules subatomiques d'antimatière se courbent en direction opposée à la matière ordinaire sous l'influence d'un champ magnétique. Toutefois, pour les expériences à l'échelle astronomique, l'autre méthode (l'an-

Le grand accélérateur de particules du Laboratoire National de Brookhaven, New York, où l'on réussissait, l'an dernier, à « produire » des antiparticules. A gauche, au premier plan, on aperçoit le dispositif qui permet d'injecter les particules dans la machine.





Des contraires qui s'annihilent : l'atome d'hydrogène (à gauche) et son homologue en antimatière. Au lieu d'un proton dans son noyau, l'antiatome a un antiproton, au lieu d'un électron satellite un positron. Bien que les charges soient inversées, les particules des deux atomes sont intégrées par la même force nucléaire.

nihilation) se révèle presque pratique : on dit « presque pratique » parce qu'on peut certes très difficilement projeter de la matière sur les « objets » célestes suspects.

On est sûr, par exemple, que la Lune n'est pas composée d'antimatière puisque des « articles » de fabrication terrestre y ont été lancés sans provoquer l'anéantissement, dans une explosion gigantesque, qu'aurait provoqué la rencontre de notre matière et de l'antimatière. Mais, ajoute l'auteur, « il est actuellement impossible, par l'observation directe, de savoir si un objet céleste très éloigné est composé de matière ou d'antimatière, et l'on ne peut donc exclure l'hypothèse que la moitié de l'univers est constitué de l'une et de l'autre forme ».

Le professeur Alfvén pose conséquemment la question : « Comment matière et antimatière peuvent-elles co-exister dans l'univers sans s'annéantir mutuellement ». C'est qu'il y aurait des zones isolantes entre les régions de matière et les régions d'antimatière.

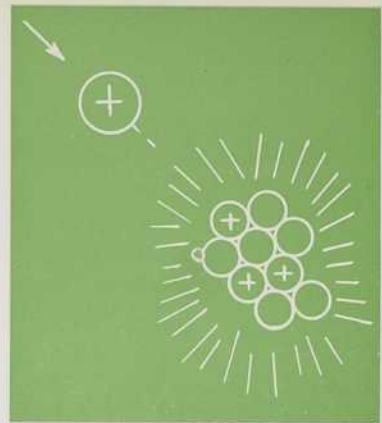
On peut avoir une idée de cette possibilité en songeant à ce qui se produit lorsqu'un liquide tombe sur une surface chaude. Si cette surface est suffisamment chaude, les gouttes d'eau forment des globules qui, loin de s'évaporer instantanément, peuvent durer quelques minutes : les globules se trouvent isolés de la chaleur par une couche de vapeur surchauffée. Le professeur Alfvén a calculé qu'une couche mince et très chaude d'ambiplasma (un gaz composé de particules et d'antiparticules subatomiques) procurerait un isolant suffisant.

D'autre part, le professeur Oskar Klein a proposé la théorie de la mé-

tagalaxie, laquelle prend pour acquies l'existence de la matière et de l'antimatière. Il suppose que le monde a commencé par un gaz extrêmement diffus composé de particules et d'antiparticules subatomiques ; les forces de gravitation provoquent la contraction de cet ambiplasma jusqu'au point où se produit un anéantissement ; la pression de radiation qui en fut la conséquence renversa la contraction gravitationnelle. Ainsi se formèrent toutes les galaxies dont l'ensemble constitue la métagalaxie, terme qui pourrait comprendre tout l'univers.

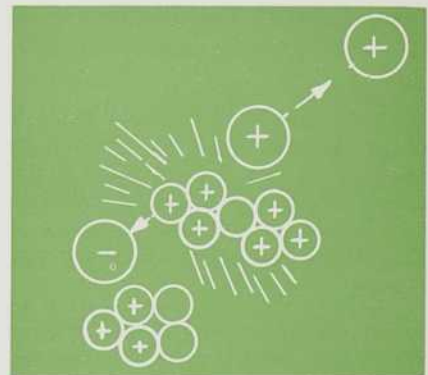
En bref, cette théorie ressemble à celle de l'univers en expansion, mais elle s'en sépare sur deux points importants de la création. En premier lieu, elle n'attribue pas l'expansion actuelle de l'univers à l'explosion initiale de la seule matière ordinaire par suite d'une contraction extrême due à la gravitation ; elle assume plutôt que l'anéantissement dû à la rencontre de la matière et de l'antimatière a justement renversé le mouvement de contraction. En second lieu, ce tournant dans la création de l'univers, d'après Klein, n'exige qu'une densité moyenne d'une seule particule par 100 centimètres cubes, soit plusieurs milliers de fois plus que la densité moyenne de la métagalaxie. Quant à la théorie de l'univers en expansion, elle exige une densité initiale moyenne qui aurait été égale à celle de la matière elle-même.

Les calculs basés sur la théorie de Klein rendent compte de la densité moyenne actuelle de l'univers, et aussi de son taux d'expansion en accord avec les observations ; la théorie permet enfin de supposer l'existence de métagalaxies en dehors de l'univers connu.



La vie et la mort de l'antimatière.

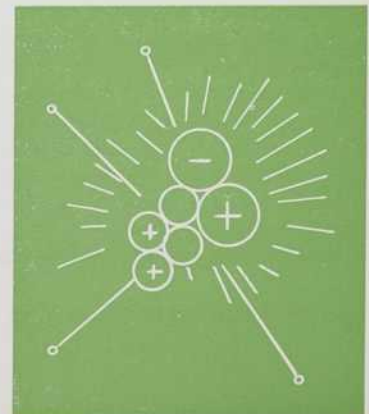
La séquence commence par la collision d'un proton animé d'une grande énergie (en haut, à gauche) avec un autre proton faisant partie d'un atome.



Le nouveau proton devient le noyau d'un atome d'hydrogène (en haut, à droite). L'antiproton entre en collision avec la matière. La violence de la collision transforme l'énergie en particules : un nouveau proton et son homologue en antimatière.

Une étoile d'annihilation. L'antiproton qui vient d'être créé ne dure qu'une fraction de seconde. Il entre en collision avec la matière, d'où annihilation et averse de débris atomiques.

(D'après une explication illustrée parue dans la revue *Sciences et Mécaniques*, Paris, no 238, mars 1966).



Le sommaire du quatrième volume de votre revue est inclus dans ce numéro, en supplément, sur un feuillet de quatre pages.

Pour conserver votre volume

Le 4e volume du JEUNE SCIENTIFIQUE se termine avec ce numéro de mai. Conservez la collection des 8 numéros, ceux de cette année ou ceux des trois autres volumes, en vous procurant les reliures mobiles.

La « reliure-cartable » est préparée spécialement pour retenir ensemble, sous une même couverture solide, les 8 numéros de chaque volume. Chaque numéro ou brochure peut ensuite se détacher facilement pour la consultation. Cette reliure-cartable est en vente, au bureau de la revue, à \$2.00 l'unité, plus 35 cents pour les frais d'expédition.



Les auteurs de ce numéro

Rédacteurs :

- 169 Les satellites de télécommunication et de météorologie, par Alphée Nadeau, B.Sc., professeur au Collège Sainte-Anne, La Pocatière, P. Q.
- 172 Un institut de recherches sur les végétaux, photo-reportage de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 173 Le véritable contenu d'une bouteille de « Peroxyde », par Réal Aubin, c.s.v., M.Sc., professeur de Chimie et directeur des études au Collège de Joliette.
- 176 Le 2e congrès international d'océanographie, communiqué de presse de l'Unesco, Paris.
- 177 Présentation et commentaires de cartes sur le Nouveau-Québec, par Michel Brochu, géographe, Docteur de l'Université de Paris, attaché au Centre de Recherches sur le Nouveau-Québec, Ecole des Hautes Etudes commerciales de Montréal. Article (légèrement modifié) extrait de *L'Actualité économique*, Montréal, vol. 40, numéro 4, janvier-mars 1965, pages 713-717, publié avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de la direction de la revue.
- 180 La pluie provoquée, par Raymond Perrier, M.A., météorologiste, Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.
- 187 Le télescope amateur à la portée de tous, par Jacques Labrecque, B.A., M.Sc., Observatoire fédéral, Ottawa, Ontario.
- 191 Récente observation de l'antimatière, par Roland Prévost, journaliste, *La Presse*, Montréal.

Photographes, dessinateurs :

- 169-172 Les satellites de télécommunication et de météorologie: photos et dessins de la *National Aeronautics and Space Administration*, NASA, Washington, D.C.
- 173-175 Le contenu d'une bouteille de « Peroxyde »: p. 173, photo de Claude Gariépy, Joliette; p. 175, dessin de Réal Aubin, c.s.v., M.Sc., Collège de Joliette.
- 178 Présentation et commentaires de cartes sur le Nouveau-Québec: utilisation des forêts et des sols, carte préparée par Michel Brochu, géographe, Docteur de l'Université de Paris, Centre de Recherches sur le Nouveau-Québec, Ecole des Hautes Etudes commerciales, Montréal.
- 180-186 La pluie provoquée: p. 180, esquisse de Raymond Perrier, M.A., météorologiste, Québec, dessinée par Claude Forest, Joliette; 181, 183, 186, photos *U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory*, Hanover, N. H.; 183, photo de la *Cie Weather Engineering*; 185, photos de la *Meteorological Research Incorporated*, Californie, E.-U.
- 187-190 Le télescope amateur: 188, 189, esquisses de Jacques Labrecque et de M. Brealtz, dessinées par Claude Forest, Joliette.
- 191-192 Récente observation de l'antimatière: p. 191, photo *Brookhaven National Laboratory*, L.I., New York; 192, dessins de Claude Forest, Joliette, d'après des illustrations de *Sciences et Mécaniques*, Paris, mars 1966.

Bientôt

le 5e volume

Le 4e volume du JEUNE SCIENTIFIQUE se ferme avec cette livraison de mai 1966.

Une équipe d'une quarantaine de scientifiques, professeurs et chercheurs, a généreusement contribué à la rédaction comme à l'illustration de cet ouvrage.

Le 4e volume est terminé. Les huit numéros de l'année scolaire 1965-66 vous ont apporté un album de 192 pages illustrées contenant une source variée de vulgarisation scientifique.

Le 5e volume, celui de l'année scolaire 1966-67, est déjà en préparation et nous espérons de nouveau vous compter parmi nos plus fidèles lecteurs et propagandistes.

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

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

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

LE JEUNE SCIENTIFIQUE, case postale 6060, Montréal 3, Canada