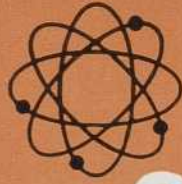


6



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



18 AOU 1965

VOLUME 3
NUMÉRO 6
MARS 1965



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

Maurice L'Abbé
président
Jean-M. Beauregard
administrateur
Léo Brassard
Réal Aubin
Pierre Benoît
Marc-Henri Côté
Pierre Couillard
Yves Desmarais
Odilon Gagnon
Joseph Gauthier
Hélène Kayler
Roger H. Martel
secrétaire
Lucien Piché
Roland Prévost

COMITÉ DE RÉDACTION

Réal Aubin
Jean-R. Beaudry
Jean-Pierre Bernier
Max Boucher
René Bureau
Jean Caron
Raymond Cayouette
Richard Cayouette
Louis-Philippe Coiteux
Gérard Drainville
Jean-Paul Drolet
Olivier Garon
Guy Gavrel
Roger Ghys
Olivier Héroux
Maurice L'Abbé
Serge Lapointe
Maurice Maeck
Michel-E. Maldague
Jacques Vanier
Léon Woué

Volume III, no 6

mars 1965

SOMMAIRE

- 121 La météorologie, une science universelle
- 123 Nouvelles du Mariner IV
- 124 Les étourneaux: cent millions d'immigrants indésirables
- 128 L'évolution des étoiles
- 132 Les aurores boréales, les sondages de l'espace par les fusées et le Conseil national de recherches
- 138 A propos des satellites Echo I et Echo II
- 140 Notes d'histoire : chimie et physique au siècle de l'atome
- 141 Minéralogie pratique, 6e article : la classification des minéraux

Photo-couverture : un technicien de la météorologie trace les courbes sur une carte de prévision de la température, au bureau de météorologie, à Halifax, Nouvelle-Ecosse.

Gracieuseté de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.

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 — 733-5121.

Notes

Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire.

Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'ACFAS © Canada et Etats-Unis, 1962.

Le Ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication.

LA MÉTÉOROLOGIE

une science universelle

par Jean-Guy FRÉCHETTE

La météorologie est cette partie des sciences physiques qui s'occupe des phénomènes atmosphériques. Les lecteurs du Jeune Scientifique se rappelleront un article récent* sur la *climatologie* qui est une subdivision du vaste domaine de la météorologie.

Aujourd'hui, un scientifique doit avoir l'esprit ouvert sur des champs autres que celui de sa spécialité : à cause des répercussions de son propre travail sur les disciplines de ses collègues du monde de la science, le chercheur se doit de connaître l'évolution et les développements qui se produisent dans les autres secteurs de la connaissance humaine. La météorologie, avec ses implications quasi universelles dans le domaine des sciences appliquées, nous offre un exemple magnifique de cet état de choses. Regardons ensemble comment se manifeste cette universalité de la météorologie : tout d'abord comme science pure et, ensuite, comme science appliquée.

La MÉTÉOROLOGIE, science pure

Lorsqu'on envisage la météorologie comme science pure, on désigne l'aspect strictement théorique de cette connaissance, c'est-à-dire l'étude des phénomènes atmosphériques en eux-mêmes, sans aucune implication pratique. Par exemple, en étudiant la formation des nuages, le météorologiste explique, par les mécanismes physiques de la condensation, le processus de coalescence qui produit les divers types de nuages que nous voyons. Il en est de même pour la classification des nuages et les relations qui existent entre les classes de nuages : ce sont tous des travaux de la météorologie considérés comme science pure.

Il est possible de subdiviser cet aspect de la météorologie en divers secteurs dont les principaux sont la météorologie physique, la météorologie dynamique et la météorologie synoptique.

* Voir l'article *La climatologie au Québec, ou Qu'est-ce que cette « science du climat » ?*, dans *Le Jeune Scientifique*, vol. II, no 8, pages 180-184.

La *météorologie physique* traite des procédés de nature purement physique, tels la radiation, la chaleur, l'évaporation, la condensation, la précipitation et les phénomènes optiques, acoustiques et électriques (Villeneuve, 1952). La météorologie physique porte, chez plusieurs auteurs, l'appellation de *météorologie descriptive*. Supposons qu'un météorologiste étudie la pression atmosphérique en un lieu de la terre. Après avoir observé la pression à plusieurs niveaux de l'atmosphère et dans des conditions très variables, il lui est possible, au moyen de certaines lois physiques, d'expliquer les manifestations et les caractéristiques de la pression atmosphérique en une région donnée. Ce météorologiste étudie chacun des éléments météorologiques au moyen des principes de la physique.

La *météorologie dynamique* traite des mouvements de l'atmosphère, des transformations d'énergie qui s'y produisent et des relations de la circulation atmosphérique avec les divers phénomènes météorologiques (Villeneuve, 1952). Après avoir expliqué et analysé les phénomènes atmosphériques, le météorologiste mesure les forces en cause dans une situation météorologique donnée. Il interprète alors les mouvements des masses d'air, la circulation en basse, moyenne et haute altitude, de façon à déduire, ou vérifier les lois de la dynamique. Donc après avoir identifié des éléments (phénomènes atmosphériques), le météorologiste les compare puis étudie les relations entre ces diverses manifestations.

La *météorologie synoptique* a pour but l'étude coordonnée des conditions atmosphériques, basée sur des observations simultanées au-dessus de grandes superficies (Villeneuve, 1952). Cette troisième division de la météorologie, vue comme une science pure, comprend une synthèse des renseignements acquis et analysés précédemment. Il s'agit, pour le météorologiste, de définir la situation présente de l'atmosphère et d'en prévoir le comportement au cours d'un avenir plus ou moins éloigné. On devine tout de suite l'application de ce travail qui semble, à prime abord, très théorique et d'une utilité assez mal définie.

C'est ici qu'il nous faut passer de la spéculation purement scientifique à l'application de ces connaissances aux besoins de l'homme.

La MÉTÉOROLOGIE, science appliquée

Les domaines de la météorologie appliquée sont si nombreux qu'il est impossible de les mentionner tous dans un court article d'information. Toutefois, il est intéressant de noter que tous les secteurs du génie et de la biologie sont les plus grands usagers de la météorologie appliquée.

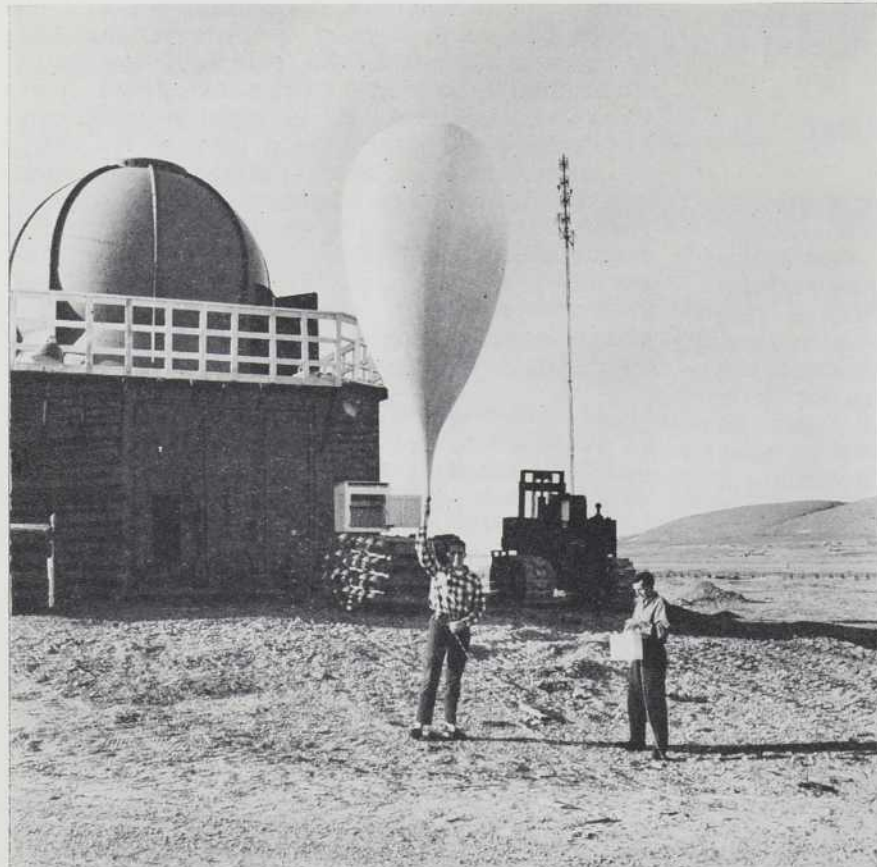
Nous nous limiterons, ici, aux secteurs d'application qui touchent plus directement les citoyens du Québec.

Les *prévisions atmosphériques* constituent un des aspects les mieux connus de l'activité météorologique. Résultat direct des travaux de la météorologie physique, dynamique et synoptique, les prévisions atmosphériques sont devenues un aide indispensable aux diverses formes de transport : aérien, maritime et terrestre. Aux aéroports, aucun avion ne quitte la piste sans que le pilote soit parfaitement au courant des conditions météorologiques qu'il rencontrera au cours de son voyage. En mer, les navires sont avertis de l'approche d'une tempête et les postes météorologiques leur indiquent la course la plus sûre pour éviter la catastrophe. Les agences d'autobus et les sociétés de transport routier sont de fidèles

clients des bureaux d'information météorologique. Et dans la quotidienne, qui d'entre nous ne s'informe pas des pronostics de Dorval à la veille d'une fin de semaine d'été?

Dans la Belle Province, la *météorologie forestière* joue un rôle de premier plan à cause de l'immense richesse de nos forêts et de l'industrie qu'elles alimentent. En étudiant l'influence des éléments atmosphériques sur les boisés, la météorologie forestière vient résoudre de nombreux problèmes qui se présentent en sylviculture. La détermination du danger de feu constitue un apport essentiel à la protection des forêts. L'entomologie et les pratiques sylvicoles ne sauraient plus se passer de l'aide que leur apportent les études météorologiques. Science encore jeune, la météorologie forestière est destinée à un brillant avenir au Québec.

Le développement de nos ressources hydrauliques a donné un essor magnifique à l'*hydrométéorologie*, ce secteur de la météorologie appliquée qui étudie le rôle des éléments atmosphériques dans l'économie de l'eau à la surface de la terre. Seuls des jaugeages précis et des observations météorologiques permettent à l'ingénieur des eaux d'établir le bilan des réserves hydrauliques des grands réservoirs. Le cycle hydrologique commence et se termine dans l'atmosphère: la précipitation (pluie ou neige) apporte l'eau aux sources et à la tête des bassins versants; l'évapora-



Deux météorologistes se préparent à lancer un ballon-sonde dans l'atmosphère pour connaître les conditions de vent et de température, à l'une des stations canadiennes, dans les Territoires du Nord-Ouest.

tion prélève une quantité variable d'eau des surfaces liquides (lacs, fleuves, océans) pour la retourner à l'atmosphère et au point initial du cycle.

A partir des exemples qui précèdent, il est évident que la météorologie trouve son plein épanouissement dans l'application aux sciences du génie et de la biologie. Cependant, le caractère d'universalité n'est pas réservé uniquement à la météorologie : on le retrouve dans bien d'autres sciences et les futurs scientifiques se doivent d'ouvrir leur esprit à ces phénomènes de relation entre les disciplines. De façon à compléter les quelques notes qui précèdent, nous recommandons la lecture des feuillets d'information du Service Météorologique du Canada. Le Ministère du Travail du Canada publie une brochure d'information sur les carrières en météorologie. (Voir titre et adresse en appendice). Il y a un

brillant avenir pour celui qui se dirige en météorologie où tous les niveaux de qualification professionnelle ont un rôle éminent à jouer : techniciens, scientifiques et chercheurs.

Bibliographie

VILLENEUVE, G.-Oscar (1952). *Eléments de météorologie descriptive*, Québec. Miméo., 168 pages, illustré.

Lectures recommandées

Les feuillets d'information du Service Météorologique du Canada. (Ces textes sont rédigés en anglais, mais on annonce une traduction française pour bientôt). S'adresser à : *Meteorological Branch, Canada Dept. of Transport, 315 Bloor St. West, Toronto, Ontario.*

La brochure « *Carrières en météorologie* », Ministère du Travail du Canada. En vente, à dix cents l'unité, chez l'Imprimeur de la Reine, Ottawa. - Dans la collection « *Que Sais-je ?* », la brochure no 89, intitulée « *La météorologie* ».

Nouvelles du Mariner IV

Depuis son lancement, le 28 novembre 1964, le Mariner IV poursuit sa route sous l'étroite surveillance des spécialistes de l'Agence américaine de l'Aéronautique et de l'Espace (NASA). Le petit vaisseau spatial de 575 livres s'éloigne de la Terre à raison de 1.7 million de milles par jour. Il voyage d'une façon des plus économique puisque pour parcourir les 325 millions de milles qui le placeront à proximité de Mars, il ne consommera pas plus de 5 livres de combustible, soit une performance de « 60 millions de milles au gallon » ! Mais il ne doit pas ce record aux qualités d'une essence miracle, mais au fait qu'un jet de .004 de livre d'azote comprimé est suffisant pour le propulser dans un sens ou dans l'autre, ou pour le faire rouler sur lui-même. Dans ce calcul de l'essence, ajoutons cependant que nous ne tenons pas compte de l'énorme quantité de carburant qu'il a dû dépenser pour prendre son élan initial.

Une fois en route, il n'a plus besoin que de petites poussées pour continuer à viser ses trois objectifs : le Soleil, la Terre et la planète Mars. Quatre panneaux de piles solaires doivent toujours faire face au Soleil afin de convertir l'énergie solaire en électricité sans quoi le pouvoir électrique du Mariner serait épuisé en une période de neuf heures. C'est l'une des fonctions des petits jets d'azote que de diriger constamment vers le Soleil les quatre panneaux de cellules photoélectriques. De plus, un groupe de capteurs optiques se fixent sur une étoile brillante afin d'orienter l'antenne émettrice vers la Terre. Des millions de signaux-radio sont ainsi émis vers la Terre en provenan-

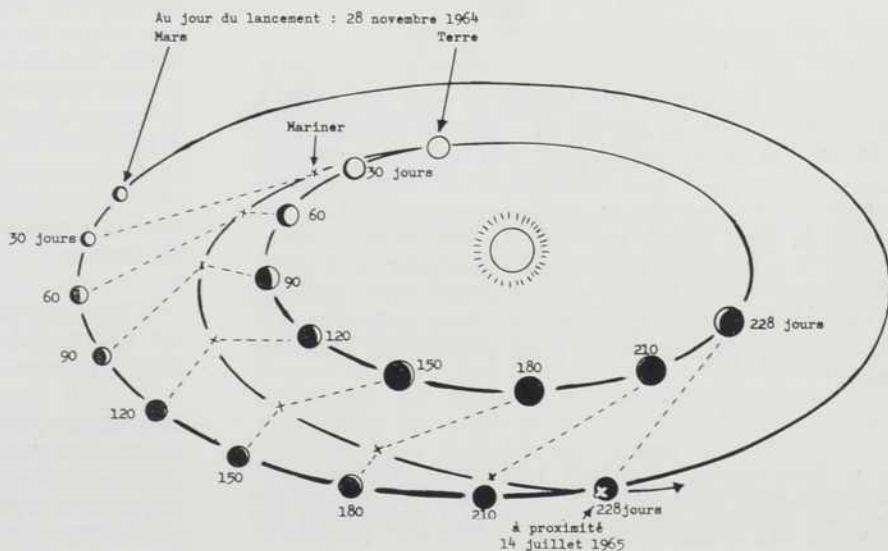
ce des instruments de mesure. Enfin, les jets d'azote servent à corriger automatiquement les dérives possibles du vaisseau en le gardant fixé sur son objectif final : Mars. Lorsque le moment approchera, les jets d'azote seront responsables de l'orientation de l'engin pour lui permettre, à l'aide de ses caméras de télévision, de prendre une bonne vingtaine de photos en couleurs de la planète rouge.

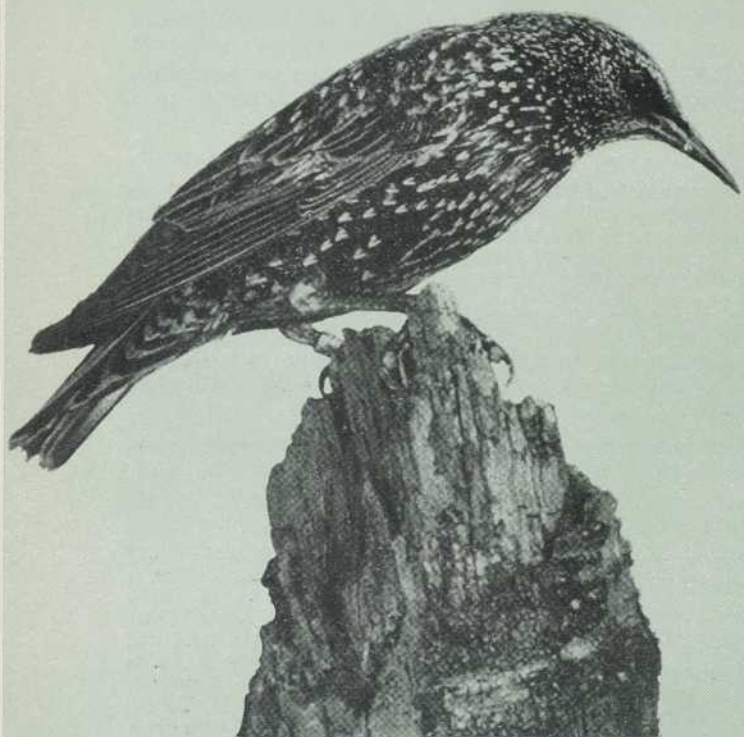
Deux bouteilles de titane contiennent les cinq livres d'azote comprimé nécessaire à ces manoeuvres. L'azote est comprimé à raison de 2,470 livres de pression au pouce carré, ce qui représente environ 170 fois la pression de l'air que nous respirons.

Le 14 juillet prochain

La possibilité de voyage vers Mars est liée à la date des « oppositions », c'est-à-dire les moments où la Terre passe entre Mars et le Soleil. Pour atteindre Mars, dans l'état actuel des techniques, il faut partir de la Terre environ 3 mois avant l'opposition. Par rapport à l'orbite de la Terre, l'engin prend alors « la tangente » et Mars est abordé approximativement 5 mois après l'opposition. (Voir le graphique). La dernière opposition a eu lieu le 4 février 1963; la prochaine doit intervenir le 9 mars 1965.

Le Mariner IV doit atteindre le voisinage de Mars le 14 juillet 1965, après un voyage de 325 millions de milles qui aura duré 228 jours. Une fantastique mission attend alors l'engin : rapporter — sous forme de messages chiffrés — de véritables images en couleurs des paysages martiens...





L'oiseau dont il est question dans cet article, nommé « Etourneau » dans la langue populaire, est désigné sous les noms de *Etourneau sansonnet* en français, de *Starling* en anglais, dans la liste officielle des oiseaux canadiens. La langue scientifique internationale — le latin — le nomme *Sturnus vulgaris*.

Leurs ancêtres ont immigré aux Etats-Unis en 1890. Cette année-là et l'année suivante un certain Eugène Scheiffelin, qui avait de bonnes intentions mais qui manquait de clairvoyance, libéra cent étourneaux européens dans le Central Park de New York. Il y a deux ans le dénombrement des oiseaux effectué à Noël par la Société Audubon (1) a révélé qu'il y avait cent millions d'étourneaux aux Etats-Unis. C'est actuellement la famille d'oiseaux la plus prolifique dans ce pays.

1. Jean-Jacques Audubon (1780-1851), célèbre ornithologue américain d'origine française, reconnu surtout par ses fameuses peintures d'oiseaux réunies dans son ouvrage *The Birds of America*.

Les étourneaux: cent millions d'immigrants indésirables

par Benjamin P. BURTT

Leur nombre est devenu inquiétant parce qu'ils possèdent une caractéristique appréciée seulement des humains : ils sont sociables. En effet, lorsque vient l'automne ils se réunissent par milliers et s'abattent sur les vergers et dans les champs cultivés. En hiver ils s'attroupent au coeur des villes là où il y a beaucoup de monde. A Syracuse, l'hiver dernier, quelque 150,000 étourneaux ont perché sur des immeubles au centre de la ville.

Au cours des six premières années de leur résidence aux Etats-Unis les étourneaux étaient cantonnés dans la ville de New York. Au cours du quart de siècle qui suivit ils se répandirent dans l'est depuis la Virginie jusqu'à la Nouvelle-Ecosse et dans l'ouest jusqu'à l'Ohio. Puis durant le quart de siècle suivant ils pénétrèrent jusqu'au Kansas et au Texas. Ils ont maintenant atteint la côte ouest et on les a repérés dans 616 des 672 emplacements des Etats-Unis où les dénombrements d'oiseaux ont été effectués par la Société Audubon.

Un blagueur pourrait dire que l'étourneau est presque humain : il est grégaire, il se reproduit rapidement et il ne se préoccupe guère du mal qu'il fait à son entourage. Des bandes d'étourneaux ont ravagé des vergers en quelques jours. La perte des pommes, raisins, dattes, pêches et céréales attribuable aux étourneaux européens s'élève à 28 millions de dollars par an aux Etats-Unis.

Lorsque les étourneaux s'abattent sur une ville les inconvénients sont de nature différente. A l'automne, au coucher du soleil, des bandes d'étourneaux envahissent les arbres des quartiers résidentiels. Durant l'hiver, des nuages tourbillonnants d'étourneaux descendent et se concentrent sur quelques pâtés de maisons au coeur des villes. Des excréments couvrent le voisinage, de dessèchent et volent en poussière. Certains oiseaux sont certainement porteurs de maladies communicables aux humains quoiqu'on n'ait pas de preuve formelle de la culpabilité de l'étourneau à cet égard. Cependant, leur ubiquité, l'habitude qu'ils ont de vivre en groupes et leur concentration dans les villes en hiver sont des facteurs qui portent à croire qu'ils constituent une menace pour la santé de l'homme.

Il est peu probable que les étourneaux puissent être complètement éliminés des Etats-Unis. D'ailleurs ils ont une fonction utile car ils consomment un grand nombre d'insectes et de larves. Il en faudra donc toujours pour aider les espèces autochtones à venir à bout des fléaux que sont les insectes. Mais si le nombre des étourneaux était réduit à 1% du total actuel ce ne serait pas une grande perte et cette réduction se traduirait par une énorme diminution des dégâts causés aux communautés humaines.

Causes du problème

Comment se fait-il que la population des étourneaux se soit développée de cette façon? Les dépôts d'ordure riches en nourriture que les Américains, grands gâcheurs, accumulent à l'orée de leurs villes sont une des causes principales de cette prolifération. A l'aube, les oiseaux quittent leur lieu de sommeil et s'éparpillent des milles à la ronde pour chercher de la nourriture. Dans la partie nord des Etats-Unis il est évident qu'il n'y a pas suffisamment de nourriture naturelle en hiver. Mais à la périphérie d'un trop grand nombre de villes et de villages se trouvent des dépôts d'ordures à ciel ouvert qui fournissent une nourriture abondante aux étourneaux. Sans cela, ils seraient forcés de se diriger vers le sud en hiver.

Les abris des étourneaux sont constitués par des bâtiments abandonnés, des ouvrages en mauvais état et des immeubles ayant de nombreux coins et recoins. Les immeubles des villes sont d'ailleurs plus chauds que les abris qui existent en rase campagne.

Les populations énormes des étourneaux au début de l'hiver sont pour eux une garantie de survivance. En effet, de tels nombres d'oiseaux peuvent enregistrer des pertes en hiver et suffire encore au printemps pour former une vaste base

Une guerre... prudente et méthodique!

Par cet article, nous n'avons pas l'intention d'inviter nos lecteurs à partir en guerre ouverte... contre le Sansonnet ou toute espèce jugée « nuisible » dans certains milieux. Ce contrôle ou ces luttes menées systématiquement contre une espèce animale (insecte, oiseau, mammifère ou autre), appartient ou relèvent des **autorités responsables de la conservation de la faune** d'une province, d'un état ou d'un pays. Il faut donc être autorisé, être muni de permis spéciaux pour organiser de telles luttes. Ces moyens de contrôle dépendent de personnes compétentes, autorisées, qui peuvent limiter le désastre et mesurer judicieusement les résultats.

La Direction.

de reproduction pour la nouvelle saison. Il faudrait donc réduire le nombre des étourneaux qui survivent jusqu'au printemps pour résoudre en partie le problème des étourneaux qui envahissent les quartiers résidentiels en automne et le coeur des villes en hiver. C'est sur ce principe que repose le programme de réduction des populations d'étourneaux mis sur pied par la ville de Syracuse : réduire le nombre des oiseaux reproducteurs.

Méthodes pour réduire les populations d'étourneaux

Les avantages et les inconvénients des méthodes possibles sont résumés ci-dessous.

1. L'empoisonnement des oiseaux est contraire aux lois de conservation de l'Etat de New York. Il est généralement difficile d'empoisonner une espèce particulière d'oiseau ou de mammifère sans tuer aussi les animaux domestiques et les animaux de la grande nature.

2. Les bruits que l'on fait pour effrayer les oiseaux ne font qu'envoyer ces derniers ailleurs où ils peuvent à nouveau se livrer à leurs méfaits. On s'est servi d'appels de détresse des étourneaux dans certains quartiers résidentiels là où les oiseaux restent jusqu'à la chute des feuilles en automne. La technique est compliquée et l'on doit faire entendre le son durant de courtes périodes et de différentes façons. Par ailleurs, le son doit traverser tous les endroits où les oiseaux se perchent. Ces facteurs rendent inefficace la méthode des appels de détresse dans les villes.

3. Une autre méthode consiste à rendre les immeubles moins confortables pour les oiseaux. Des plans inclinés peuvent être placés sur les rebords des fenêtres afin que les oiseaux aient du mal à se percher mais ces travaux peuvent coûter cher. Les endroits où les oiseaux se perchent peuvent être graissés ou recouverts d'une matière irritante pour leurs pattes.

4. On peut enlever toute nourriture. Syracuse a amélioré la situation en veillant à ce que les ordures des dépôts soient tassées et recouvertes d'environ 6 pouces de terre chaque jour. Lorsque les excavations où l'on place les ordures sont complètement remblayées il faut naturellement mettre une plus grande épaisseur de terre après chaque tassement. Ces mesures non seulement réduisent les sources alimentaires des étourneaux mais elles permettent également de résoudre en partie le problème des rats.

5. Pièges. En plus de réduire les sources alimentaires une autre excellente méthode consiste à piéger les étourneaux. Comme ces oiseaux ne sont protégés ni par la loi fédérale, ni par la loi de l'état de New York la méthode est tout à fait légale. Des pièges relativement peu coûteux peuvent être construits avec des treillis métalliques. Ces pièges ont l'air de grandes cages et les oiseaux y entrent pour obtenir de la nourriture ou pour s'y trouver avec d'autres étourneaux qui y sont placés comme *appeaux* (2) et ensuite ils sont dans l'impossibilité de s'échapper. De grands pièges de cette sorte peuvent recevoir jusqu'à 2,000 oiseaux en une période de 24 heures si le piégeage est bon. Un programme expérimental de piégeage a été mis en vigueur à Syracuse à la fin de l'hiver 1963-64. Deux pièges ont été placés sur des dépôts d'ordure fréquentés par des étourneaux. Ils ont servi pendant environ 10 semaines. Un autre piège a été placé sur le toit d'un immeuble de dix étages au coeur de la ville là où les étourneaux étaient assemblés. Le piège du centre de la ville a été des plus efficaces. Environ 55,000 étourneaux ont été capturés et détruits avant que les bandes se dispersent pour la saison de reproduction. Pour qu'un tel programme soit vraiment efficace il est évident qu'il faut le poursuivre car les étourneaux errent dans le pays d'une année à l'autre et ils se multiplient rapidement au printemps et en été.

Le programme de Syracuse, commencé au début de l'automne 1964 doit se poursuivre durant l'hiver jusqu'au début d'avril 1965. On prévoit que le piégeage des étourneaux durant la première moitié de l'hiver réduira tellement leur

2. Un « *appeau* » est un instrument ou un sifflet avec lequel on imite le cri des animaux pour les attirer. Ici des étourneaux vivants sont employés comme « *appeaux* » pour attirer leurs congénères.

nombre qu'ils ne seront plus un problème pour le reste de la saison. Il n'est pas encore certain que l'effet se fera encore sentir l'année suivante. Il faudra probablement mettre sur pied un programme continu.

Détails du programme de Syracuse

Les grands pièges ont été conçus d'après ceux mis au point par le *U.S. Fish and Wildlife Service* pour les mainates. Le dessin de ces pièges a été modifié par le professeur Maurice Giltz de l'Université de l'Etat de l'Ohio pour son propre programme de piégeage d'oiseaux. D'autres modifications ont été apportées aux pièges de Syracuse.

Les pièges ressemblent à de grandes cages recouvertes de tous les côtés et au sommet par un treillis d'un pouce supporté par des poteaux métalliques. Les pièges ont 24 pieds de largeur, 50 pieds de longueur et 7 pieds de hauteur. Les orifices d'entrée pour les oiseaux se trouvent au sommet. Il y a là une bande de 1 sur 10 pieds de grillage soudé dont la maille est de 2 sur 4 pouces. Cette bande est montée dans le sens de la longueur au centre du sommet du piège. Les oiseaux replient leurs ailes pour entrer dans la cage mais lorsqu'ils veulent en sortir la plupart d'entre eux sont dans l'impossibilité de repasser dans les petites ouvertures avec leurs ailes étalées.

Une perche de 10 pieds de long est généralement placée à environ 1 pied au-dessus de l'entrée du piège et à environ 2 pieds d'un côté. Les oiseaux volent jusqu'au point le plus élevé du piège avant d'y pénétrer; c'est pourquoi cette perche a été installée. Le piège comporte deux portes sur l'un des côtés de 24 pouces. La première est de la dimension d'un homme, elle est faite de grillage et elle permet à l'opérateur d'accéder au piège. La deuxième ouverture conduit les oiseaux vers la chambre à gaz.

Une centaine d'oiseaux sont toujours gardés dans le piège comme *appeaux*; pour assurer la survie des *appeaux* il y a toujours une bonne quantité d'aliments dans le piège et soit de la neige soit un récipient d'eau pour boire. Par ailleurs les aliments servent d'appât pour les oiseaux qui se trouvent à l'extérieur.

Une fois par jour les oiseaux sont dirigés vers la chambre à gaz. L'opérateur marche dans la cage en remuant les bras pour diriger les oiseaux vers une ouverture conique ayant environ 10 pieds de largeur à l'entrée, 30 pieds de longueur et 2 pieds de largeur à la sortie, du côté de la chambre à gaz. Cette chambre peut être construite en grillage et recouverte au moment

de l'extermination d'une grande bâche de plastique ou encore elle peut être faite de contreplaqué et de plexiglass. Les oiseaux n'entreraient pas dans une chambre noire et ils doivent avoir l'impression de se diriger vers l'extérieur.

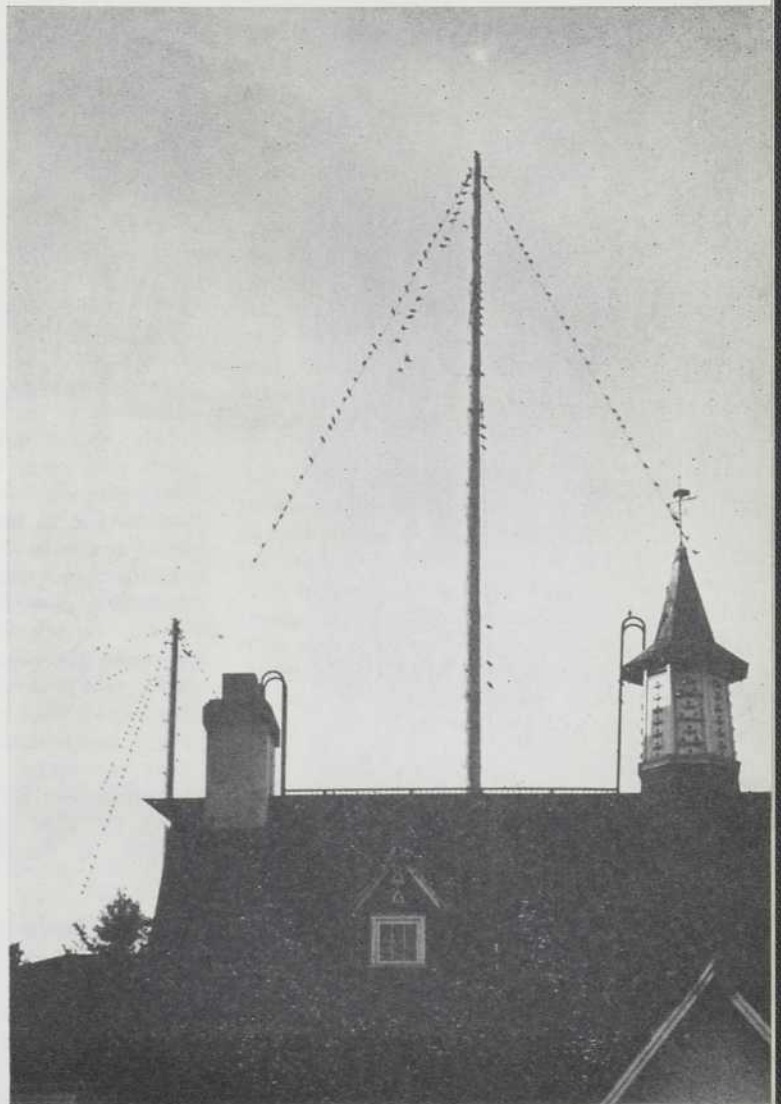
Une fois que les oiseaux sont dans la chambre à gaz, un tuyau de métal flexible est relié au tuyau d'échappement d'un camion ou d'une automobile et l'oxyde de carbone provenant d'un moteur tournant au ralenti tue les oiseaux au bout d'environ 45 secondes. On peut également avoir recours à un petit moteur à essence installé au sommet d'un bâtiment pour produire de l'oxyde de carbone ou bien encore on peut utiliser un générateur d'hydrogène sulfuré qu'on emploiera comme gaz. On doit choisir des emplacements appropriés pour les pièges. A Syracuse on a inspecté plusieurs dépôts d'ordure et deux semblaient attirer régulièrement plus de 5,000 oiseaux à la fois. Les pièges ont été placés à l'extérieur du dépôt à environ 100 pieds des arbres afin qu'ils soient visibles de tous les côtés. Un talus ou une petite colline constitue un bon emplacement. Si des arbres se trouvent près du piège les oiseaux s'élèvent vers les arbres et peuvent plus facilement repérer les trous d'entrée et s'échapper.

Un seul piège a été mis en opération le 19 janvier 1964. Il a été placé sur l'un des dépôts d'ordure susmentionnés. L'emplacement était à environ deux milles au sud-est du lieu fréquenté en ville par les oiseaux. Dix jours plus tard un deuxième piège a été installé près d'un autre dépôt à deux milles au nord-ouest du lieu fréquenté en ville. Un mois plus tard un troisième piège a été placé au centre du lieu en question au sommet d'un immeuble de 10 étages. C'était un endroit bien visible car il était plus élevé que les immeubles avoisinants. Le piège et ses appaux pouvaient être vus de partout.

On voit ici un groupe de plus de 200 étourneaux perchés sur l'une des maisons du Jardin zoologique de Québec. La maisonnette d'oiseaux, sur le pignon, à droite, avait été construite pour les *Hirondelles pourprées*, mais la compétition des étourneaux n'avait pas été prévue... Le responsable des oiseaux du Jardin nous affirme avoir vu deux seuls individus d'Hirondelles pourprées en une période de 28 ans !

Le succès de ces opérations de piégeage dépend en partie du temps. Quand il fait très froid ou lorsque le sol est couvert de neige on peut capturer davantage d'oiseaux.

Je suis certain que d'aucuns trouveront à redire au fait qu'il faille tuer des oiseaux. Cependant il arrive un moment où une espèce animale (que ce soit un moustique, un rat, un étourneau ou même un cerf) peut causer des méfaits, constituer un danger pour la santé ou engendrer de graves pertes économiques pour l'homme. C'est alors qu'il faut recourir à des mesures d'extermination. Ceux qui estiment que les moyens suggérés sont trop rigoureux devraient aller visiter les endroits où les oiseaux perchent !



L'évolution des étoiles

par Jean-Claude PECKER

1. L'Univers d'aujourd'hui

Lorsque les hommes primitifs regardaient le ciel au-dessus de leur tête, ils voyaient un univers qui ne ressemblait pas du tout au nôtre; cet univers des hommes primitifs était tout à fait à leur image: pour eux les dimensions du Ciel étaient comparables aux dimensions terrestres et les durées de vie, les âges des objets célestes étaient également comparables aux âges des civilisations, à l'âge même de leur génération.

Depuis lors, les idées ont changé. D'abord en ce qui concerne la dimension de l'univers: lorsque les astronomes grecs ont commencé à regarder le Ciel ils se sont aperçus, naturellement, que le Soleil n'était pas aussi petit qu'on pouvait le penser, que les étoiles n'étaient pas des lanternes pendues au plafond et que, par conséquent, la Terre n'était, probablement, qu'un objet relativement petit par rapport aux autres astres de l'univers.

En même temps que disparaissait cette idée sur la petitesse du monde céleste, disparaissait aussi dans les conceptions humaines un certain nombre d'attitudes, de caractère magique: il n'était plus possible de penser qu'il suffisait de pas grand chose, de quelques sacrifices, pour influencer le cours du ciel.

L'excès inverse s'est développé dans les siècles qui ont suivi. On se faisait, certes, une plus juste idée sur les dimensions de l'univers, mais sur les échelles de temps les idées restaient aussi fausses que par le passé et, naturellement, pendant la durée des civilisations, il était bien normal de considérer le Ciel, qui était le même d'une génération à l'autre, comme parfaitement éternel et éternellement immuable. A ce moment-là, l'attitude

religieuse et philosophique était de considérer que les astres et le Ciel étaient inflexibles. C'était alors le grand triomphe des idées astrologiques.

Pendant les premières années du Moyen Age, le développement des idées des Grecs avait conduit les astronomes à avoir des idées beaucoup plus précises sur la situation de la Terre par rapport aux autres astres. Au début, on se rendait compte que la Terre était petite par rapport au soleil, mais on ne se rendait pas compte que le Soleil était au centre du système solaire. Pourtant le rejet complet du géocentrisme était plus ou moins inclus dans les premières recherches des Grecs. Copernic a cueilli les fruits qui étaient déjà mûrs quelques siècles auparavant, et c'est toute une révolution qui s'est développée depuis l'Antiquité jusqu'à l'époque moderne pour situer précisément dans l'Univers les positions et les dimensions des différents objets qui le peuplent. Mais c'est seulement tout récemment que s'est amorcée la deuxième grande révolution dans les idées sur l'univers, celle qui a fait apparaître caduques les idées que nous avons sur la permanence, sur l'éternel des choses célestes, celle qui nous a fait douter de cette permanence et de cette éternité. On peut considérer que, dans les cinquante dernières années, les idées sur l'évolution des étoiles, sur leur naissance, sur leur mort, ont certainement été un des groupes d'idées les plus nettes et les plus fécondes de l'astronomie moderne.

Promenade dans la galaxie

Envolons-nous dans une de ces fusées dont, pour l'instant, nous ne disposons que pour aller dans la banlieue terrestre, mais qui, un jour peut-être très proche pourront nous

emmener plus loin. Il n'est plus question de mesurer les distances en kilomètres: elles sont beaucoup plus grandes et vous savez que l'une des unités que l'on utilise le plus fréquemment en astronomie est l'année-lumière: c'est la distance qui correspond au parcours de la lumière pendant une année, facile à évaluer si l'on sait qu'en une seconde la lumière parcourt 300,000 km (186,000 milles).

Le premier astre que nous rencontrerons sera la Lune; c'est notre proche voisin. La Lune est à peu près à une seconde de lumière, c'est tout près! Le Soleil est tout près aussi: il est à environ 8 minutes-lumière. Quant aux dimensions mêmes de notre système solaire, quelques heures de lumière, ce n'est pas grand chose non plus... Ensuite, il faudra parcourir une distance de quatre années-lumière avant de rencontrer une étoile. Puis, nous rencontrerons toutes les étoiles qui appartiennent à cette grande roue stellaire que nous appelons la Galaxie. Nous voyons sa trace sur le Ciel, puisque nous sommes à l'intérieur, dans son plan de plus grande épaisseur: cette trace est la Voie lactée. La Galaxie comprend des millions d'étoiles, et toutes les étoiles que nous voyons appartiennent à la Galaxie.

Dans la Galaxie, on peut mesurer quantité de choses; le faible rayonnement qui nous vient des étoiles apporte une quantité d'informations considérable: de la faible lumière d'une étoile nous pouvons tirer des données sur sa température; nous savons qu'il y a des étoiles chaudes, des étoiles froides, que la température superficielle des étoiles chaudes est aux environs de 50,000 à 100,000°C, les froides aux environs de 2,000°C; les chaudes ont l'air bleues, les froides ont l'air rouges et, au milieu de tout cela, le soleil est une étoile

blanc jaunâtre très banale, à une température d'à peu près 5,000°C. On peut mesurer également les dimensions de ces étoiles : il y en a de très petites, comme les naines blanches; il y en a également de beaucoup plus grandes, les super-géantes, dont le rayon atteint 1,000 fois le rayon du Soleil, parfois plus encore : là encore le Soleil doit être considéré comme une étoile d'une très confortable médiocrité, ni très grosse, ni très petite.

Nous connaissons encore beaucoup d'autres choses; nous allons jusqu'à connaître la distribution des températures dans une étoile; nous savons par exemple qu'à une certaine profondeur, il règne 5,000°C, mais que, plus profondément de 100 km, ce sera à peu près 6,200°C : c'est à peu près le cas pour le Soleil. Nous connaissons la distribution des densités dans une étoile; nous savons quelle densité existe au centre d'une étoile, beaucoup plus forte naturellement qu'à l'extérieur. Nous connaissons aussi la composition chimique des étoiles. Nous savons que l'hydrogène est l'élément le plus important dans les étoiles, nous savons qu'elles contiennent aussi de l'hélium et, à une moindre abondance, des éléments comme le carbone, l'oxygène, l'azote, et, encore moins abondants, la plupart des métaux qui existent sur terre.

Une véritable roue d'étoiles

Composition, température des étoiles, cela ne suffit pas pour avoir une idée précise de notre Galaxie. Il faut en connaître aussi les mouvements, car cet immense disque d'étoiles n'est pas immobile. Je l'ai appelé « roue d'étoiles », et c'est bien vrai : la Galaxie tourne. Elle tourne autour de son axe, très lentement, mais d'une façon compliquée; les régions centrales, notamment, tournent d'une façon compliquée; les régions centrales, notamment, tournent plus vite que les régions périphériques; il ne s'agit pas d'une roue solide, si vous voulez, il s'agit d'une roue qui, en tournant, se déforme. La Galaxie a une structure spiralee certainement liée à la fois à son évolution et à sa rotation, et elle est riche, non seulement d'étoiles, mais d'un très grand nombre d'autres objets : on

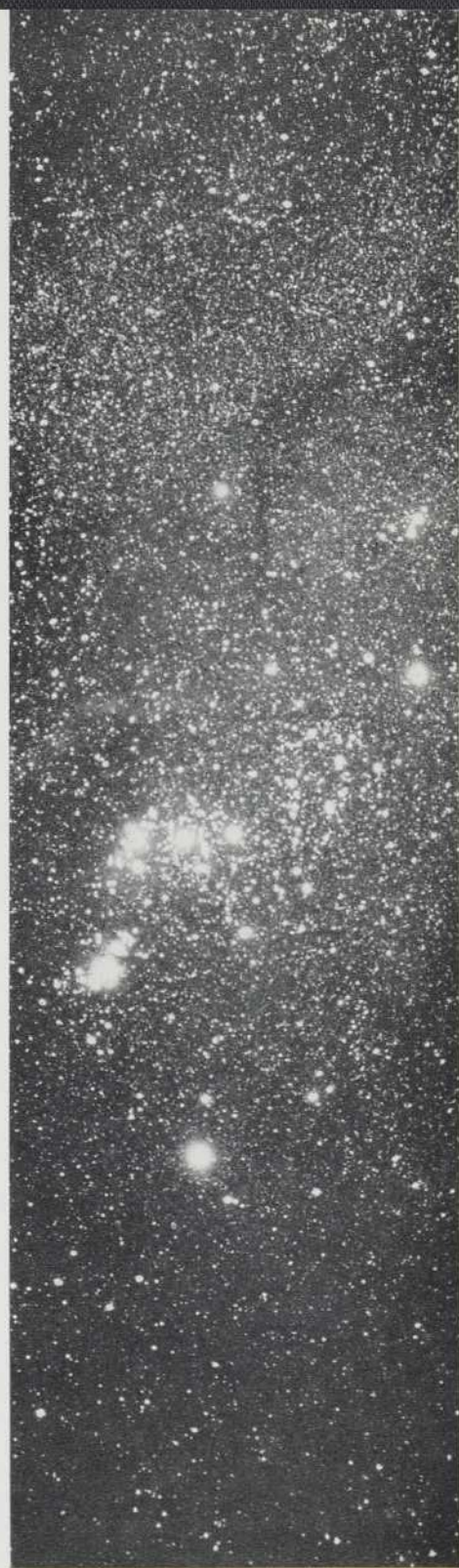
sait aujourd'hui que la moitié de la masse de la Galaxie est faite de matière interstellaire, de ce gaz diffus qui se trouve entre les étoiles et dont la nature physique est très variable; c'est un gaz très peu dense, par endroits très froid, et en d'autres très chaud.

La composition de la Galaxie n'est pas uniforme; il n'y a pas la même proportion d'étoiles jaunes et d'étoiles rouges dans toutes ses régions.

La Galaxie est un grand disque d'étoiles (que nous voyons ici de l'intérieur), mais toutes les étoiles n'ont pas dans ce disque la même distribution; il y a ce qu'on appelle des systèmes plats qui affectent à peu près la forme de disque aplati et il y a ce qu'on appelle des systèmes sphériques qui fuient les régions périphériques de la Galaxie, mais dont les membres s'accablent au centre. Le Soleil fait partie d'un système plat, comme la plupart des étoiles normales; et d'autres étoiles, par exemple les étoiles des amas globulaires, les amas globulaires eux-mêmes, ont une distribution très régulière, à peu près sphérique, autour du centre de la Galaxie. Il y a une inhomogénéité de composition assez grande. Le système le plus typiquement plat c'est, précisément, la matière interstellaire à partir de laquelle nous sommes en droit de penser que les étoiles se forment.

Notre Galaxie est riche en étoiles. Les dimensions en sont énormes. Pour la traverser d'un bout à l'autre, avec notre fusée imaginaire, il faudrait parcourir environ 100,000 années-lumière. Le Soleil lui-même n'est pas au centre de la Galaxie; il se trouve à peu près à 30 ou 40,000 années-lumière du centre de la Galaxie.

Dans cette Galaxie, les étoiles ne sont pas non plus distribuées uniformément : il y a des zones d'accumulation, des amas, des familles d'étoiles. Certaines de ces familles sont extrêmement serrées, en certains endroits, d'autres moins serrées, d'autres encore beaucoup moins. Nous avons tout lieu de penser que, groupées dans le Ciel, elles se sont groupées dans leur évolution et, probablement, sont nées ensemble.



Une vue de la constellation d'Orion, en bordure de ce nuage d'étoiles et d'univers, la Voie lactée.

2. Monstres et embryons

Pour étudier l'évolution de tous les objets que nous voyons ainsi, les astronomes ont recours aux mêmes méthodes que les naturalistes. Il s'agit d'étudier en quelque sorte l'évolution des espèces et pour cela, nous nous servons exactement des mêmes méthodes que celles qu'utilisent nos collègues biologistes. Nous ferons appel à « l'embryologie », études des embryons, c'est-à-dire, pour nous, des objets célestes extrêmement jeunes, ceux qui sont en train de naître; ou bien nous ferons appel à la « tératologie », c'est-à-dire à l'étude des monstres, de ces individus qui, dans le ciel, présentent des caractères tellement anormaux qu'en les observant nous pouvons être pratiquement sûrs de saisir au vol l'une des phases les plus étranges et, peut-être, les plus importantes de l'évolution des étoiles.

Parmi les monstres sur lesquels on s'est le plus appesanti pendant les dernières années figurent certaines étoiles doubles. Celles qui sont le plus serrées, très proches et qui exercent l'une sur l'autre une influence très grande. Fréquemment, des forces de marées très importantes participent à des échanges de matière entre les deux étoiles, à des éjections de matière plus ou moins dense, plus ou moins chaude mais qui, en tout cas, se produisent de façon régulière d'une étoile (la plus massive) vers l'autre (la moins massive) en provoquant un processus évolutif extrêmement important. L'éjection de matière n'est d'ailleurs pas limitée aux étoiles doubles. On a pu réaliser des films sur l'étoile que nous connaissons le mieux, le Soleil, où l'on voit la surface solaire éjecter dans l'espace (et en particulier vers nous) de grands jets de matière ionisée dont les influences sur la terre sont très grandes, puisqu'elles y produisent le géomagnétisme, les aurores polaires... et un certain nombre d'autres phénomènes fort gênants pour les amateurs sans-filistes, mais intéressants pour les chercheurs.

Toutes les étoiles certainement à un moment ou l'autre de leur vie, subissent des éjections de matière. Regardez par exemple le cas d'une étoile qui tourne très vite: la force centrifuge a provoqué à son équateur le départ d'une quantité de ma-

tière très grande vers l'extérieur. C'est, en effet, ce qui se produit probablement pour certaines étoiles dans le début de leur vie, les étoiles en rotation très rapide.

L'étude des embryons n'est pas moins utile, je veux dire les objets très jeunes, tels que les Herbig-Haro — du nom des deux astronomes qui les ont découverts voici seulement quelques années.

Ces astronomes étudiaient certaines nébulosités; ils regardaient ou photographiaient une région du Ciel, tous les jours pendant une certaine période, et, un beau jour, sur leurs clichés, ils ont vu dans cette nébulosité, où existaient déjà quelques étoiles, une nouvelle étoile qui, de toute évidence, était née au milieu de la nébulosité. Donc nous voyons des étoiles en formation.

Facteurs évolutifs

Il y a des millénaires quand les hommes voyaient l'âge de l'univers à leur échelle, ils lui attribuaient des durées qui se chiffraient par centaines, ou, plus récemment, par milliers d'années, mais ils ne connaissaient pas encore les données de la géologie. Lorsque la géologie, à la fin du siècle dernier, permit de comprendre un peu mieux la nature de la croûte terrestre, on comprit que l'âge de la Terre ne pouvait se compter en milliers d'années et devait nécessairement se compter en centaines de milliers au moins. Actuellement, les données géologiques les plus récentes fournissent pour la croûte terrestre un âge de 4 à 8 milliards d'années. Le Soleil qui l'éclaire depuis longtemps, doit donc avoir 4 à 5 milliards d'années lui aussi. Et c'est là que s'est posé au milieu de ce siècle un très grand problème: si le Soleil a émis tant de rayonnement depuis 4 ou 5 milliards d'années, comment a-t-il fait? Ce que nous savions sur les processus fabricateurs d'énergie ne permettait pas de répondre à cette question, même d'une façon approchée: si le Soleil avait été une boule de charbon pur, il se serait consumé en quelque 5,000 ans. Les efforts d'ingéniosité des astronomes chimistes n'arrivaient guère à dépasser quelques dizaines de milliers d'années. C'est Jean Perrin qui eut le premier, au début de ce

siècle, l'idée que, peut-être, l'origine de l'énergie solaire se trouvait dans la transformation de 4 atomes d'hydrogène en un atome d'hélium, transformation nucléaire qu'on pressentait déjà à cette époque. Cette transformation est très efficace 4 atomes d'hydrogène ayant à peu près le même poids qu'un atome d'hélium, mais pas tout à fait: il se perd une petite quantité de masse qui se transforme en énergie, est libérée et envoyée dans l'espace par les étoiles, notamment par le Soleil. On explique ainsi pourquoi le Soleil et les étoiles envoient dans l'espace ce flot ininterrompu et considérable d'énergie, et, en même temps, on explique aussi que les étoiles, ne peuvent rester des astres immuables. Au cours de leur vie, elles transforment de l'hydrogène en hélium, et il est normal de penser que si, un jour, elles avaient été en hydrogène pur, elles deviendraient en hélium pur et, naturellement, cesseraient à ce moment-là de rayonner.

Les facteurs de l'évolution sont donc de deux sortes: d'abord l'étoile rayonne en raison des réactions thermonucléaires qui existent en son centre; ensuite elle peut éjecter de la matière. Puisque l'étoile doit naître et mourir, à partir de quoi naît-elle, et vers quoi meurt-elle? C'est là qu'intervient la matière interstellaire qui est, en vérité, aussi bien le berceau que la tombe des étoiles. Je vous ai dit tout à l'heure que les étoiles éjectaient de la matière; la matière éjectée par les étoiles se retrouve tout naturellement entre elles: il y a une partie de la masse des étoiles qui « meurt » sous forme de matière interstellaire, mais, peut-être, pour renaître ensuite. Au sein de la matière interstellaire peuvent se produire des condensations donnant lieu à la formation d'étoiles.

Une vie d'étoile

Prenons une certaine masse de matière interstellaire, dans une partie de la Galaxie. Par un effet normal des lois du hasard, elle est plus ou moins condensée en certains points et, en d'autres plus ou moins diffuse. Aux points de condensation, il sera à peu près normal que la condensation augmente: une petite zone où la gravité est plus forte, attirera en effet les particules et cette zone de-

viendra de plus en plus attractive à son tour pour les autres particules qui l'entourent, si bien que, très vite, autour d'une petite condensation locale s'agglutineront un grand nombre d'atomes, un grand nombre de molécules, venus des régions entourant le point de condensation initial. Mais la matière interstellaire est froide aussi, pendant ce processus de condensation, ne se formera-t-il pas une étoile, puisqu'une étoile est un objet chaud. Au début, il y aura simplement une agglomération. Au centre de cette agglomération, la pression augmente, les chocs entre les particules deviennent de plus en plus importants, de plus en plus efficaces; la température aussi augmente et, au bout d'un certain temps, la température devient si élevée (elle atteindra des millions de degrés) que des réactions thermonucléaires, celles-là mêmes qui peuvent transformer de l'hydrogène en hélium, commenceront à se produire; c'est de ce moment-là que date la naissance de l'étoile. La phase préliminaire, celle qui part de la condensation au sein de la matière interstellaire jusqu'à la naissance de l'étoile, est, en général très rapide: on a pu calculer en très grand détail, on a pu même observer des astres tout juste condensés, presque encore en cours de condensation; cette période dure quelques centaines de milliers d'années dans la vie de l'étoile. Puis les réactions nucléaires se produisent et commencent à « brûler » l'hydrogène qui se trouve au centre de l'étoile, puisque c'est seulement au centre, où la condensation est grande que la température est suffisamment élevée; dans les régions périphériques, les températures sont beaucoup plus élevées que les températures terrestres mais, néanmoins, très faibles par rapport à celles qui sont nécessaires pour que les réactions nucléaires se produisent. Au bout d'un certain temps, une bonne proportion de l'hydrogène sera brûlée; le soleil se trouve à peu près dans ces conditions-là: dans le soleil, environ 10 à 20% de l'hydrogène a été transformé en hélium. Mais il vient un moment où les conditions seront suffisamment changées pour que le type des réactions nucléaires change: les régions centrales étant appauvries en hydrogène, la zone en réaction gagne progressivement les régions extérieures; la température augmente, les réactions nucléaires

La fameuse nébuleuse spirale dans les Chiens de Chasse. Sa distance est d'environ deux millions d'années-lumière. On aperçoit également une autre nébuleuse au-dessous de la spirale. Les « bras » sont aussi composés de matière nébuleuse et d'étoiles.



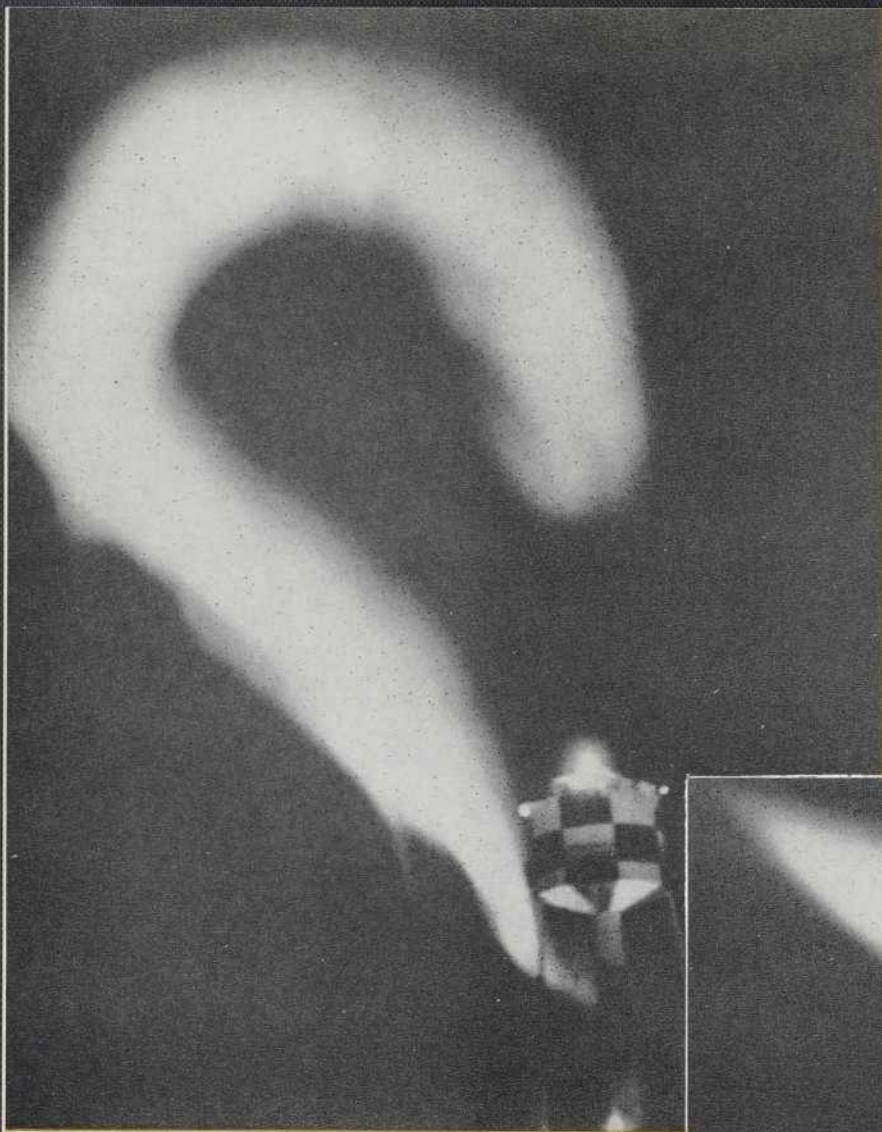
deviennent beaucoup plus sensibles aux variations de température, elles augmentent très vite à mesure que la température augmente, il suffit d'un très faible changement de température pour augmenter de façon considérable le débit d'énergie et nous avons alors, en face de nous, des étoiles géantes et des supergéantes. La phase préliminaire — celle par où passe actuellement le Soleil — dure quelques dizaines de milliards d'années.

Puis cette supergéante, qui brûle très vite puisqu'elle répand très vite une quantité énorme d'énergie dans l'espace, va bientôt avoir brûlé tout l'hydrogène qu'elle contient; à ce moment-là elle passe par une phase d'instabilité: elle se met à exploser, à devenir variable, à passer par un certain nombre de phases que nous connaissons encore fort mal et, au bout d'un certain temps, très rapidement, elle s'effondrera à l'état de naine blanche, cet astre supercondensé dont le rayonnement provient sans doute simplement du refroidissement de la matière qui avait été chauffée au temps où l'étoile était une supergéante,

Il y a des étoiles beaucoup plus massives et qui deviennent beaucoup plus chaudes que le Soleil dès le début de leur vie stellaire. Celles-ci, naturellement, évoluent beaucoup plus vite: c'est le cas des étoiles bleues de notre Galaxie. Leur évolution est différente, car la masse de l'étoile et sa composition chimique ont beaucoup d'influence pour diversifier les processus d'évolution. Cette diversité de l'univers stellaire est naturellement extrêmement importante pour comprendre tout ce qui se passe dans la Galaxie.

On parle souvent dans la littérature d'« âge » de la Galaxie. Qu'est-ce que cette notion a de sérieux? Il est bien certain que, lorsqu'on dit que la Galaxie doit avoir quelques milliards d'années, on veut surtout dire que, puisqu'elle contient des objets dont on a pu déterminer l'âge et que ces objets ont (pour les plus vieux d'entre eux) quelques milliards d'années, il est normal de songer que la Galaxie a elle-même quelques milliards d'années.

Au prochain numéro: 3e et dernière partie, « L'expansion de l'Univers ».



A Fort Churchill, au Manitoba, des lueurs boréales aussi spectaculaires peuvent se produire presque toutes les nuits lorsqu'il n'y a pas de nuages. Les bandes blanches ou colorées changent constamment de forme et de position.

On croit que les aurores sont causées par des corpuscules provenant des éruptions solaires entrant en contact avec le champ magnétique terrestre. Mais les théories scientifiques actuelles ne sont pas encore satisfaisantes et de nombreuses recherches fondamentales restent à faire pour expliquer définitivement ces phénomènes.

Ces aurores ont été photographiées par le Laboratoire nordique du Conseil de recherches pour la défense,



Les aurores boréales, les sondages de l'espace par les fusées et le Conseil national de recherches

par W. L. HANEY

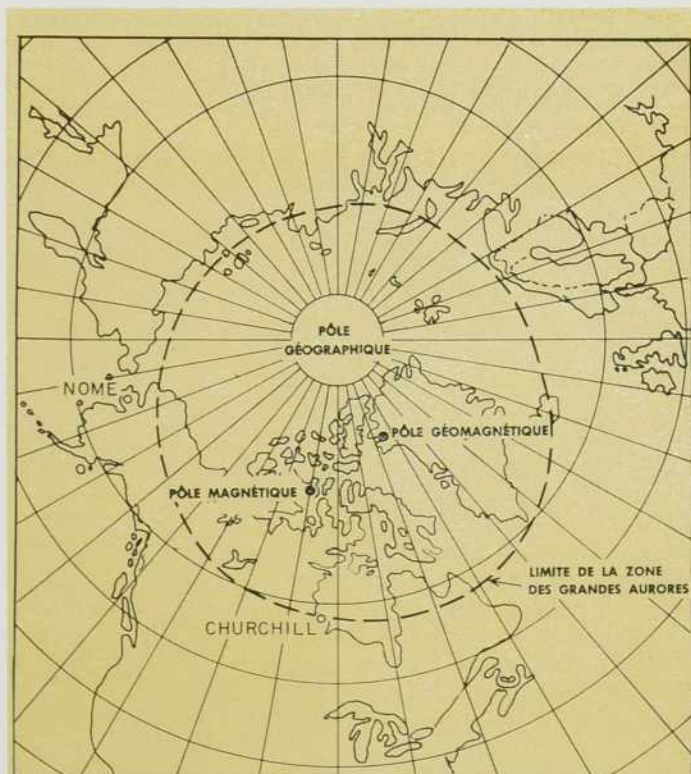
Les nombreuses aurores boréales qui paraissent dans le ciel du Nord canadien permettent aux spécialistes de la haute atmosphère d'effectuer d'importantes recherches.

Dans la plus grande partie de la zone arctique canadienne le champ magnétique terrestre est presque perpendiculaire à la surface du globe. De graves perturbations se produisent dans cette zone lorsque les corpuscules provenant des éruptions solaires entrent en contact avec le champ magnétique terrestre. Si l'on peut expliquer ainsi l'origine des aurores boréales il n'en est pas moins vrai que les théories scientifiques actuelles ne sont pas pleinement satisfaisantes et qu'il reste de nombreuses recherches fondamentales à faire.

L'étude des aurores a des applications immédiates du fait que les éruptions solaires qui les provoquent constituent un danger pour les astronautes. Par ailleurs, d'autres phénomènes connexes perturbent ou même paralysent, dans le Nord du Canada, les communications radiophoniques et télégraphiques. Néanmoins, la plupart des recherches effectuées au Canada, dans ce domaine, sont de nature fondamentale. Elles ont pour but d'enrichir nos connaissances en ce qui concerne les rayonnements solaires corpusculaires, la nature et la composition de la haute atmosphère, la nature et l'origine des rayons cosmiques. Lorsque ces phénomènes seront mieux connus de nouvelles applications, auxquelles on ne songe même pas à l'heure actuelle, verront le jour.

La haute atmosphère n'a jamais été bien définie. On considère que c'est une zone limitrophe située entre l'atmosphère terrestre et l'espace. Elle s'étend de quarante milles à environ trois cent milles au-dessus de la surface de la terre. Cette zone a longtemps intéressé les scientifiques

canadiens. Elle est étudiée depuis de nombreuses années au moyen de méthodes indirectes de recherche par des experts du *Conseil national de recherches*, du *Conseil de recherches pour la défense* et de l'Université de la Saskatchewan. Les études effectuées par moyens optiques et par ra-



La ligne pointillée indique la région où les phénomènes des « aurores » sont les plus fréquents dans l'hémisphère nordique. Le pôle magnétique est le lieu où le champ magnétique terrestre est perpendiculaire à la surface de la terre.

dar à l'Institut de physique de la haute atmosphère de l'Université de la Saskatchewan ont été remarquables. Des travaux semblables ont été entrepris au Conseil national de recherches du Canada. *L'Etablissement de recherches pour les télécommunications de la défense* s'est distingué dans ses études de l'ionosphère par diverses méthodes radio. Les études relatives aux rayons cosmiques effectuées au Conseil national de recherches sont étroitement liées aux recherches sur la haute atmosphère. Les études météoriques effectuées à l'Observatoire fédéral et au Conseil national de recherches concernent directement la haute atmosphère étant donné que c'est dans cette région que les météores (étoiles filantes) deviennent incandescents. C'est dans cette région aussi que se pose le fameux problème du retour des véhicules spatiaux. Certaines études météorologiques ont montré qu'il existe une relation entre le temps qu'il fait et l'activité solaire.

Fusées et satellites

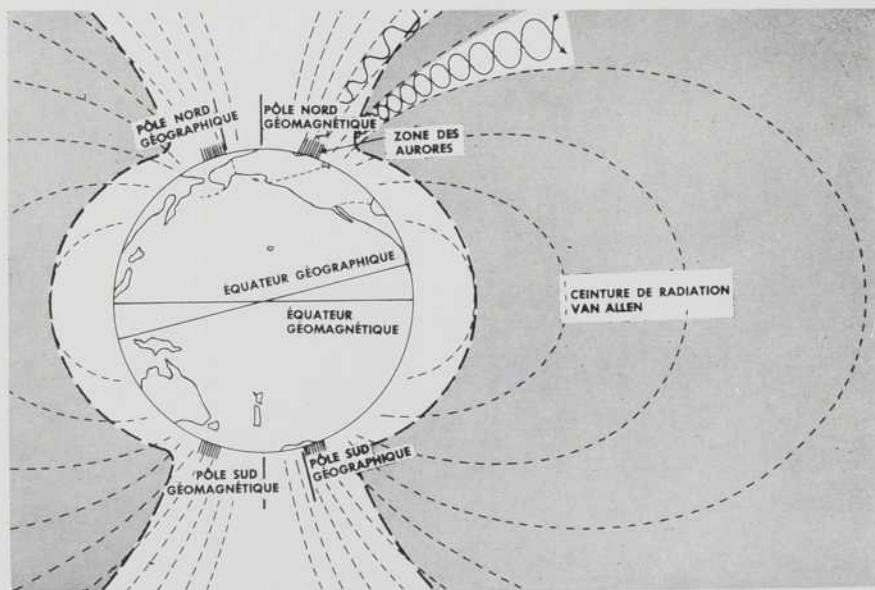
Il est maintenant possible d'effectuer des mesures directes dans la haute atmosphère au moyen de fusées et de satellites. Les scientifiques qui ont employé d'ingénieuses méthodes de mesure indirecte ont beaucoup contribué à la compréhension des phénomènes de la haute atmosphère et leurs résultats sont dans de nombreux cas confirmés par les observations effectuées directement. Parce que les scientifiques canadiens s'intéressent depuis longtemps à la haute atmosphère, parce que la situation géographique et géophysique du Nord canadien est très favorable et parce que le Canada participe aux activités des Années géophysiques internationales le Conseil national de recherches a formé, en juin 1959, un *Comité associé de recherches spatiales* sous la présidence de M. le Dr D.-C. Rose, Directeur adjoint de la Division de physique pure. En plus d'être un savant de réputation internationale dans le domaine des rayons cosmiques, M. le Dr Rose a acquis une expérience considérable comme coordonnateur de la participation canadienne à l'Année géophysique internationale.

A Fort Churchill, Manitoba

L'un des principaux buts du Comité associé de recherches spatiales est de promouvoir un programme de sondage par fusées. Fort Churchill au Manitoba est un terminus ferroviaire situé directement dans la zone où les aurores boréales sont les plus fréquentes. C'est également un des emplacements où se trouvaient d'importantes rampes de lancement de fusées lors de l'Année géophysique internationale. La Baie d'Hudson convient parfaitement pour recevoir les fusées qui retombent. A la même époque un programme de mise au point des carburants était réalisé à *L'Etablissement de recherche et de développement pour l'armement*, organisme qui dépend du Conseil de recherches pour la défense.

Une fusée expérimentale destinée à la mise au point des carburants solides a également permis d'effectuer d'excellents sondages scientifiques de la haute atmosphère. On avait donc tout ce qu'il fallait à Fort Churchill : les aurores boréales, les fusées et le personnel scientifique.

Le programme proposé par le Comité associé de recherches spatiales comprend une étude de la densité des électrons, laquelle est confiée à un groupe d'experts de l'Université de la Saskatchewan. Cette étude consiste à effectuer des sondages dans l'ionosphère au moyen de plusieurs instruments lancés simultanément. Ces instruments retombent ensemble dans la haute atmosphère en s'écartant légèrement les uns des autres. Ces mesures simultanées sont nécessaires pour obtenir la précision que l'on recherche. Des mesures concernant l'activité des rayons cosmiques sont effectuées par des experts du Conseil national de recherches. D'autres experts du Conseil établissent des estimations quant au nombre de météorites que les fusées peuvent rencontrer en vol. Des mesures relatives à la température et à la densité sont effectuées par l'Institut d'aérophysique de l'Université de Toronto. Des mesures magnétiques et des enregistrements de neutrons sont effectués par des spécialistes de l'Université de l'Alberta.

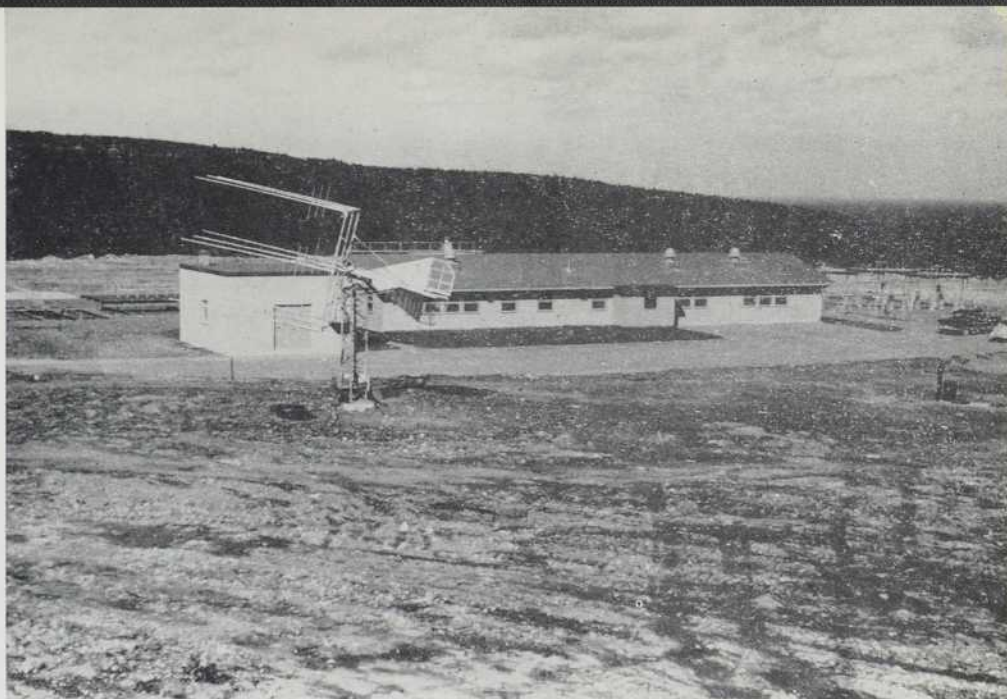


On suppose que les aurores sont causées par des corpuscules solaires provenant de la ceinture Van Allen où le champ magnétique terrestre est le plus intense. Le pôle géomagnétique est la position où se trouverait le pôle si le champ magnétique terrestre était causé par un simple aimant dans une sphère homogène.

Le Comité associé recommande l'achat des fusées et de l'aide technique est fournie aux groupes d'étude par le Conseil national de recherches et par l'Etablissement de recherche et de développement pour l'armement. La liaison avec les installations de lancement et l'aide au moment du lancement lui-même sont assurées par les mêmes organismes. Les fusées sont fabriquées par l'Etablissement précité, les plans de dérive et le cône par Canadair, l'enveloppe du moteur par *Canadian Bristol Aerojet* de Winnipeg. En coopération avec le Conseil de recherches pour la défense, avec le ministère de la Production de défense et à un degré moindre avec le Conseil national de recherches, la firme *Bristol Aerojet* se prépare maintenant à fabriquer des fusées complètes pour le Canada et elle espère en exporter vers d'autres pays.

La rampe de lancement de Fort Churchill est sous le contrôle de l'armée canadienne. A la suite d'un accord passé entre le Gouvernement des Etats-Unis et le Gouvernement du Canada le centre de lancement est mis en oeuvre par l'Aviation américaine qui a donné un contrat à *Pan American World Airways* (cette compagnie aérienne a un contrat du même genre à la base de lancement des engins spatiaux à Cape Kennedy). Une grande partie du personnel en fonction à Fort Churchill est de nationalité canadienne. Voilà des années que la base de Churchill ne sert plus à des fins militaires. Elle n'est employée actuellement que pour la recherche scientifique.

Malheureusement, un incendie désastreux qui s'est produit en 1961 a beaucoup retardé la réalisation du programme du Comité associé. Enfin, au cours de la nuit du 5 avril 1963 deux fusées ont été lancées. La première des deux fusées était munie d'instruments pour mesurer le champ magnétique terrestre, la densité des électrons dans l'ionosphère et l'incidence des corpuscules cosmiques à faible énergie qu'on ne trouve que dans la haute atmosphère et dans l'espace car elles sont absorbées dans l'atmosphère. La deuxième fusée



La Station de repérage et de télémétrie organisée conjointement par le Conseil national de recherches (canadien) et la National Aeronautics and Space Administration (américaine), ou NRC/NASA. Cette station est mise en service par International Telephone and Telegraph (Canada) Ltd. pour le Conseil national de recherches. — Cette base située à Terre-Neuve fait partie d'une chaîne mondiale de stations qui peuvent établir la position d'un satellite avec une grande précision.

Une vue aérienne de la rampe de lancement située à Fort Churchill, au Manitoba. Des fusées Black Brant partent du bâtiment que l'on aperçoit à l'extrême gauche. C'est la seule rampe de lancement enfermée en Amérique du Nord. Les dures conditions climatiques de cette région ont obligé les constructeurs à relier les bâtiments par des tunnels.



était munie d'instruments semblables mais elle transportait en plus des dispositifs qui avaient pour but de renseigner les experts sur le comportement de la fusée elle-même. Les deux fusées sont montées jusqu'à une altitude de 90 milles et elles ont permis de recueillir d'excellentes données qui font encore l'objet d'analyses. De nouveaux lancements sont prévus et on s'attend à ce qu'environ dix fusées soient lancées par an dans le cadre du programme canadien.

Une autre fonction du Comité associé de recherches spatiales est de faciliter les échanges de données entre les groupes d'experts intéressés aux applications de la recherche spatiale. Il y a de nombreux groupes de ce genre au Canada en dehors des universités. Par exemple, dans l'industrie, plusieurs firmes s'occupent de fabrication d'instruments destinés aux fusées et aux satellites. Certains organismes effectuent des recherches fondamentales qui intéressent directement les activités spatiales. Le ministère des Transports qui s'occupe des prévisions météorologiques et des satellites de communication et le ministère des Affaires extérieures qui s'intéresse aux aspects légaux et internationaux de la recherche spatiale ont des représentants au sein du Comité associé de recherches spatiales. Le Conseil de recherches pour la défense s'intéresse à la recherche spatiale dans la haute atmosphère. L'Etablissement de recherche et de développement pour les armements et l'Etablissement de recherches pour les télécommunications de la défense ont des programmes de sondage de l'espace et sont représentés au Comité.

A gauche, la « charge utile » d'une fusée Black Brant, lancée au début de 1964. Cet appareil comprend : un scintillomètre (tiers supérieur) conçu et construit par l'Université de l'Alberta, des magnétomètres, des compteurs de rayons cosmiques, des dispositifs pour la mesure de la densité des électrons, un système télémétrique et une balise radar pour faciliter la mesure de la trajectoire de la fusée.

Coopération internationale

Les programmes d'études géophysiques dépassent le cadre national et ils exigent une grande coopération sur le plan international. C'est ainsi que le *Conseil international des Unions scientifiques* (que présidait au moment de son décès, en 1962, le Dr E. W. R. Steacie qui était alors également Président du Conseil national de recherches) et que l'*Organisation des Nations-Unies pour l'éducation, la science et la culture* (UNESCO) ont des comités de recherches spatiales qui ont beaucoup de points communs. Ces comités ne s'occupent pas de science militaire ni de recherches pour la défense; ils sont essentiellement scientifiques.

Au Canada, le Comité associé de recherches spatiales joue le rôle de Comité national canadien pour la Commission de recherches spatiales du Conseil international des unions scientifiques. Le Comité national favorise les efforts canadiens dans ce domaine (publications, voyages, etc.) et facilite la réalisation des programmes internationaux à l'intérieur du Canada. Le Président du Comité associé de recherches spatiales, M. le Dr D. C. Rose représente généralement le Canada au Comité des recherches spatiales des Nations-Unies.

L'une des responsabilités internationales du Comité associé est la mise en service d'une station de repérage des satellites à Terre-Neuve. Cette station fait partie d'une chaîne mondiale de stations qui peuvent établir la position d'un satellite avec beaucoup de précision. Elle peut également enregistrer les signaux télémétriques qui proviennent des satellites. Cette station qui a été établie tout d'abord pour repérer les satellites lancés par le NASA des Etats-Unis est exploitée par une entreprise canadienne ayant reçu un contrat du Conseil national de recherches. De plus petites stations d'enregistrement télémétrique sont exploitées au Canada par le Conseil national de recherches en coopération avec des organismes scientifiques internationaux.



Les programmes d'études géophysiques exigent une grande coopération sur le plan international.

A gauche, quelques participants à une réunion du sous-comité scientifique et technique du Comité des Nations Unies pour les applications pacifiques de l'espace, tenue à Genève en 1962. M. William Bauer du ministère des Affaires extérieures et M. le Dr C. Rose du Conseil national de recherches, respectivement premier et deuxième à partir de la gauche, avec des scientifiques de Bulgarie et du Brésil.

Découvertes et applications

La recherche spatiale ayant recours aux fusées pouvant atteindre plus de 50 milles d'altitude ne date pas de plus de 15 ans. Les progrès accomplis au cours de ces quinze années ont été phénoménaux. La mise en orbite de satellites, les voyages des astronautes et les sondes spatiales, tout cela a été réalisé. La connaissance scientifique acquise est considérable et des phénomènes étonnants ont été découverts, particulièrement la « ceinture de radiation Van Allen ». On ne soupçonnait même pas l'existence de ce phénomène. Des surprises similaires se sont produites dans des domaines plus spécialisés et il n'est pas douteux que d'autres se produiront dans l'avenir. Le satellite canadien Alouette est lui-même une réalisation technique importante et ce satellite fournit de nouvelles données au sujet des couches supérieures de l'ionosphère qui autrefois ne donnaient lieu qu'à des hypothèses.

Les applications techniques de la recherche spatiale nous concernent tous, de plus en plus. Les satellites de recherche météorologique sont employés dans les prévisions météorologiques quotidiennes; les satellites de communication, quoiqu'ils ne soient pas encore d'un usage courant, sont assez souvent utilisés pour que les téléspectateurs en aient entendu parler. Bientôt des satellites de navigation permettront aux aéronefs et aux navires de déterminer leur position avec plus de précision n'importe où dans le monde. Les données recueillies par le satellite Alouette rendront éventuellement les communications radio plus sûres. D'autres applications verront le jour au cours des quinze prochaines années.

Par suite des implications scientifiques, techniques, sociales et industrielles des activités spatiales aucune nation moderne ne peut se contenter d'observer les efforts des autres. Tous les pays doivent contribuer d'u-

ne façon ou d'une autre à l'enrichissement des connaissances spatiales. L'effort du Canada dans ce domaine, bien qu'il soit modeste comparé à celui des Etats-Unis ou de la Russie est tout de même important. Il est indéniable qu'il pourrait être plus important encore. Les fonds destinés aux recherches spatiales dépendent naturellement de la place qu'occupent ces recherches par rapport à celles qu'il y a lieu de faire dans les autres domaines de la science et de la technologie.

A propos

des satellites artificiels

Echo I et Echo II

par Paul-H. NADEAU

Les retours périodiques des satellites artificiels, Echo I et Echo II en particulier, ont le don de mystifier bien des observateurs. Pourtant, ils s'expliquent facilement, dès qu'on examine le problème de plus près. A cause des variations à courte période que subissent les divers éléments de leurs orbites, il devient impossible de prévoir, longtemps d'avance et avec précision, à quel moment ces satellites seront observables d'un point donné de la Terre. Néanmoins, il existe un élément assez stable de ces orbites, la *rotation de la ligne des noeuds*. Dans le cas de l'Echo I, la période de cette rotation a diminué seulement de 113 à 109 jours, de façon à peu près continue, depuis le lancement du satellite, le 12 août 1960. Cette stabilité nous permettra de prédire longtemps d'avance quelle sera la position de l'orbite par rapport au Soleil, et partant les périodes de visibilité du satellite lui-même.

Examinons la figure, qui représente la Terre encerclée de l'orbite Echo I, dont l'inclinaison sur l'équateur terrestre est d'un peu plus de 47°. Supposons l'orbite fixe par rapport aux étoiles, ce qui est à peu près le cas pour un court laps de temps. On voit que le point Q, situé à une latitude inférieure à l'inclinaison de l'orbite, passe deux fois sous l'orbite pendant que la Terre fait un tour sur elle-même, une fois en A', sous la branche ascendante de l'orbite, et une seconde fois en A'', sous la branche descendante.

Supposons maintenant que nous connaissons l'heure à laquelle le point Q est en Q', c'est-à-dire sous l'orbite et dans un plan perpendiculaire à celle-ci. La ligne médiane de l'orbite se projette alors sur le méridien du lieu. L'orbite étant ramenée à la surface de la Terre, on a le triangle sphérique droit A'BC, où l'angle B est celui de l'inclinaison de l'orbite du satellite, le côté A'C la latitude du lieu Q, et le côté BC le complément de l'angle X. La solution du triangle sphérique nous permet de déterminer l'angle X, qui est celui dont la Terre doit tourner pour que le point Q passe de A' à Q'.

Si la latitude du lieu est de 46° 47', on aura la formule :

$$\sin (90^\circ - x) = \operatorname{tg} 46^\circ 47' \times \operatorname{cot} 47^\circ 17' \quad (1)$$

qui donne pour X : 10° 31', angle que la Terre parcourra en 42 minutes, à raison de 15° à l'heure. Le point Q sera donc sous l'orbite, en A', 42 minutes avant son passage dans le plan perpendiculaire de l'orbite, et de même en A'' 42 minutes après ce passage.

En faisant les mêmes calculs pour l'Echo II avec 81° 30' comme angle d'inclinaison, on obtient pour X : 5 h 23 m.

Mais l'orbite de l'Echo I n'est pas fixe par rapport aux étoiles. La ligne des noeuds, BB', tourne de 3°,373 par jour (au 25 juillet 1964), dans le sens indiqué par la flèche. Comme le Soleil parcourt, en ascension droite à peu près un degré par jour dans le sens contraire, le noeud B' se sépare de S' de 4°,36 par jour. Au bout de 82,5 jours, la ligne des noeuds a fait un tour complet par rapport au Soleil. On trouve 200 jours dans le cas de l'Echo II.

Il s'agit maintenant de déterminer à quelle date, un lieu terrestre quelconque se trouve dans le plan perpendiculaire de l'orbite (c'est-à-dire sur la ligne PQ'G), à minuit heure locale, par exemple. Cette circonstance a lieu lorsque le Soleil est en S c'est-à-dire à une ascension droite de 90° inférieure à celle du noeud ascendant B.

Prenons les éphémérides fournies par le *Smithsonian Institute* dans sa circulaire du 1er août 1964. La position en ascension droite du noeud ascendant de l'Echo II est de 245° 55'. A la même date, les annuaires donnent 129° pour

(1) On arrive aux mêmes formules en se servant des triangles rectangles O'A''A' et OA''A. O'A' est évidemment égal à O'Q', qui est le cosinus de la latitude du lieu.

l'ascension droite du Soleil. La différence entre les deux ne sera plus que de 90° quand il se sera écoulé 15 jours environ, le temps nécessaire au noeud ascendant et au Soleil de parcourir $26^\circ 55'$, l'un par rapport à l'autre, à raison de $1^\circ,8$ par jour. Donc, le 16 août, la projection de la ligne médiane de l'orbite de l'Echo II se confond avec le méridien du lieu, à minuit heure locale, ce qui est exact à peu de chose près pour tous les points de la Terre.

On peut arriver au même résultat en prenant une autre donnée de la circulaire du 1er août : la longitude du noeud ascendant, qui est de 81° Ouest, à 1 h. 9,7 m. T.U. Le méridien de Greenwich sera sous la ligne médiane de l'orbite à l'heure mentionnée, quand le noeud ascendant aura régressé de 9° , à raison de $1^\circ,8$ par jour, c'est-à-dire au bout de 5 jours environ, soit le 6 août. La ligne médiane de l'orbite revient à la même position à la même heure au bout de 200 jours. Un calcul très simple montre qu'il faudra attendre 10 jours, soit au 16 août, pour que cette ligne médiane gagne 1 h 9,7 m et passe à minuit.

(2) On peut obtenir un exemplaire de cet almanach-graphique en en faisant la demande au secrétaire de la Société d'Astronomie de Québec, 229 ouest, rue Saint-Cyrille, Québec 6.

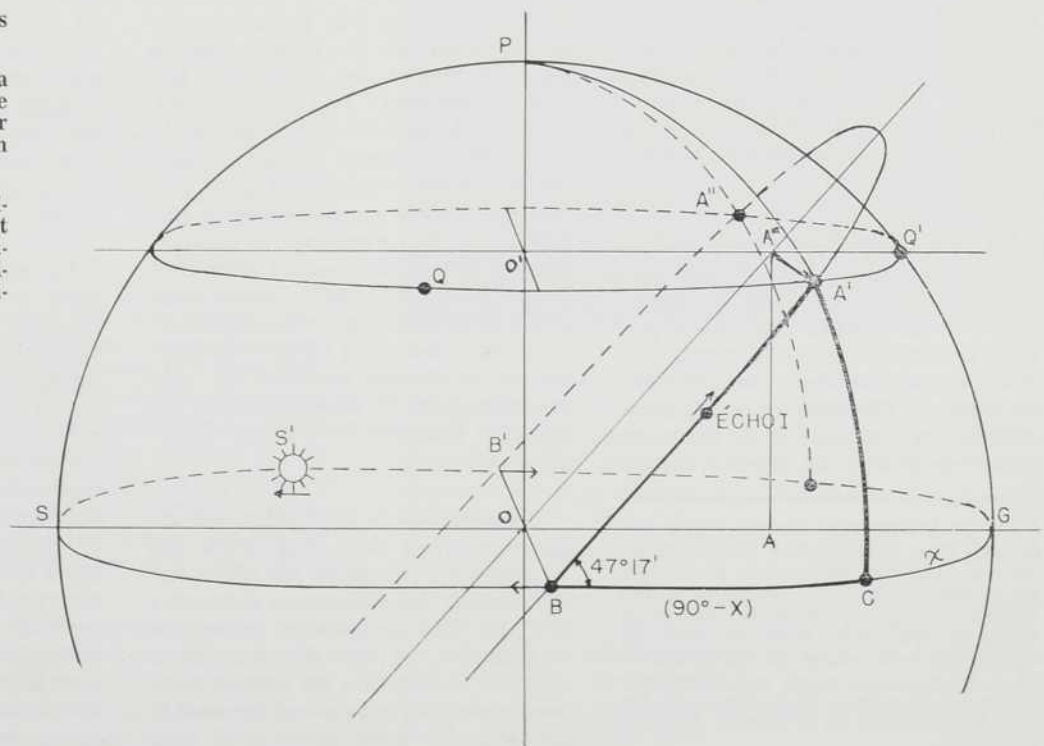
L'Almanach-Graphique pour 1965 (Académie des Sciences du Maryland) (2) donne l'heure du passage au méridien de la ligne médiane de chacun des satellites. A l'aide de la formule mentionnée plus haut, on peut tracer en rouge (*Echo I*) et en vert (*Echo II*) les lignes correspondant aux branches ascendantes et descendantes des satellites, lesquelles varient avec la latitude du lieu. Lorsque les lignes rouges et vertes croisent le crépuscule ou l'aurore, on obtient les périodes où les satellites sont le plus facilement observables, celles des passages au voisinage du zénith. Il ne reste plus qu'à observer le ciel durant une heure ou deux, pour enregistrer l'heure d'un passage initial. Pendant tout le reste de la période de visibilité, on pourra prédire l'heure du passage du satellite, connaissant sa période de révolution qui est présentement voisine de 114,3 minutes, dans le cas de l'Echo I, et de 108,7 minutes, dans le cas de l'Echo II.

Sous une latitude voisine de 47° N, l'Echo I sera visible, le soir, une première fois au début de février, puis à la fin d'avril. Du milieu de juin à la fin de juillet, il sera observable toute la nuit. Il reviendra à la mi-octobre et de nouveau à la toute fin de l'année. Dans le cas de l'Echo II, les périodes de visibilité ne varient guère avec la latitude. Il sera observable sous la branche ascendante (direction Sud-Nord) à la fin de fé-

Pour situer les satellites Echos I et II :

cette figure représente la Terre encerclée de l'orbite Echo I, dont l'inclinaison sur l'équateur terrestre est d'un peu plus de 47° .

Pour les explications détaillées, lisez attentivement cet article et vous pourrez suivre le passage de ces satellites dans le ciel de nos latitudes.



vrier et au début de mars, puis sous sa branche descendante (direction Nord-Sud) en mai. Durant la période juillet-août-septembre, il sera visible toute la nuit sous sa branche ascendante. Nous aurons une dernière période de visibilité, le soir, à la fin de décembre, sous la branche des-

pendante. On constate qu'à la latitude mentionnée, les lignes rouges et vertes ne se croisent pas dans le crépuscule, ce qui fait que les deux satellites ne seront pas visibles en même temps ou presque, au cours de la présente année, comme ce fut le cas en novembre 1964.

Notes d'histoire:

la physique et la chimie

à l'âge de l'atome

par Ernest RIVET

Il est très difficile de remonter dans l'histoire et de préciser la date où la chimie et la physique sont devenues des sciences expérimentales.

Si on exclut certaines découvertes dans le domaine de l'astronomie et certaines mesures géométriques de la Terre au temps d'Ératosthène, (273-192 av. J.-C.), il faut faire débiter l'étude de la physique avec la fin du 16^e siècle. C'est en effet à cette époque que Galilée (1564-1642) effectue ses recherches et réunit observation expérimentale et analyse mathématique; cette méthode appliquée à la mécanique et à l'optique conduit ces deux branches de la physique à la perfection qu'elles atteignent avec Huyghens (1629-1695) et Newton (1642-1727).

Le développement de la chimie avant cette époque ne fut pas plus spectaculaire et très peu de découvertes intéressantes sont dues aux anciens chercheurs de la pierre philosophale. On attribue généralement au début du 17^e siècle la fin de cette période de l'alchimie et le début de la chimie à titre de science expé-

ri-mentale telle que définie par le philosophe Bacon (1561-1626). Bacon suggère en effet que la science expérimentale doit d'abord observer les faits et proposer ensuite des théories d'interprétation. C'est à Bacon que revient le mérite d'avoir établi la méthode scientifique expérimentale.

A partir du 17^e siècle, physique et chimie ont profité d'un essor commun et considérable. Il convient d'insister ici sur le mot « commun ». Par exemple, les lois fondamentales de la chimie des gaz furent établies par les travaux des physiciens Mariotte (1620-1684) et Charles (1746-1823) et du physicien-chimiste Boyle (1626-1691). A partir de ces considérations, Dalton (1766-1844), un chimiste, établit la première théorie atomique qui sera expliquée et complétée par les recherches du physicien Rutherford (1871-1937), découvreur du modèle atomique noyau-électron. Il découle donc qu'à l'origine chimistes et physiciens jouèrent un rôle commun dans le développement de ces deux branches de la science expérimentale.

Il semble que la distinction soit apparue un peu plus tard alors que le chimiste a concentré son effort sur l'utilisation des différentes molécules qu'il lui était maintenant permis de comprendre, et que le physicien a cherché à accroître sa propre compréhension des noyaux qui forment la matière. Le fossé ainsi créé s'est

considérablement élargi avec la relativité d'Einstein et la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie au début du 20^e siècle. Cette forme de calcul mathématique complexe qui, à première vue, semble superflue à l'étude de la chimie, est alors devenue l'apanage du physicien.

Nous voici maintenant à l'âge atomique. La découverte de la radioactivité artificielle est attribuée au chimiste Joliot-Curie. La théorie de la relativité d'Einstein obtient une confirmation frappante avec la fabrication de la bombe atomique et bouleverse la loi de conservation de masse du chimiste Lavoisier. On s'aperçoit aussi de plus en plus que certaines branches de la chimie — telles que l'étude de la liaison atomique et la spectroscopie — se doivent d'utiliser les calculs de la mécanique ondulatoire. Encore une fois, il semble que le fossé creusé entre la physique et la chimie se soit rétréci un peu avec cette nouvelle époque, mais cet apparent rétrécissement est plutôt dû à une ramification plus poussée dans chacune des branches scientifiques. Si en effet on considère une ramification poussée à l'infini, il ne peut manquer que certains rameaux soient adjacents tout en étant distincts.

La radiochimie se situe un peu dans ce contexte, puisque le radiochimiste doit utiliser des radioisotopes qu'il identifie et fabrique par des méthodes et des appareils de physique. C'est peut-être cette proximité partielle de moyens techniques qui est responsable de l'expression contradictoire de « chimiste nucléaire » principalement utilisée pour décrire le chimiste qui s'intéresse à la physique nucléaire à l'aide de méthodes empruntées à la chimie. Il reste cependant entre ces deux branches une distinction très considérable, sinon dans le but à atteindre du moins dans les méthodes de mesure et dans la formation générale du chercheur.

Dans le laboratoire de physique nucléaire que l'Université de Montréal est en voie de construire, le professeur Ernest RIVET continuera ses recherches dans le domaine des réactions nucléaires et sera, de plus, en charge du laboratoire de radiochimie. Il a bien voulu nous communiquer cette rétrospective historique sur les développements de la chimie et de la physique.

3e chapitre:

La classification des minéraux

par Jean-Paul DROLET

Comme il existe dans la nature plusieurs centaines d'espèces de minéraux, (on connaît actuellement près de 2000 minéraux différents) leur étude serait difficile sans une certaine classification. Voilà pourquoi on les a divisés en groupes suivant leur COMPOSITION CHIMIQUE, car de celle-ci dépendent plusieurs autres propriétés.

Quant aux roches, elles sont classifiées selon leur MODE DE FORMATION — et leur étude déborde le cadre du présent ouvrage. Rappelons cependant ce que nous avons dit au premier chapitre, à savoir qu'une classification sommaire des roches communes comprend les roches sédimentaires, les roches ignées et les roches métamorphiques.

Les roches sédimentaires (formées de débris accumulés au sein des eaux) peuvent être d'origine mécanique, comme les graviers, les sables et les argiles, ou d'origine chimique comme le sel, le gypse et le minerai de fer des marais, ou encore d'origine organique dans le cas de la plupart des calcaires formés de coquilles, de craie ou de marne.

Les roches ignées (formées par la solidification de matières fondues émanant de l'intérieur de la terre) se subdivisent en plusieurs groupes selon la proportion plus ou moins grande de silice (quartz) qu'elles contiennent. D'après la grosseur des grains qui les constituent, on mentionne les roches à grain grossier (roches plutoniques) et celles à grain fin (les dykes et les roches volcaniques).

Les roches métamorphiques (roches sédimentaires ou ignées qui ont subi des changements dans leur minéralisation et leur texture) peuvent être d'origine sédimentaire comme dans le cas des quartzites, des ardoises et des calcaires cristallins qui proviennent respectivement des sables et des grès, des schistes et des calcaires. Elles sont parfois d'origine ignée comme c'est le cas des gneiss et de certains schistes. La chaleur, la pression et les efforts différentiels sont les facteurs d'évolution du métamorphisme dans les roches.

Dans un cours élémentaire de minéralogie, il n'est pas nécessaire de connaître tous les minéraux d'un groupe particulier. De toutes les espèces décrites par les minéralogistes, environ une trentaine seulement se rencontrent en assez grande quantité dans les roches

les plus connues, les autres se trouvent en petite quantité et ne présentent d'intérêt que pour les spécialistes en la matière. Les manuels de minéralogie présentent généralement une classification plus détaillée des minéraux. Pour les besoins du présent ouvrage, nous avons classifié les minéraux en groupes principaux et seules les grandes lignes de cette classification sont à retenir.

Les minéraux sont en grande majorité des composés de deux ou plusieurs éléments, quelques-uns cependant sont des éléments natifs, c'est-à-dire des substances élémentaires que l'on trouve à l'état naturel.

Classification

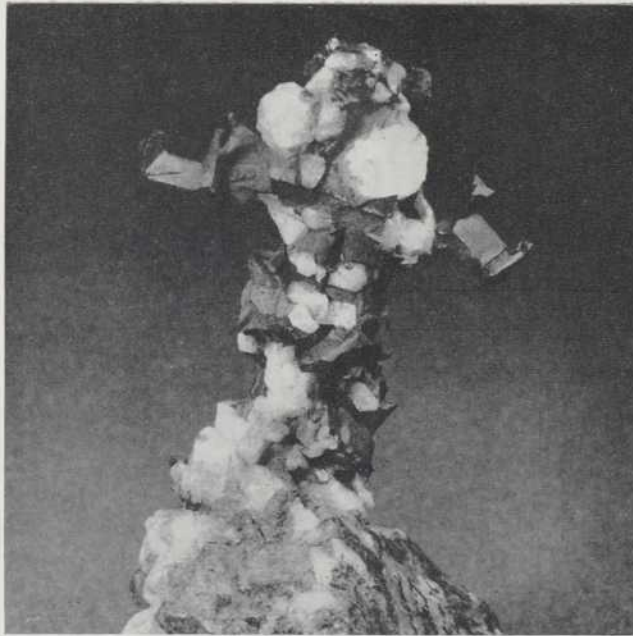
On peut diviser les minéraux en huit groupes distincts.

- I — Éléments natifs
- II — Sulfures et arséniures
- III — Oxydes et hydroxydes
- IV — Chlorures et fluorures
- V — Carbonates
- VI — Phosphates
- VII — Sulfates
- VIII — Silicates

Les matériaux cités comme exemples dans chacun des groupes décrits ci-après ont été surtout choisis à cause de leur importance dans l'industrie minière. Dans la plupart des cas, il s'agit des principaux minerais de métaux et de minéraux industriels.

Groupe I — Éléments natifs

Ce premier groupe, qui comprend les minéraux composés d'un seul élément, se divise en deux classes : les substances métalliques, telles que l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le platine, le mercure, etc., et les substances non métalliques, telles que le soufre, le diamant, le graphite, etc.

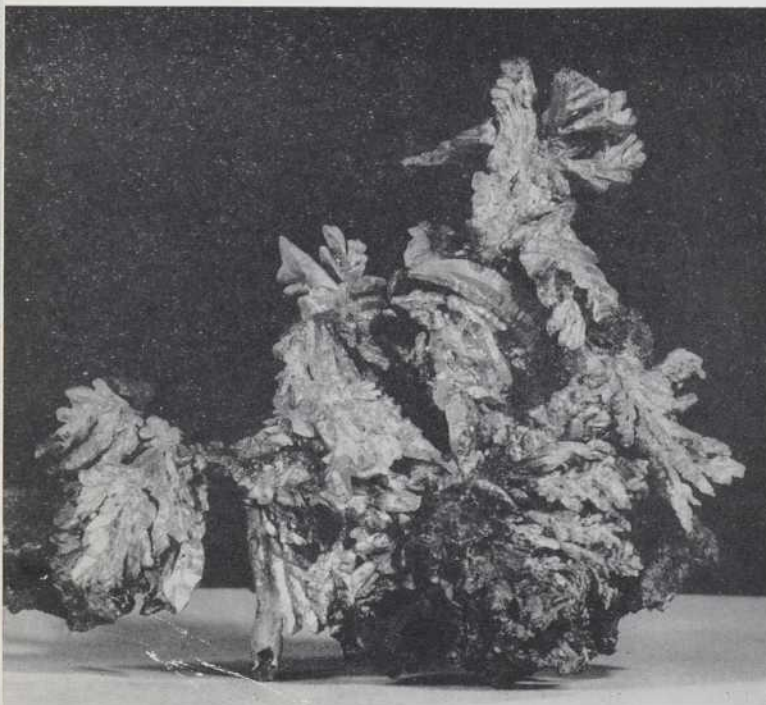


Cuivre natif.

Bien que la plupart des métaux ne se présentent pas souvent à l'état natif dans la nature, on peut voir ici deux échantillons intéressants de cuivre natif et d'argent natif.

Il n'existe pas de mine de cuivre natif au Canada, mais on extrait de l'argent natif de plusieurs mines de la région de Cobalt, en Ontario.

Argent cristallisé.



On y rattache aussi les hydrocarbures : les diverses variétés de charbon (lignite, charbon bitumineux, anthracite), le pétrole, le gaz naturel, l'asphalte naturel, etc.

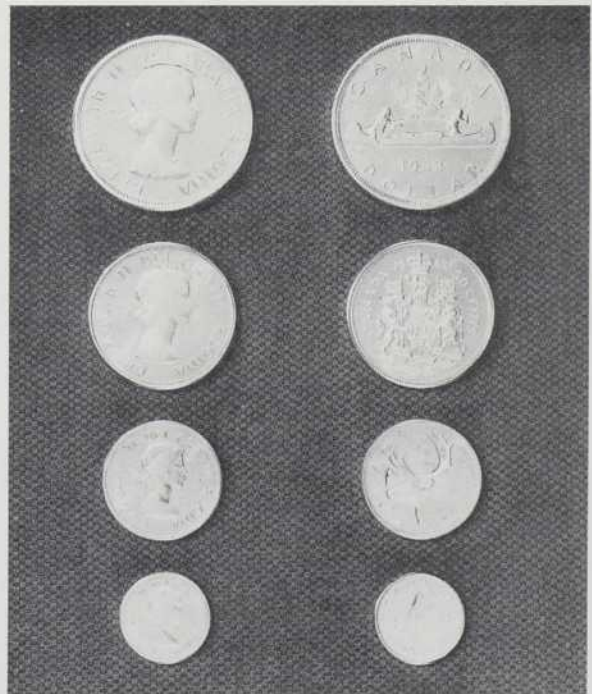
Notons en passant que l'*ambre*, qualifié souvent de pierre semi-précieuse, n'est pas un minéral. C'est une résine fossile composée de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, donc une matière organique. Sa couleur jaune or, parfois brunâtre ou rougeâtre est l'une des raisons de la popularité de son emploi dans la fabrication des bijoux. Souvent l'ambre contient des restes de plantes, de feuilles, de fleurs ou de petits animaux dont l'origine remonte à plusieurs millions d'années.

Cette particularité permet de très jolis effets décoratifs en joaillerie. Même les Anciens Grecs avaient reconnu l'origine organique de l'ambre et Homère raconte dans son *Odyssée* que les Phéniciens en faisaient le troc.

C'est l'ambre jaune (en grec, *elektron*) qui a donné son nom à l'électricité parce qu'il attire les corps légers lorsqu'on le frotte.

De tous les éléments connus, une vingtaine tout au plus ont été trouvés à l'état natif dans la nature. L'or, le soufre, le diamant, le charbon et le pétrole sont de beaucoup les plus importants.

L'or très pur se rencontre rarement dans la nature; il est ordinairement allié au métal argent et peut même contenir des traces d'autres métaux tel que le cuivre. On appelle « *electrum* » un alliage d'or et d'argent.



Le métal argent est surtout utilisé pour la fabrication de pièces de monnaie. Le Canada produit chaque année plus de 30 millions d'onces d'argent. Les pièces de monnaie canadienne contiennent 80% de métal argent tandis que les pièces de monnaie des Etats-Unis en contiennent jusqu'à 90% et celles du Royaume-Uni n'en contiennent que 50%. Dans la plupart des cas, le cuivre constitue l'élément d'alliage.

De même le mercure, le seul métal liquide à la température ordinaire, est ordinairement associé à son principal minéral, le cinabre. Lorsque le mercure est allié à d'autres métaux, principalement l'or ou l'argent, on le nomme *amalgame*. Le mercure est parfois désigné sous le nom de *vif-argent* à cause de sa grande mobilité et de sa couleur argent; c'est le liquide le plus lourd que l'on connaisse (densité 13.6) et de dureté nulle.

Parmi les substances métalliques trouvées en masses énormes il convient de signaler un amas de cuivre pur de plus de trois tonnes trouvé dans la région du lac Supérieur; une pépite d'or de 190 livres à Victoria, en Australie; une masse de 200 livres d'or dans une veine de quartz en Nouvelle-Galles du Sud, en Australie; une pépite de platine de 22 livres dans les Monts Ourals, et de grandes masses d'argent pur à Cobalt, en Ontario, dont un échantillon de 1640 livres est conservé au Musée National d'Ottawa. On conserve aussi au Musée National de Washington une météorite de fer et de nickel pesant plus d'une tonne.

Les *météorites* sont des fragments de corps célestes qui tombent sur notre planète. Les météorites sont constituées de morceaux de roche et de fer qui ressemblent aux roches que l'on trouve sur la terre et renferment à peu près les mêmes minéraux.

Les météorites étant les seuls matériaux naturels qui nous viennent de l'espace, elles ont une grande valeur dans l'étude des corps célestes et, comme elles proviennent probablement d'une autre planète, elles peuvent fournir des indices sur la constitution interne. C'est pourquoi les géologues y sont intéressés.

Quant aux *météores*, ils sont la manifestation lumineuse du passage des météorites dans l'atmosphère terrestre. Ils sont dus aux fragments de comètes ou de petites planètes appelées astéroïdes, qui se seraient désagrégées dans l'espace. L'intense friction qui accompagne l'entrée de ces fragments dans l'atmosphère de la terre les rend lumineux. Ces météores sont constitués d'un noyau très brillant orné d'une queue ou traînée de débris lumineux. Le spectacle merveilleux d'une étoile filante rayant le ciel tout au long de sa chute vers la terre est assez fréquent. Pour le savant, ce phénomène lumineux de courte durée s'appelle un météore.

Groupe II — Sulfures et arséniures

Les minéraux de ce groupe sont des combinaisons de métaux ou métalloïdes avec les éléments soufre et arsenic. Les minéraux sulfurés sont parmi les plus importants au point de vue économique, car ils fournissent les métaux de base, cuivre, plomb et zinc. Ce sont des minéraux lourds qui ont presque tous un éclat métallique.

Argyrose, sulfure d'argent, Ag_2S
 Arsénopyrite ou mispikel, arsénio-sulfure de fer, $FeAsS$
 Bismuthine, sulfure de bismuth, Bi_2S_3
 Blende ou spalérite, sulfure de zinc, ZnS
 Bornite, sulfure de fer et de cuivre, Cu_5FeS_4
 Chalcopryrite ou pyrite de cuivre, sulfure de fer et de cuivre, $CuFeS_2$
 Chalcosine, sulfure de cuivre, Cu_2S
 Cinabre, sulfure de mercure, HgS

Cobaltine, arsénio-sulfure de cobalt, $CoAsS$
 Galène, sulfure de plomb, PbS
 Greenockite, sulfure de cadmium, CdS
 Marcassite, sulfure de fer, FeS_2
 Millérite, sulfure de nickel, NiS
 Molybdénite, sulfure de molybdène, MoS_2
 Nickéline, arsénio-sulfure de nickel, $NiAs$
 Orpiment, sulfure d'arsenic, As_2S_3
 Pentlandite, sulfure de fer et de nickel, $(FeNi)_9S_8$
 Pyrargyrite, sulfure d'antimoine et d'argent, Ag_3SbS_3
 Pyrite, sulfure de fer, FeS_2
 Pyrrhotine ou pyrite magnétique, sulfure de fer, $Fe_{1-x}S$
 Réalgar, sulfure d'arsenic, AsS
 Smaltine, arsénio-sulfure de cobalt, $CoAs_3$
 Stibine, sulfure d'antimoine, Sb_2S_3

On classe ordinairement dans ce groupe quelques rares séléniures et les tellures telles que la calavérite ($AuTe_2$), et la sylvanite $(Au,Ag)Te_2$.

Groupe III — Oxydes et hydroxydes

Ce groupe comprend les minéraux formés d'un ou plusieurs métaux combinés à de l'oxygène. Dans le cas du quartz (SiO_2) l'oxygène est associé à un métalloïde, le silicium. L'eau (H_2O), un composé d'hydrogène et d'oxygène, est une exception.

Les oxydes métalliques jouent aussi un rôle important au point de vue économique, car ils fournissent plusieurs métaux dont le fer, base de l'industrie moderne, l'étain, le chrome et l'aluminium.

Quelques-uns de ces métaux oxydés sont donnés à titre d'exemples :

Cassitérite, oxyde d'étain, SnO_2
 Chromite, oxyde de fer et de chrome, $FeCr_2O_4$
 Columbite, oxyde de columbium (niobium), de tantalum, de fer et de manganèse $(Fe,Mn)(Cb,Ta)_2O_6$
 Corindon, oxyde d'aluminium, Al_2O_3
 Cuprite, oxyde de cuivre, Cu_2O
 Hématite, oxyde de fer, Fe_2O_3
 Ilménite ou fer titané, oxyde de fer et de titane, $FeTiO_3$
 Magnétite, oxyde de fer, Fe_3O_4
 Manganite, oxyde de manganèse hydraté, $MnO(OH)$
 Pechblende, oxyde d'uranium, UO_2
 Psilomélane, oxyde complexe de manganèse
 Pyrolusite, oxyde de manganèse, MnO_2
 Rutile, oxyde de titane, TiO_2
 Tantalite, oxyde de tantalum, de fer et de manganèse $(Fe,Mn)Ta_2O_6$
 Uraninite, oxyde complexe d'uranium
 Zincite, oxyde de zinc, ZnO

Quelques hydroxydes :

Bauxite, minéral formé d'oxyde d'aluminium, $Al(OH)_3$
 Brucite, hydroxyde de magnésium, $Mg(OH)_2$
 Goethite, hydroxyde de fer, $FeO(OH)$
 Limonite, minéral formé d'oxyde de fer, $FeO(OH)nH_2O$

Groupe IV — Chlorures et fluorures

Ce groupe comprend les minéraux formés de métaux combinés avec les éléments chlore, fluor, etc.

Quelques-uns de ces minéraux sont donnés à titre d'exemples :

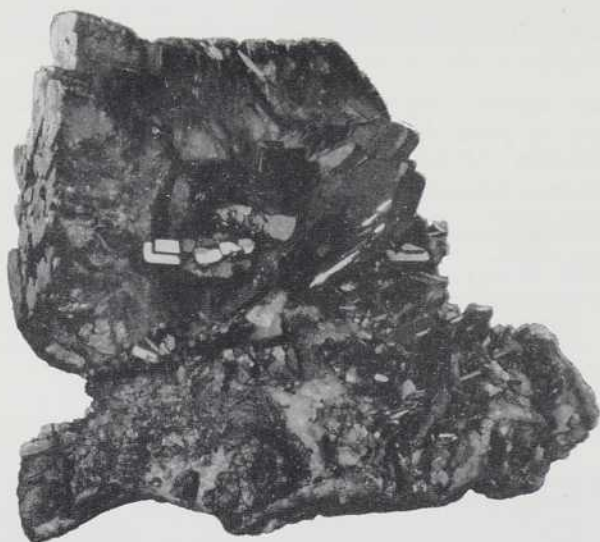
Cérargyrite, chlorure d'argent, $AgCl$
 Cryolite, fluorure de sodium et d'aluminium, Na_3AlF_6
 Fluorine, fluorure de calcium, CaF_2
 Sel ordinaire ou sel gemme, chlorure de sodium, $NaCl$
 Sylvine, chlorure de potassium, KCl

Groupe V — Carbonates

Ce groupe comprend les minéraux composés d'anhydride carbonique (carbone et oxygène) avec des oxydes de métaux. On y inclut aussi les nitrates et les borates.

Quelques-uns des minéraux de ce groupe sont :

Azurite, carbonate de cuivre, $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Borax, composé de bore et de sodium, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Calcite, carbonate de calcium, CaCO_3
Cérisite, carbonate de plomb, PbCO_3
Dolomite, carbonate de calcium et magnésium, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Giobertite, carbonate de magnésium, MgCO_3
Malachite, carbonate de cuivre, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Nitrate ou salpêtre, nitrate de potassium, KNO_3
Rhodochrosite, carbonate de manganèse, MnCO_3
Sidérose, carbonate de fer, FeCO_3
Smithsonite, carbonate de zinc, ZnCO_3



Les cristaux de barytine appartiennent au système orthorhombique dont la forme géométrique la plus simple est un prisme droit à base rectangulaire. L'échantillon ci-dessus montre plusieurs cristaux parfaitement développés.

La barytine est un sulfate de barium dont le poids spécifique est très élevé (4.5) pour une substance non-métallique. Son nom provient d'ailleurs d'un mot grec signifiant pesant, lourd.

C'est un minéral abondant dans la nature que l'on rencontre souvent surtout comme gangue avec les minerais métalliques ou en veines avec les formations de calcaires.

Son principal emploi est dans les forages des puits de pétrole où elle sert à résister aux pressions du pétrole et du gaz et à faire flotter les débris de flottage. Elle sert aussi comme source de baryum dans l'industrie chimique, comme matière de charge (blanc fixe) dans les peintures, les vernis et le papier. En verrerie, la barytine agit comme fondant et rend le verre plus brillant et plus facile à façonner.

On pourrait aussi mentionner son usage en médecine, alors que des solutions de baryum sont prises par les patients soumis à certains examens radiologiques.

On extrait de la barytine au Canada principalement en Colombie-Britannique et en Nouvelle-Ecosse.

Groupe VI — Phosphates

Ce groupe comprend les minéraux formés d'acide phosphorique combiné avec un ou plusieurs métaux. Parmi les plus importants minéraux phosphatés, il convient de mentionner l'apatite (phosphate de chaux) qui est le plus commun de cette catégorie. La monazite (phosphate de cerium) et l'autunite (phosphate d'uranium et de calcium) sont aussi caractéristiques.

Il est peut-être intéressant de noter que la turquoise, pierre précieuse de couleur bleu-vert, est une variété de phosphate.

Groupe VII — Sulfates

Un bon nombre de minéraux font partie de ce groupe, mais peu sont communs. Il ne faut pas les confondre avec les sulfures du deuxième groupe qui ne contiennent pas d'oxygène, mais sont plutôt formés de soufre et de métaux. Dans le cas des sulfates, l'acide sulfurique est combiné avec des métaux. Quelques-uns des plus importants minéraux de ce groupe sont donnés à titre d'exemples :

Anglésite, sulfate de plomb, PbSO_4
Anhydrite, sulfate de calcium, CaSO_4
Barytine, sulfate de baryum, BaSO_4
Célestine, sulfate de strontium, SrSO_4
Epsomite, sulfate de magnésium, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Gypse, sulfate de calcium, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Dans ce groupe, on inclut ordinairement les composés de tungstène tels que le wolfram, tungstate de fer et de manganèse, $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ et la scheelite, tungstate de calcium (CaWO_4).

Groupe VIII — Silicates

En minéralogie toute substance à base de silice prend le nom de silicate; c'est le groupe le plus important de minéraux, ils constituent environ le quart des substances minérales connues. Les silicates sont formés de métaux associés à de la silice. Les plus importants sont les feldspaths, les pyroxènes, les amphiboles et les micas qui, avec le quartz, forment plus de 90% de la croûte terrestre à une profondeur de dix milles.

Pour plus de simplicité, on peut diviser le groupe des silicates en quelques classes principales :

Feldspaths (silicates d'alumine, de potasse, soude ou chaux) qui sont des feldspaths acides ou basiques selon leur teneur plus ou moins grande en silice. L'orthose, la microcline, l'albite et l'andésine sont des feldspaths acides tandis que la labradorite et l'anorthosite sont basiques.

Amphiboles (silicates de magnésie, de chaux, de fer) comme la hornblende, la trémolite et l'actinote.

Pyroxènes, composition analogue aux amphiboles.
Ex : Augite, diopside, hypersthène, spodumène.

Parmi les autres silicates importants, il convient de mentionner : la néphéline, la sodalite, le zircon, le béryl, les *grenats*, l'olivine, l'épidote, le topaze, la tourmaline, les *micas*, la chlorite, l'amiante, le talc, le kaolin, le sphène, et les *argiles*.

Au prochain numéro : 7e article, IVe chapitre, « Suggestions pratiques pour l'identification des minéraux ».

Jeunes EXPLOS

étude
des
sciences
naturelles

Les JEUNES EXPLOS organisent actuellement leur onzième saison d'étude. Ils invitent les étudiants intéressés à l'étude de la nature à se rendre au Cap Jaseux, sur les rives du Saguenay, à l'une des trois quinzaines de leur programme d'été 1965.

L'étude des oiseaux, des mammifères, des insectes, des plantes, des poissons et d'invertébrés d'eau douce de même que l'étude de la faune marine du fjord du Saguenay s'inscrivent de nouveau parmi les thèmes principaux de la prochaine saison. Des professeurs d'expérience guident les jeunes explorateurs dans leurs excursions comme dans leurs analyses en laboratoire.

Si vous avez terminé votre 8e année (ou éléments latins), en juin prochain, si ces études de sciences naturelles conviennent à vos goûts, demandez immédiatement tous les renseignements à propos de cette école d'été. Ecrivez : *Les Jeunes Explos*, a/s L. Brassard, c.s.v., directeur, case postale 391, JOLIETTE, P. Q.

Les auteurs de ce numéro

Rédacteurs :

pages

- 121 La météorologie, une science universelle, par Jean-Guy FRECHETTE, Ing.P., M. Sc., Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.
- 123 Nouvelles du Mariner IV, communiqué de la NASA, Washington, D.C., traduit et adapté par la rédaction du J.S. (Roger H. MARTEL).
- 124 Les étourneaux, par Benjamin P. BURTT, *Professor of Chemistry, Syracuse University*, New York; article paru dans *The Conservationist*, State of New York Conservation Department, Oct.-Nov. 1964, vol. 19, no 2, pp. 30-31; traduit en français par Guy GAVREL, rédacteur scientifique au Conseil national de Recherches, Ottawa, avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de l'éditeur.
- 128 L'évolution des étoiles, par Jean-Claude PECKER, Professeur au Collège de France; article fourni par l'Agence parisienne de Presse (APP), droits réservés par le J. S. pour le Canada.
- 133 Les aurores boréales... par W. L. HANEY, directeur de la Division de Radiotechnique et de Génie électrique au Conseil national de Recherches, Ottawa; article paru dans *Canadian Geographical Journal*, Ottawa, février 1964 et repris en tirage à part par le Conseil national de Recherches (NRC, no 7738, 1-11 pages). Traduit en français par Guy GAVREL, rédacteur scientifique au C.N.R., avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de l'éditeur.
- 138 A propos des satellites artificiels Echo I et Echo II, par Paul-H. NADEAU, directeur de l'Observatoire de Québec.
- 140 Notes d'histoire: chimie et physique au siècle de l'atome, par Ernest RIVET, Ph.D., chimiste, professeur au Département de Chimie de l'Université de Montréal.

- 141 Minéralogie pratique et ressources minérales, 6e article, par Jean-Paul DROLET, Ing.P., sous-ministre adjoint (mines), ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.

Photographes, dessinateurs :

pages

- 122 Météorologie, photo de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 123 Mariner IV, dessin de la *National Aeronautics and Space Administration*, NASA, Washington, D.C.
- 124,127 Les étourneaux, photos de Raymond CAYOUILLE, gracieuseté de la Société Zoologique de Québec.
- 129,131 L'évolution des étoiles, photos de l'Observatoire du Mont Wilson, E.-U.
- 132-137 Les aurores boréales : 132,135, photos Laboratoire nordique du Conseil de recherches pour la Défense; 133, 134, 136, dessins et photo du Conseil national de Recherches, Ottawa; 137, photo J.-G. Cadoux, Genève, fournie par le C.N.R., Ottawa.
- 139 Satellites Echo I et Echo II, dessin fourni par Paul-H. NADEAU, directeur de l'Observatoire de Québec.
- 142,144 Minéralogie : photos gracieusement fournies par Jean-Paul DROLET, Ing.P., ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa. PP. 142, 144 : cuivre natif, argent cristallisé, barytine, photos *Ward's Natural Science Establishment Inc.*, Rochester, N. Y.; p. 142, métal argent, photo du ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.

Participez à la diffusion de votre revue

LE JEUNE SCIENTIFIQUE doit être connu d'un plus grand nombre d'étudiants et d'écoles, il doit pénétrer dans un plus grand nombre de foyers. Chacun de ses lecteurs peut devenir propagandiste en présentant la revue, en invitant ses proches à s'y abonner.

LE JEUNE SCIENTIFIQUE a déjà édité 22 brochures d'intérêt scientifique à l'intention des étudiants de langue française, soit deux volumes complets de 8 numéros chacun et 6 numéros actuellement parus d'un troisième volume.

De plus, le bureau de la revue offre des feuillets et brochures qui forment une documentation de qualité en sciences naturelles comme en sciences physiques et exactes.

Quelques publications

- le premier volume du JEUNE SCIENTIFIQUE (1962-63) : \$3.00 l'unité; \$5.50, relié;
- le deuxième volume du JEUNE SCIENTIFIQUE (1963-64) : \$3.00 l'unité; \$6.00, relié;
- chacun des numéros des volumes I, II et III, à 45 cents l'unité;
- une reliure-cartable pour conserver les numéros d'un même volume, à \$2.00 l'unité;
- une collection de brochures sur les sciences naturelles : plusieurs numéros de la revue « Le Jeune Naturaliste » (1950-1962), à 10 cents l'unité;
- deux brochures, *L'oeuvre de Mendel et la théorie chromosomique de l'hérédité*, par Jean R. Beaudry; *Terres marécageuses des grandes plaines de l'Ouest, habitat par excellence des canards sauvages*, par David-A. Munro; deux tirés-à-part d'articles parus dans Le Jeune Scientifique; à 50 cents et à 35 cents l'unité.

Ecrivez dès aujourd'hui et demandez la « Liste de nos publications ». Adressez votre demande : *Le Jeune Scientifique*, case postale 6060, Montréal 3, P.Q.