

Lebe Brouillet

4

PER

J-69

BNQ



# le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 6  
NUMÉRO 3  
DÉCEMBRE 1967





# le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Le Jeune Scientifique, revue de vulgarisation scientifique, est publié par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS) et est subventionné par le ministère de l'Éducation de la province de Québec.

## RÉDACTION

Léo Brassard  
directeur

Roger H. Martel  
secrétaire de rédaction

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

Léo Brassard  
Pierre Couillard  
Denis Jacob  
Roger H. Martel  
Roland Prévost  
Marcel Sicotte  
Jacques Vanier

## COLLABORATEURS

Jean-A. Baudot  
Alain Bonnier  
Michel Ferland  
Roger Fischler  
J.-André Fortin  
Jean-Guy Fréchette  
Raymond-M. Gagnon  
Guy Gavrel  
Miroslav M. Grandtner  
Edouard Kurstak  
Gaston Moisan  
Paul-H. Nadeau  
Raymond Perrier  
Bernard J.R. Philogène  
Roland Prévost  
Jean-René Roy  
Jacques St-Pierre  
Madan Lal Sharma  
Raymond Van Coillie  
G.-Oscar Villeneuve  
Jacques Vanier

Volume VI, no 3

décembre 1967

## S O M M A I R E

49 Dix années d'astronautique en Russie

55 Qu'est-ce que l'inertie ?

58 L'usage des cartes

60 Les dinosaures du Canada

68 La détermination de l'âge chez les animaux (2e article)

Photo-couverture : une partie du squelette d'un dinosaure à corne (sans la tête), *Anchiceratops*, dans les sédiments « edmontoniens » de la région de Drumheller, en Alberta. Dans ce numéro, un article du Dr Dale A. Russell présente « Les dinosaures du Canada ». (Photo gracieuseté du Musée National du Canada, Ottawa).

## Abonnements

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

## Adresse

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

## Notes

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

Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur © ACFAS, 1967.

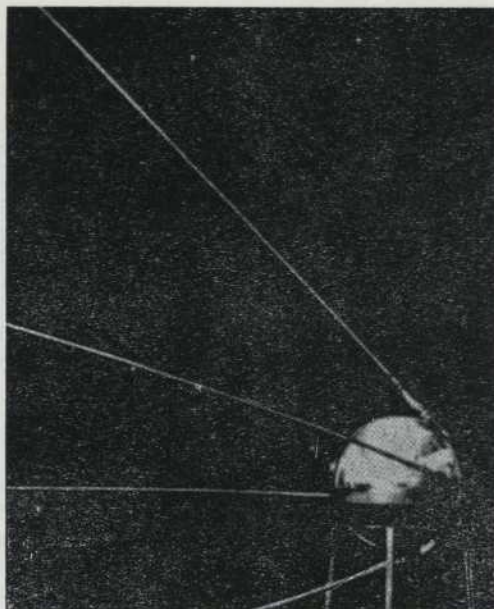
Le Ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication. Port payé à Joliette.

Tous les articles sont classifiés dans l'*Index analytique*, Presses de l'Université Laval, Québec.



Le premier satellite artificiel, le « Spoutnik I », photographié avant son lancement.

## Dix années d'astronautique en Russie



1ère partie:

par Jean-René ROY

### Investigation de la banlieue terrestre

Déjà plus de 10 ans ont passé depuis le 4 octobre 1957, où une nouvelle peu ordinaire a stupéfié bien des gens. L'Union soviétique lançait le premier satellite artificiel autour de la Terre, Spoutnik I pesant 184 livres. Ce fut surprise générale et consternation dans les milieux américains responsables du lancement du premier satellite artificiel, Vanguard I. Ce lancement avait été annoncé avec grand déploiement par le président Eisenhower lui-même; le projet devait faire partie de la collaboration américaine à l'année géophysique internationale. Explorer I dont le poids atteignait à peine 30.8 livres fut finalement mis en orbite le 23 janvier 1958 et, Vanguard I, surnommé Pamplemousse, à cause de sa grosseur et de son poids de 3.2 livres fut enfin lancé le 17 mars 1958, après plusieurs délais et déboires.

#### Les signes avant-coureurs

Lorsqu'on jette un regard en arrière, on remarque que Spoutnik I n'était pas une surprise et que son lancement avait même été annoncé. Depuis longtemps, on s'intéressait

aux choses de l'espace en Union soviétique.

L'un des trois grands pionniers de l'astronautique fut le Russe Constantin Tsiolkovsky (1857-1935), véritable théoricien de la fusée. Avant l'Allemand Hermann Oberth (1894- ) et l'Américain Robert Goddard (1882-1945), Tsiolkovsky comme eux s'était vivement intéressé à l'astronautique et aux fusées grâce à la lecture des oeuvres du romancier français, Jules Verne. Tsiolkovsky développa la théorie des moteurs fusées, proposa la propulsion par combustibles liquides au lieu des explosifs solides, et lança l'idée des fusées à plusieurs étages pour la mise en orbite.

De Tsiolkovsky, Esnault-Pelterie, Oberth, Goddard, ce sont surtout les oeuvres de l'instituteur russe qui ont été les plus répandues et qui ont reçu une attention et un accueil des plus favorables. Cette diffusion incroyable en Russie des articles de presse et des livres publiés par Tsiolkovsky n'ont pas peu contribué à créer en ce pays un intérêt croissant pour l'astronautique. Très tôt

en URSS, on a cru à la conquête de l'espace.

Comme oeuvres largement publiées en son pays, signalons : L'Espace libre (1883), L'Exploration des espaces cosmiques par des engins à réaction (1903), Le vaisseau cosmique (1924), Le mouvement accéléré ascendant de l'avion-fusée (1929), La fusée cosmique (1927), Trains de fusées cosmiques (1929), Vitesse maximale d'une fusée (1935). Après la seconde guerre mondiale, où les missiles allemands V-1 et V-2 firent parfois plus parler d'eux qu'ils ne causèrent de dégâts réels, en URSS, quelques mordus entreprirent avec brio la tâche titanique du vol orbital.

Comme l'ont affirmé Von Braun et Ordway, « les Soviétiques affrontèrent les voyages dans l'espace d'une manière beaucoup plus agressive que les Etats-Unis » dont les programmes manquaient d'imagination, d'ambition et de coordination. Tandis que chez notre voisin du sud, à peu près chaque grand organisme avait un projet spatial indépendant (Aviation, Marine, Armée de Terre), en URSS, tout était planifié à par-



tir des plus hauts échelons du gouvernement. (Aux Etats-Unis, la NASA ne fut créée qu'en 1958.)

Enfin avions-nous raison d'être consternés lors de ce 4 octobre? En 1951, l'expert soviétique en fusées, M. K. Tikhonravov affirmait que la technologie de son pays pouvait se comparer à celle des Américains et que l'URSS s'avérait capable de lancer ses satellites artificiels. Au mois d'août 1955, Léonide I. Sédov tenait ces propos prophétiques: « A mon avis, il sera possible de lancer un satellite artificiel autour de la Terre, au cours des deux prochaines années... » (!) La chose se réalisa exactement deux ans deux mois plus tard. Et ce n'est pas tout: en juin 1957, A. M. Nesmeyanov affirmait que la fusée et l'instrumentation du premier véhicule spatial soviétique étaient prêtes et, que le lancement aurait lieu dans quelques mois. Enfin, le 1er octobre, l'Union soviétique annonçait la longueur d'onde qui serait émise au cours du vol orbital qui eut lieu 3 jours plus tard. Les journaux sont plus fidèles à relater les prédictions d'atterrissages de soucoupes volantes!

En dix ans, les Soviétiques ont largué dans l'espace 222 satellites, envoyé 12 hommes en orbite et ont été plusieurs fois à la une des médias d'information par leurs spectaculaires réalisations.

### Autour de la Terre

L'un des critères étonnants des premiers engins russes fut sans contredit leur poids. Spoutnik II ayant à son bord le premier être vivant, fut mis en orbite le 3 novembre 1957; Laika, une chienne de 14 livres, un système de ventilation et d'alimentation en oxygène révolutionnaient autour de la Terre dans un satellite de 1270 livres. Très tôt, on a pu étudier le métabolisme d'un être vivant soumis aux conditions d'apesanteur et des radiations puisque le vaisseau, avec son apogée de 1670 milles pénétra très loin les ceintures de radiation Van Allen. Ainsi, dès le deuxième lancement, les Soviétiques, favorisés par la charge utile élevée que pouvaient emporter leurs fusées, ont adopté le parti de lancer un petit nombre de gros satellites bourrés d'instruments et même d'être vivants.

Le 15 mai 1958, un autre poids lourd en orbite: Spoutnik III, 2 920 livres dont 2 120 exclusivement consacrées à l'appareillage scientifique. Cet appareil devait fournir une foule de mesures sur le rayonnement cosmique à l'aide d'émulsions photographiques et de compteurs à décharge et à scintillation; les physiciens russes purent cartographier plusieurs anomalies dans les bandes de radiation dans l'hémisphère sud, au-dessus de l'Atlantique, de l'océan Indien, du Brésil et du Cap.

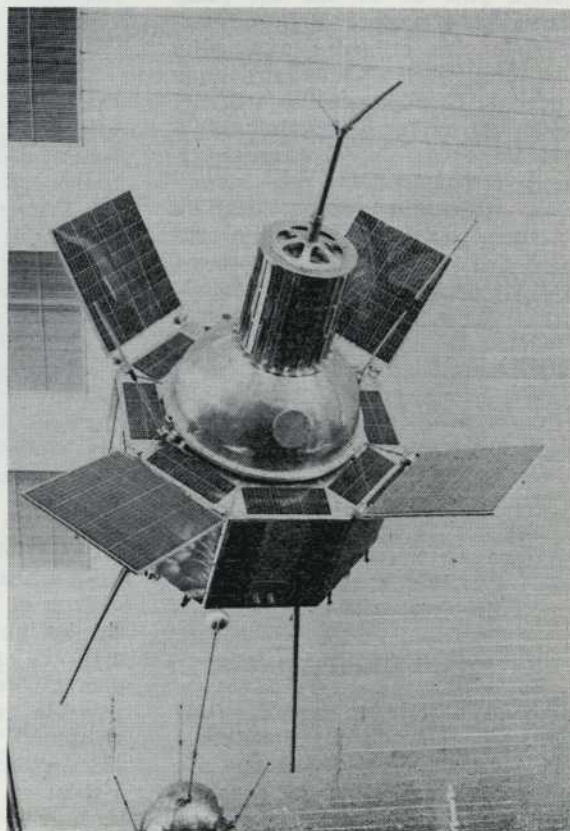
Avec Spoutnik X, emportant les chiennes Chernouskha et Zverzdochka, lancées le 25 mars 1961 et recueillies le même jour, les techniciens allaient mettre le point final à la maîtrise de la rentrée dans l'atmosphère. Grâce aux animaux retournés sur terre, dont les premiers furent les passagers de Spoutnik V, Belka et Strelka, les hommes de science allaient aussi vérifier les systèmes du satellite, les aspects biomédicaux du futur vol humain. Seulement deux semaines après Spoutnik X, Youri Gagarine devenait le premier cosmonaute lors de son vol orbital du 12 avril 1961.

Les Soviétiques, contrairement aux Américains pour qui les singes semblent de meilleurs copains, utilisaient des chiens à cause de la similitude des réactions de leurs systèmes circulatoire et respiratoire au milieu spatial, et de leur aptitude à s'astreindre à un conditionnement long et difficile.

### L'imposante dynastie des satellites « Cosmos »

Le 16 mars 1962, allait débiter une lignée vraiment impressionnante de vaisseaux spatiaux au sujet desquels nous ne connaissons que peu de choses. D'après ce qui a pu filtrer de l'URSS, nous verrons que les 170 satellites (environ) lancés sous l'étiquette *Cosmos* recouvrent autant de tâches que d'individus, même ce que l'on a appelé très poliment « reconnaissance ».

L'ambitieux et vaste programme entrepris il y a plus de 5½ ans, comprend l'étude des hautes couches de l'atmosphère, de l'ionosphère, des formations de nuages, le rodage des éléments et des pièces constitutives des engins cosmiques, le rayonne-



Un des satellites de la série « Cosmos »; les satellites de cette longue famille comprennent une gamme variée de vaisseaux différents chargés de mener le programme d'exploration scientifique de l'espace circumterrestre.

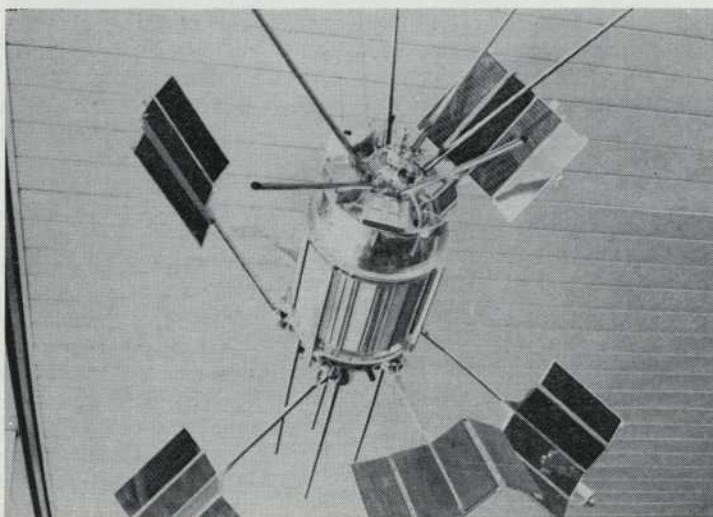


ment cosmique, les ceintures de radiation, le champ magnétique de la Terre, la radioastronomie, les météorites, etc. Les savants soviétiques ont pu établir les valeurs de l'intensité solaire en corrélation avec les perturbations géomagnétiques, découvrir les rayons cosmiques mous (électrons animés de seulement quelques dizaines d'électron-volts) formés par photoionisation des rayons ultraviolets en provenance du Soleil.

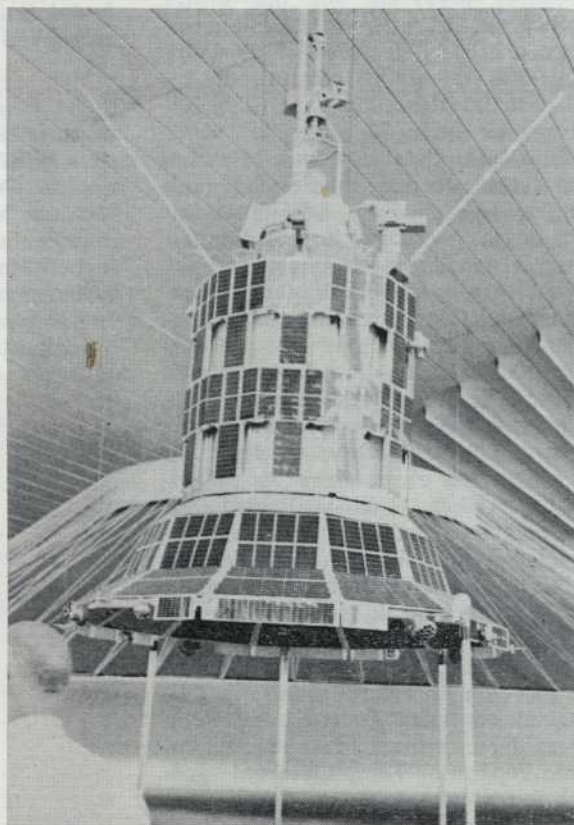
Pour illustrer cette série de satellites, nous pourrions décrire Cosmos 92 au sujet duquel le professeur A. Lebedinsky a livré quelques renseignements. Lancé le 16 octobre 1964, cet engin devait prendre des spectres de l'atmosphère terrestre à toutes les 20 secondes, aux longueurs d'onde de 7 à 20 microns et de 14 à 28 microns (1 micron :  $10^{-6}$  mètre), afin de cartographier la distribution verticale de la température. Un spectrophotomètre à ultraviolet devait détecter les bandes d'ozone afin de localiser et mesurer les déplacements verticaux dans l'atmosphère, et aussi le rayonnement stellaire dans ce domaine spectral. Des études topographiques du sol, des mesures photométriques de la lumière zodiacale, ainsi que des mesures sur les caractéristiques optiques de l'atmosphère furent menées par ce satellite : ce dernier fut ramené au sol et récupéré quelques jours plus tard.

Afin de donner une idée du large éventail des expériences menées par cette génération d'engins, ajoutons que les Cosmos 5 et 17 mesurèrent la radioactivité entre les altitudes de 375 et 500 milles causée par l'explosion thermonucléaire à haute altitude des Américains, du 9 juillet 1962. Des relevés météorologiques étaient menés par plusieurs de ces satellites. En février 1965, cinq satellites Cosmos, numérotés 54 à 58, étaient mis en orbite en 5 jours. Parmi les derniers lancés, certains sont de vrais titans; Cosmos 146 mis en orbite le 10 mars 1967 et Cosmos 154 lancé le 8 avril, pesaient apparemment environ 30 tonnes chacun, ce qui est deux fois plus lourd que tout objet mis en orbite jusqu'à présent.

Les Américains ont leur Midas et leurs Samos pour observer les activités unusuelles des non-alliés. C'est probablement avec certains



En haut, le satellite « *Electron 1* » voyageant sur une orbite de 314 milles de périégée et de 7 205 milles d'apogée qui devait, avec son compagnon *Electron 2*, mener une foule d'expériences sur les radiations et la haute atmosphère.



Le satellite « *Electron 2* » (à droite), lancé le 30 janvier 1964, orbitait sur une trajectoire de 436 milles de périégée et de 67 996 milles d'apogée qui le conduisait à travers les deux ceintures de radiation Van Allen.

Cosmos que les Soviétiques allaient se livrer à leur programme de reconnaissance qui n'est qu'un mot très diplomatique. Selon le magazine américain *Aviation Week and Space Technology*, plusieurs des Cosmos qui faisaient leur rentrée dans l'atmosphère quelques jours après leur lancement, étaient porteurs de missions photographiques d'intérêt militaire; ces satellites voyageant sur une orbite inclinée à environ  $65^\circ$

par rapport à l'équateur et lancés de Touratoum à l'est de la mer Aral, couvraient tout le territoire des Etats-Unis et de la majeure partie du Canada, de l'Alaska et de l'Europe; ces véhicules devaient être probablement une version non habitée du Vostok utilisé pour les premiers vols humains soviétiques; seule la cabine sphérique de  $2\frac{1}{2}$  tonnes serait récupérée avec le matériel photographique. D'autre part, les Cos-



mos de caractère scientifique seraient lancés à partir de Kapoustine Yar et orbiteraient à environ 49° par rapport à l'équateur tout en demeurant indéfiniment en orbite.

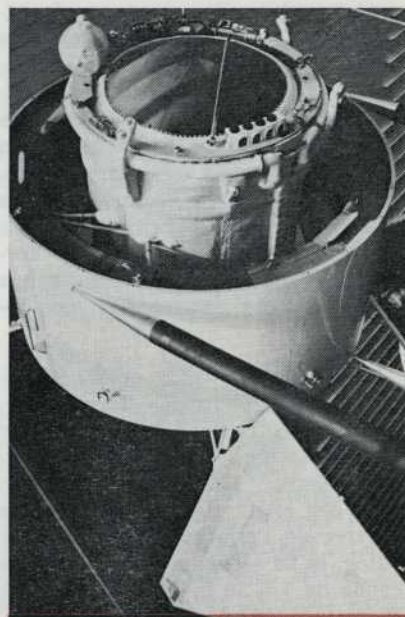
Enfin, jetons un coup d'oeil sur l'une des expériences les plus intéressantes, celle de Cosmos 110; ce satellite lancé le 22 février 1966, emportait à son bord deux chiens, Vétérok et Ugolek, dont on voulait étudier les réactions générales et le comportement cardio-vasculaire dans l'apesanteur; plusieurs autres organismes vivants étaient à bord, tels que diverses souches de levures, de la chlorelle, des bactéries lysigènes, du sérum sanguin pour n'en mentionner que quelques-uns. Tous ces cobayes voyageant sur une orbite allant de 116 milles à 562 milles inclinée à 51.9°, franchirent plusieurs fois aller-retour la ceinture de radiation intérieure de Van Allen. Récupérées après 22 jours de vol et 330 orbites, l'état des deux bêtes fut considéré comme satisfaisant quoiqu'on ait remarqué une détérioration sensible dans la coordination musculaire durant les huit ou neuf premiers jours de vol; des fluctuations dans le rythme cardiaque apparurent plus prononcées et plus fréquentes à la fin du vol. Au retour, la condition des deux animaux rede vint normale après trois à quatre jours. Les chiens étaient vêtus de scaphandres et pouvaient se déplacer dans leurs cabines d'aluminium respectives. Ils étaient nourris directement par l'estomac à l'aide de tubes où la nourriture était injectée sous forme de pâte. Au point de vue des études biologiques et médicales spatiales, les Soviétiques semblent bien en avance sur les Américains; cependant ceux-ci ont maintenant un programme audacieux avec l'opération Biosatellite qui a déjà fourni une foule de données intéressantes.

### Laboratoires de radiation en orbite

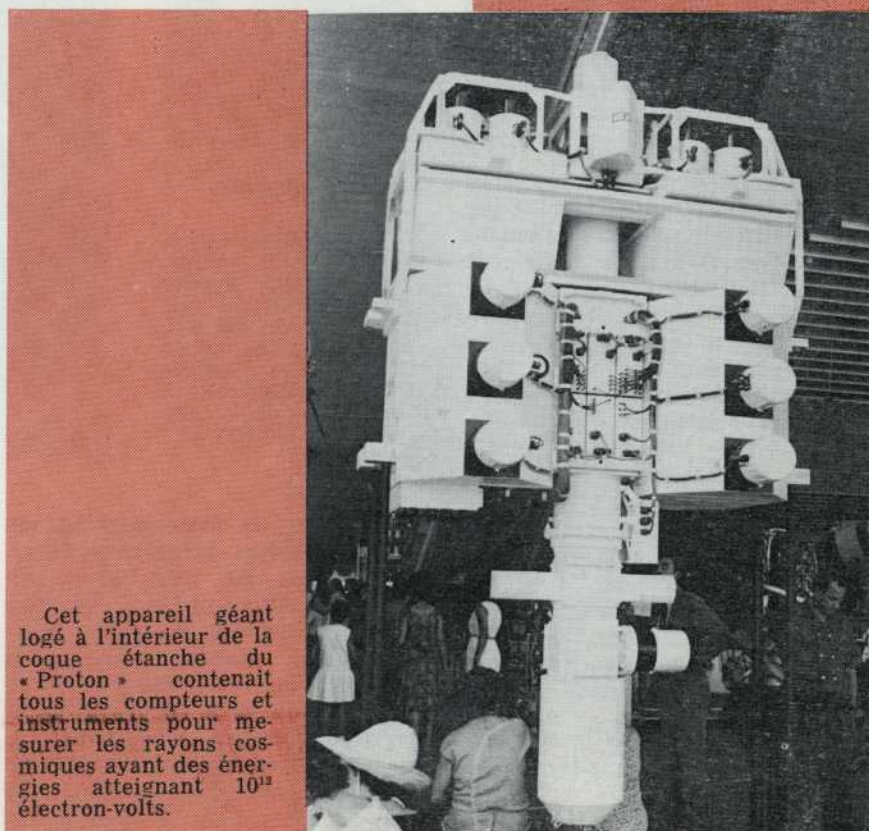
Pour suppléer aux Cosmos dans l'étude des radiations infestant la banlieue de la Terre, les Soviétiques menèrent leur assaut avec les satellites *Electrons*, chargés de cartographier et étudier les ceintures de radiation en détail. Lancés par couple à bord d'une même fusée, l'un des satellites demeurait sur une or-

bite de faible altitude (périgée: 314 mi; apogée: 7 205 mi) et son compagnon était propulsé beaucoup plus loin de la Terre (435 mi; 67 996 mi) pour donner l'exemple d'*Electron 1* et 2, mis en orbite le 30 janvier 1964. En outre, les *Electrons* devaient relever l'abondance des noyaux des différents atomes en fonction de l'activité solaire, étudier la composition chimique de la haute atmosphère jusqu'à une altitude de 1 900 mi, enregistrer la densité ionique en ions hydrogène, hélium, azote, oxygène, et capter le rayonnement radioélectrique à diverses fréquences. Un deuxième tandem fut lancé le 11 juillet 1964. La période d'environ 22½ heures de ces laboratoires de radiation amena *Electron 2* et 4 à parcourir complètement les zones Van Allen.

Mais c'est avec un géant de plus de 12 tonnes, que les savants soviétiques allaient attaquer les plus petites particules qui peuplent notre univers. En effet, avec la série *Proton*, une nouvelle famille de colosses débutait le 16 juillet 1965, dans le but presque exclusif d'étudier le rayonnement cosmique. Mais *Proton 1*, 2 et 3 se spécialisèrent dans le recensement des rayons extrêmement



En haut, le satellite « Proton », un appareil géant destiné à l'étude du rayonnement cosmique de haute énergie. Le premier exemplaire fut mis en orbite le 16 juillet 1965; il pesait 12,6 tonnes et mesurait 14,8 pieds de diamètre.



Cet appareil géant logé à l'intérieur de la coque étanche du « Proton » contenait tous les compteurs et instruments pour mesurer les rayons cosmiques ayant des énergies atteignant  $10^{12}$  électron-volts.

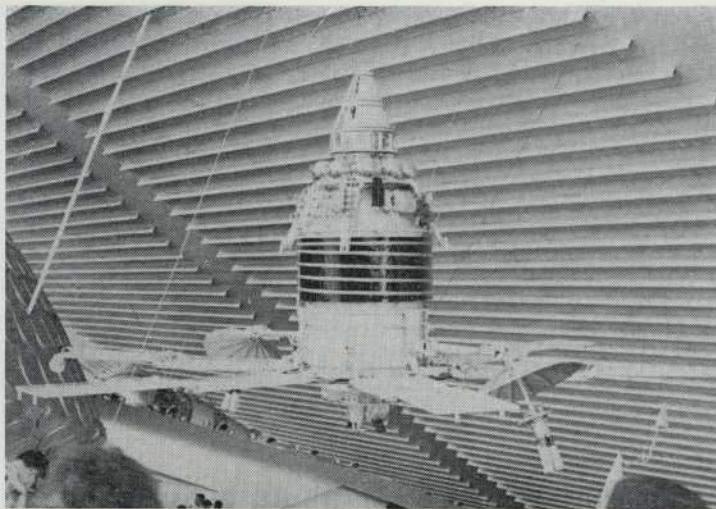


énergétiques atteignant une énergie de  $10^{12}$  électron-volts. Les physiciens étaient surtout intéressés par les électrons et les rayons gamma provenant de l'espace interstellaire ayant une énergie plus grande que 50 millions d'électron-volts; aux énergies plus faibles, le Soleil est à l'origine de la majeure partie du rayonnement.

Pour mettre ces titans en orbite, il fallut une fusée d'au moins 3 000 000 de livres de poussée soit l'équivalent de deux Saturne I de la NASA ou de la Titan 3 de l'Aviation des Etats-Unis. Mais les experts sont très étonnés devant l'ampleur de ce véhicule très lourd de 14.8 pieds de diamètre. D'autres sont même d'avis que ce vaisseau pourrait prendre à bord un équipage d'astronautes; le compartiment circulaire intérieur de 8 pieds de diamètre servirait de cabine et l'enveloppe extérieure abritant la coque étanche jouerait le rôle d'écran contre les micrométéorites lors d'un vol prolongé ou d'un voyage à la Lune; mais ce n'est qu'une hypothèse.

### Molnia, le transsibérien des communications

Vu l'étendue de leur territoire (environ 6 000 milles en longueur), les Soviétiques ont tôt fait d'utiliser l'espace afin d'améliorer les communications à travers leur territoire. Pour cela, ils ont mis au point la série *Molnia* dont le dernier représentant était lancé le 3 octobre 1967. Ces satellites géants de communications de 2 200 livres voyagent sur des orbites synchronisées de 12 heures mais non stationnaires; c'est-à-dire que le satellite se déplace mais revient périodiquement aux mêmes latitudes aux mêmes heures. Leur périégée situé à 300 milles quelque part au-dessus de l'Antarctique, leur apogée se place très haut au-dessus de l'Union soviétique à 24 500 milles environ. Au désavantage d'évoluer à une altitude plus basse que les satellites stationnaires du genre Syncom, Oiseau Matinal ou Intelstat, l'orbite plus rapprochée permet à Molnia l'installation de sources d'énergie électrique et d'émetteurs très puissants. Le satellite est d'ailleurs énorme. Il a déjà servi de relai pour la télévision en couleurs entre l'URSS et la France; on sait que l'URSS a adopté



Satellite de la série « Molnia ». D'un poids de 2 200 livres, il voyage sur une orbite synchronisée de 12 heures et est chargé du programme de communication spatiale radiophonique et de télévision. Le premier de cette famille a été lancé le 23 avril 1965.

le procédé français de télévision en couleurs Secam III. L'engin est aussi équipé de caméras permettant de photographier les formations nuageuses. Plusieurs appareils et antennes n'ayant pas été étiquetées, on a même accusé Molnia de se livrer avec impudence à de l'espionnage en orbite, lors du dernier salon d'aéronautique international de Paris où une maquette du satellite était exposée tout comme à l'Expo 67.

### A l'assaut de la Lune

Après le tir raté de Luna I, planétoïde de 800 livres devenu le premier satellite de fabrication humaine à orbiter autour du Soleil sous le nom de « Mechta » ou « Rêve », les Russes déposaient les emblèmes d'URSS à 500 milles du centre de la face connue de la Lune avec l'impact de Luna 2; cet engin de 860 livres heurta le sol lunaire le 12 septembre 1959 à 22 h 22 mn 24 s, heure de Moscou. En route vers leur cible, les satellites Luna I et 2 menèrent leur concert habituel d'expériences.

Le 4 octobre 1959, autre exploit; la face cachée de la Lune que nul homme n'avait contemplée, pas même le Zinjanthrope ou l'homme de Néanderthal, était photographiée par Luna 3. Le satellite suivant une trajectoire très complexe qui témoignait de l'adresse incroyable des savants soviétiques, passa à environ 5 000 milles au sud du centre de la

Lune (rayon de la Lune : 1 085 milles). Si les premières photos étaient de qualité très pauvre, l'exploit pour l'époque n'en demeure pas moins sensationnel. N'oublions pas que les Américains n'obtiendront leurs premières photos lunaires que cinq ans plus tard, en juillet 1964 avec Ranger VII. Les astronomes soviétiques n'en dressèrent pas moins un Atlas de la face cachée de la Lune qui a dernièrement été complété avec les photos prises par Zond 3. Luna 3 emportait à son bord un système pour analyser l'orbite décrite, les appareils de télémétrie, une caméra de télévision, un système pour développer automatiquement la pellicule à bord et transmettre l'image à la Terre sur un canal de télévision, un système d'orientation précis et maints autres appareils d'investigation scientifique. N'oublions pas que cela se passait en 1959, il y a huit ans, deux ans exactement après Spoutnik I. Le 7 octobre, de 6 h 30 à 7 h 10, les photographies étaient prises d'une distance de 40 800 à 42 600 milles, révélant un hémisphère beaucoup plus accidenté que celui que nous connaissions depuis les astronomes de Babylone.

Le 18 juillet 1965, Zond 3 partait pour la Lune afin de photographier les vestiges laissés intacts par Luna 3 et raffiner le travail de ce dernier. La caméra volante prit quelque 25 photos de la surface lunaire d'une distance d'environ 6 000 milles. Mé-

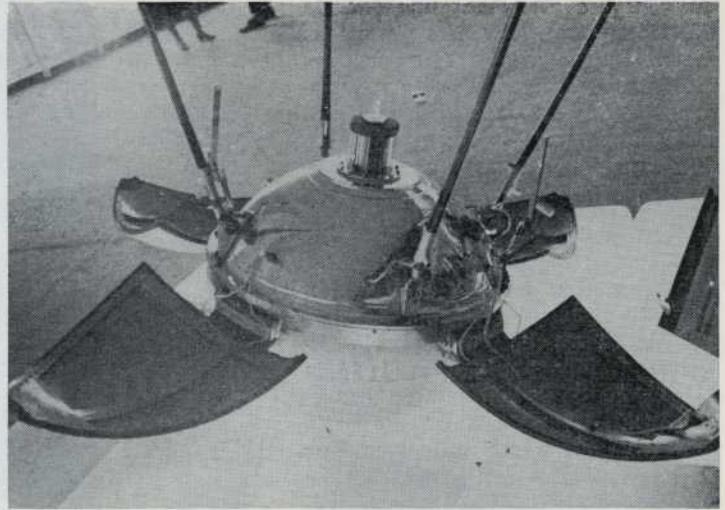


me si la qualité des photos fournies par les 5 Lunar Orbiters des Etats-Unis dépasse de beaucoup celle des clichés soviétiques, il demeure que ceux-ci ont ouvert des horizons nouveaux et réalisé leurs prouesses bien avant leurs confrères d'Amérique.

### Premier atterrissage en douceur sur la Lune

Ce n'est pas avant plusieurs essais que les Soviétiques allaient enfin réussir le premier atterrissage en douceur sur la Lune, à l'aide de Luna 9, dans l'Océan des Tempêtes, à l'ouest des cratères Reiner et Maria, à 7.1°N et 64.4°W. Quatre Lunas (5 à 8) devant remplir la même mission avait échoué consécutivement avant le succès éclatant de Luna 9 lancé le 31 janvier 1966 et placé sur une orbite de 52° d'inclinaison. Le poids total du véhicule était de 3 490 livres. La caméra de télévision pesant 3.3 livres, un analyseur et le système de miroirs permettant des vues stéréoscopiques étaient contenus dans une capsule sphérique de 220 livres destinée à se déposer sur la Lune. N'utilisant qu'un système de piles pour son alimentation, Luna 9 eut une vie de 3 jours seulement. La station avait réussi à atterrir à une vitesse de 18 à 20 pieds par seconde, près du sommet d'un cratère de 50 pieds de diamètre lui-même situé dans un cratère plus grand. Au moins quatre vues panoramiques ont été obtenues; il est à remarquer que les premières photos émises par l'Observatoire de Jodrell Bank en Angleterre, le 4 février, étaient trop étroites sur la largeur d'un facteur de 2.5. Les clichés corrects furent publiés le lendemain par les Russes. D'après les données de la station lunaire, les Soviétiques ont pu déterminer que le sol lunaire était constitué de roches basaltiques, ce que Surveyor 5 vient de confirmer de façon éclatante grâce à une analyse chimique très précise.

Lancé le 31 mars 1966, Luna 10, premier laboratoire lunaire de 540 livres mis en orbite autour de la Lune, devait fournir une foule d'informations sur les météorites, la radioactivité, le rayonnement infrarouge et gamma de la surface lunaire, le champ magnétique de la Lune et les autres phénomènes circumlu-



Du vaisseau lunaire « Luna 9 » de 3 490 livres, se détachait une capsule sphérique de 220 livres qui atterrissait en douceur sur la Lune. La capsule dont nous voyons ici une maquette fut la première à transmettre des images du sol lunaire avec un pouvoir de résolution de quelques millimètres.

naires. L'engin a de plus transmis l'air de l'Internationale, hymne du parti communiste. Les Lunas successifs allaient poursuivre l'exploration lunaire. Ces appareils furent même utilisés comme observatoires radioastronomiques pour le cosmos. Luna 12, lancé le 22 octobre 1966, allait remplir le même rôle que les Orbiters américains, c'est-à-dire photographier la surface de la Lune à partir d'une orbite lunaire de basse altitude. Luna 13, réplique améliorée de Luna 9, déposée sur la Lune le 24 décembre 1966, était dotée d'une barre extensible capable d'étudier la dureté de la densité du sol de la Lune.

Tous ces satellites ont contribué à assurer que le sol lunaire était assez consistant pour recevoir de lourds vaisseaux, que la roche était de nature basaltique et que la radioactivité gamma était de 1½ à 2 fois plus forte que pour les roches de la surface terrestre; l'espace circumlunaire, n'étant pas enveloppé dans un champ magnétique semblable à celui de la Terre, est similaire au milieu interplanétaire et subit directement l'humeur du Soleil. Luna 9 a d'ailleurs soulagé les spécialistes de la NASA, les assurant que Surveyor 1 ne sombrerait pas dans un océan de poussières.

(à suivre)

### Bibliographie

- DE GALIANA. *La conquête de l'espace*, Larousse, Paris, 1967, 345 p.
- BARABASHOV, N. P., A. A. MIKAILOV, Y. N. LIPSKY. *Atlas of the Moon's Far Side*, Interscience, 1961.
- JDANOV, G., I TINDO. *Laboratoires dans l'espace*, Moscou, 200 p.
- *Animals, Pioneers of outer Space*, Agence Novosti, Moscou, 22 p.
- *Les Soviétiques explorent la Lune*, Novosti, Moscou, 1967, 60 p.
- *Dix ans d'exploration spatiale*, Novosti, Moscou, 1967, 60 p.
- Von BRAUN, W., ORDDWAY. *History of Rocketry and Space Travel*, Crowell, 1967.
- LIPSKY, Y.N. *What Luna 9 told us About the Moon*, « Sky and Telescope », nov. 1966, pp. 257-260.

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique spécialisée à la Faculté des sciences, Université de Montréal. Les photos sont du même auteur, prises au pavillon de la Russie à l'Expo 67, Montréal, excepté celle de la p. 49, photo Nordisk Press.



# Qu'est-ce que l'INERTIE ?

par Walter HOUSTON et Alain BONNIER

Newton croyait que l'inertie était une propriété intrinsèque de la matière. Certains physiciens se demandent aujourd'hui si ce n'est pas plutôt un effet de la gravitation.

Pourrons-nous un jour modifier à volonté l'attraction gravitationnelle? Peut-être.

Les physiciens ont été amenés, depuis quelques années, à reconsidérer leurs idées sur la gravitation et plus particulièrement ont-ils repensé les lois fondamentales de Newton. Seriez-vous surpris d'apprendre que depuis deux siècles d'éminents savants ont fait de sérieuses réserves quant à l'interprétation officielle donnée aux lois de Newton? Et que Newton lui-même admettait que son interprétation laissait à désirer? Le problème tourne essentiellement autour du concept d'inertie.

Nous savons tous qu'il faut une force pour accélérer un corps et que, pour une accélération donnée, la force à appliquer varie généralement selon les corps. Nous disons, à ce moment-là, que ces corps n'ont pas la même inertie.

Mais qu'est-ce que l'inertie?

Une propriété intrinsèque de la matière? Dans ce cas, il nous faut définir la masse en terme d'inertie. Et c'est, en fait, ce que nous faisons.

Par contre, rien ne nous empêche de considérer le concept de masse comme étant fondamental et définir plutôt l'inertie en terme de masse. La définition dépendra donc, en dernier lieu, de ce que nous croyons être fondamental. Mais qui nous dira si ce que nous croyons est vrai?

## L'espace absolu

La première loi de Newton — « Un corps restera au repos ou se déplacera toujours à la même vitesse si une force ne lui est pas appliquée. » — est souvent appelée la loi d'inertie. La deuxième loi donne cependant à la première un sens plus précis : « L'accélération d'un corps est proportionnelle à l'intensité de la force qui lui est appliquée et inversement proportionnelle à sa masse; de

plus, le vecteur accélération est colinéaire au vecteur force. » Cette loi ne dit rien de plus que la classique équation.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

où  $\vec{F}$  est le vecteur force,  $m$  la masse et  $\vec{a}$  le vecteur accélération.

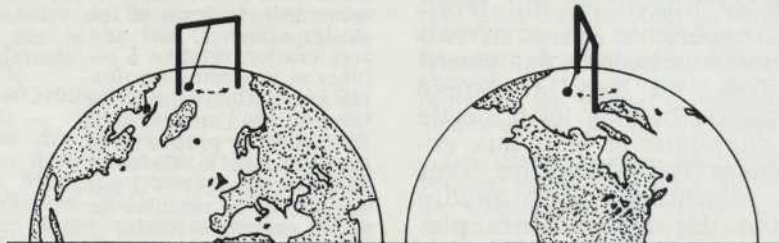
Le problème vient ici de ce qu'on ignore la signification rigoureuse de l'accélération. Car on peut décemment se demander : « L'accélération par rapport à quoi? Connaissions-nous un point stationnaire (ou en mouvement uniforme) quelque part qui nous permette de mesurer cette accélération? » Ce point stationnaire est habituellement appelé cadre de référence.

Ainsi, du choix arbitraire d'un cadre de référence peut parfois naître le paradoxe. L'accélération de la lune par rapport à la terre n'est pas la même que par rapport au soleil. Et pour un observateur sur la lune, la lune n'accélère pas du tout ! De même que, pour nous, la terre ne semble pas accélérer. Pourtant, nous savons qu'elle se situe dans le champ gravitationnel du soleil. Existerait-il alors une force produisant une accélération nulle ?

La réponse de Newton à cette question fut d'imaginer un espace absolu dont le cadre de référence serait les étoiles fixes.

Fig. 1

Le pendule de Foucault est un poids suspendu qui est libre d'osciller dans toutes les directions. Lorsque situé au pôle de la terre, son plan d'oscillation effectue une rotation complète de 360° par 24 heures. Le croquis est fait en sorte que ce plan d'oscillation soit suivant le plan de la page. Newton aurait dit que ce plan est fixe dans l'espace absolu et que la rotation apparente du plan n'est que la manifestation de la rotation terrestre. Mais on peut donner une toute autre explication à ce phénomène. Voyez l'article.





Mais Newton fut bientôt pris à partie par les savants de l'époque : « Comment, monsieur Newton, peut-on détecter cet espace absolu s'il existe ? » ou encore : « Vous affirmez que les étoiles ne forment pas en soi le cadre de référence mais ne font que le définir matériellement. Comment expliquez-vous alors que l'espace vide puisse influencer sur le comportement physique de la matière ? »

Pressé par toutes ces questions, Newton tenta de prouver l'existence de l'espace absolu par la désormais célèbre expérience du seau d'eau. Mais elle ne prouva rien du tout... c'était une expérience fictive (comme plusieurs expériences de Galilée, d'ailleurs).

Elle consiste à prendre un seau d'eau suspendu à une corde, à tordre la corde puis laisser détourner le seau. La surface de l'eau prendra une forme concave. (Voir fig. 2). Si vous arrêtez soudainement le seau, la surface restera alors concave. Newton soutenait, à ce moment-là, que la surface de l'eau étant indépendante du mouvement relatif du seau et de l'eau, il devait, par conséquent, exister un espace absolu qui soit la cause de la concavité observée. (Nous vous laissons le soin de trouver la faille dans ce raisonnement).

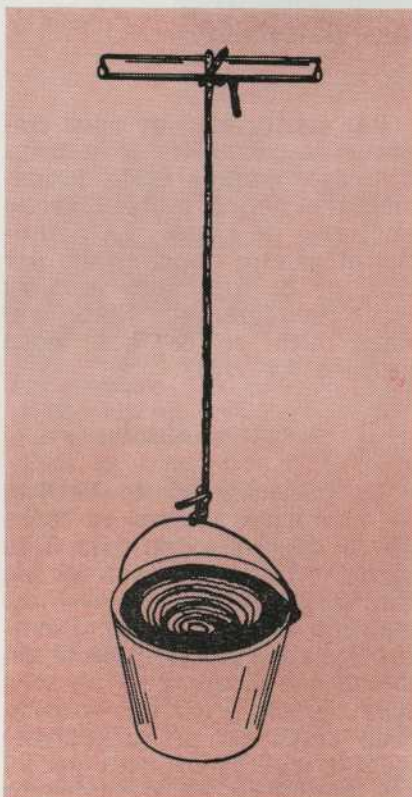
### Le pendule de Foucault

Newton ne connaissait pas l'expérience du pendule de Foucault. L'eût-il connue, qu'il y aurait sans doute vu une preuve supplémentaire de sa théorie sur l'espace absolu. (Voir fig. 1).

Un observateur qui serait sur une planète constamment couverte de nuages et qui ferait cette expérience en arriverait à deux conclusions également possibles : ou bien la planète tourne, ou bien la loi d'inertie qui s'applique si bien aux expériences de laboratoire, doit être reformulée pour rendre compte des mouvements pla-

nétaires. Il ne pourrait pas opter pour l'une ou l'autre des conclusions. Le pourriez-vous ?

Si, par bonheur, les nuages se dissipent, notre savant bénéficiera alors d'un précieux indice : la période de rotation du pendule situé au pôle de la planète coïncide avec la période de rotation des étoiles. La première hypothèse qui lui viendra à l'esprit, sera qu'il existe une relation physique entre ces deux phénomènes.



Mais c'est précisément ce que Newton n'admettait pas ! Il faisait de l'inertie une propriété inhérente à la matière au lieu d'en faire une propriété dépendante.

### L'inertie gravitationnelle

Les succès remarquables de la mécanique newtonnienne à décrire la danse des planètes balayèrent bientôt les dernières objections qu'on apportait et l'on accepta finalement que l'inertie fût liée à la matière.

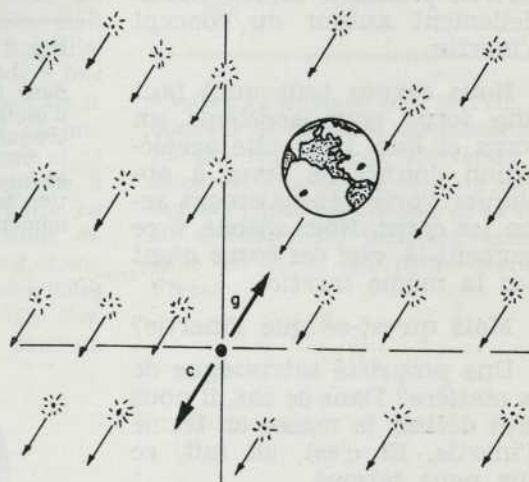
Tôt déjà, un évêque du nom de Berkley avait émis l'hypothèse que la masse totale des étoiles pouvait expliquer l'inertie observée. Au XIXe siècle, le philosophe Mach proposait que l'inertie soit considérée comme la résultante de toutes

Fig. 2 (à gauche) :

Newton a tenté de prouver l'existence de l'« espace absolu » à l'aide d'un seau d'eau qui pivote sur lui-même. Selon lui, la surface de l'eau avait une forme concave dans le cas d'une rotation absolue; dans l'état de repos par rapport à l'espace, cette surface était plane. La forme de la surface étant, en dernier lieu, indépendante du fait que le seau pivote ou non. Mais d'après les récentes théories sur l'inertie, la surface de l'eau resterait toujours plane si le seau était seul dans l'univers. Pourquoi ?

Fig. 3 (à droite) :

Un corps qui tombe (le gros point noir) peut être considéré au repos. A ce moment-là, la terre et les étoiles (flèches) ont une accélération relative à celui-ci et la somme des forces gravitationnelles de la terre et de l'univers doit équilibrer sa propre force gravitationnelle. Ce point de vue ne suggère-t-il pas une façon de mesurer la masse cosmique totale ?





les forces gravitationnelles de l'univers. Et Einstein, ces dernières années, a tenté de préciser la nature de cette interaction entre la matière capable d'engendrer l'inertie. Il fut étonné alors de constater la ressemblance entre les formes mathématiques qui décrivent la gravitation et celles qui décrivent l'inertie. Mais quoi de plus normal si l'inertie n'est autre que l'attraction de la masse universelle sur une masse particulière? Pour déplacer un corps il faut opposer une force au vecteur gravitationnel cosmique. La réaction bien connue en résultera.

Mais peut-être direz-vous finalement : « Toute cette théorie n'est que grand guignol ! Si l'inertie est vraiment un effet gravitationnel, alors la force provenant des étoiles sera insignifiante comparée à celle du soleil et il serait plus facile d'accélérer un corps en direction du soleil qu'en toute autre di-

rection ! Ce que nul n'a constaté jusqu'ici ».

Si c'est ce que vous pensez, les calculs qui ont été effectués à ce sujet auront de quoi vous surprendre. Car l'effet que les étoiles perdent en distance, elles le gagnent en masse et en nombre. Et l'apport du soleil, par exemple, n'est que le cent millionième de l'apport universel !

Telles sont les réflexions de la physique actuelle. Vous ne verrez pas encore ces théories dans vos livres de classe, mais elles sont présentement soutenues par des géants tels Mach et Einstein. Et sûrement vous en saurez plus d'ici quelque temps.

### A votre réflexion

1. Si l'inertie est effectivement un effet gravitationnel, comment alors définissez-vous la masse?

### Une nouvelle carte du territoire canadien

Une nouvelle carte intitulée « *Evolution territoriale du Canada* » vient d'être publiée par le ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources. Cette carte fera partie d'un Atlas en préparation et qui devrait paraître au cours de l'année prochaine.

Imprimée en 27 couleurs différentes et mesurant 24 sur 30 pouces, cette feuille comprend 23 cartes qui racontent 282 années d'histoire. La première fait connaître les conditions politico-territoriales telles qu'elles existaient sur le continent nord-américain en 1667, année où l'Acadie fut rendue à la France par le traité de Bréda. La dernière représente le Canada après l'entrée de Terre-Neuve dans la Confédération en 1949. Les autres cartes, avec chacune une légende explicative, font voir les transformations assez étonnantes apportées au territoire frontalier avant d'en arriver peu à peu à la configuration géographique du Canada d'aujourd'hui.

La carte est disponible en anglais et en français et se vend au prix de 50 cents. On peut l'obtenir au Bureau de distribution des cartes à 615, rue Booth, Ottawa. Dans le cas des étudiants, commissions scolaires et

enseignants, une remise de 40% est accordée.

### Deux cartes indiquant les profondeurs de l'océan Arctique

Quelle est la profondeur de l'océan glacial Arctique? En ce qui concerne environ la moitié de l'Arctique, deux nouvelles cartes nous en donnent la réponse.

On n'avait jamais établi des cartes bathymétriques aussi détaillées de la partie de l'hémisphère occidental de l'Arctique. Publiées par le ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources du Canada, à Ottawa, ces cartes indiquent les diverses profondeurs de l'océan de l'ensemble de l'hémisphère, au nord du 72<sup>e</sup> parallèle, qui coupe la partie septentrionale de l'île Baffin. Ces cartes, nouvelles au pays, étaient un projet du centenaire de la Confédération réalisé par le Service hydrographique du Canada.

Des profondeurs de plus de 14 000 pieds — supérieures à l'altitude extrême des Rocheuses — sont indiquées dans le bassin Fram, près du pôle Nord. Les courbes de niveaux définissent également le bassin Canada, d'une profondeur de 13 000 pieds, les plateaux continentaux et

2. L'astronomie moderne a démontré que les étoiles n'étaient pas fixes mais en mouvement. Quelle est la conséquence de cette découverte sur le cadre de référence de Newton qui s'appuyait sur des étoiles fixes?

3. On a observé que la masse des particules atomiques variait en fonction de leur vitesse lorsque celle-ci était comparable à celle de la lumière. En quoi cela peut-il modifier nos vues sur la masse comme mesure d'inertie?

---

Article paru dans *Science and Math Weekly*, Ohio, E.-U., 24 octobre 1962, vol. 3, no 7, rédigé par Walter Houston; version française et adaptation par Alain Bonnier, étudiant B.Sc. IV, physique spécialisée, Faculté des sciences, Université de Montréal. Dessins extraits de la même publication.

les 1 000 milles de longueur de la dorsale Lomonosov, qui s'étend de l'île Ellesmere à la Sibérie.

Ces cartes en huit couleurs, qui indiquent les profondeurs en mètres, sont le résultat de sondages effectués à 12 000 points différents. La carte 896 couvre le quadrant de 0° à 90° de longitude ouest, et la carte 897 représente celui de 90° à 180° de longitude ouest.

Dans ces eaux jonchées de glace, les hydrographes ont mesuré les profondeurs à l'aide d'hélicoptères, de sondeurs électroniques et de systèmes de relèvement de points. Les données ainsi recueillies seront utiles aux géologues qui recherchent des gisements de pétrole et de minéraux sous le fond des océans.

Ces nouvelles cartes bathymétriques sont les premières d'une série qui couvrira éventuellement l'ensemble des eaux côtières canadiennes et les régions océaniques adjacentes. Elles représentent la contribution du Canada au programme du Bureau hydrographique international élaboré en vue d'établir une série complète de cartes bathymétriques générales des océans du globe.

Les cartes marines 896 et 897 se vendent un dollar l'unité, au Bureau de distribution des cartes marines du ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources, à Ottawa.



"La carte est l'image la plus complète  
du terrain, d'une portion de la surface terrestre"

# De l'usage des cartes

par Pierre CAMU

Celui qui a écrit les quelques lignes qui suivent n'est pas un spécialiste et encore moins un expert de la science cartographique, il n'est qu'un amateur qui a toujours eu un profond intérêt pour les cartes, quels que soient leur forme, leur contenu et leur message.

De tous les moyens utilisés aujourd'hui pour représenter un certain aspect de la surface du globe, comme le dessin, l'image, la photographie aérienne oblique ou verticale, le bloc-diagramme ou la mappemonde, celui qui est encore le plus noble, le plus répandu, le plus accessible, le plus populaire, le plus versatile et peut-être le plus fidèle, c'est la carte. Dans un livre admirable publié il y a une quinzaine d'années, Edouard Imhof écrivait : « La carte est l'image la plus concentrée, la plus complète et la plus détaillée du terrain, la seule qui nous permette d'imaginer une portion de la surface terrestre d'une façon complète, avec une exactitude géométrique. » (1).

Cependant bien peu de personnes apprécient les cartes à leur juste valeur; le technicien, le savant et l'expert qui les utilisent tous les jours en viennent à les considérer comme des outils qu'on range après qu'ils ont servi. Quant à l'amateur, entendons ici l'automobiliste, dès qu'il a trouvé son chemin sur une carte routière, il n'hésite pas à jeter la carte devenue inutile.

## Apprendre à lire une carte

Si l'on savait lire une carte, la comprendre et l'interpréter correctement, on l'apprécierait davantage et l'utiliserait mieux. Pour comprendre

une carte, il faut commencer par lire les renseignements donnés en dehors du cadre de la carte. Sur les cartes routières nord-américaines, ces renseignements sont imprimés dans un coin, en bas ou en haut, au-dessus d'une surface inutilisée. Le titre de la carte localise la région, la zone, la ville ou le quartier de ville présenté ou encore définit le sujet qu'on a cartographié. Par exemple, carte des types de fermes dans les basses-terres du Saint-Laurent, carte du réseau ferroviaire des Prairies canadiennes

L'échelle donne une idée de dimension, de distance entre les paysages, les villes et les autres faits géographiques décrits; c'est d'abord et avant tout la longueur qui est mesurée. On se sert de deux sortes d'échelles, l'échelle graphique qui indique au moyen d'une ligne les distances entre différents points de la carte, ainsi un pouce sur la carte égalera un mille en réalité, et l'échelle écrite au moyen d'une fraction ou d'un rapport,

ainsi 1: 100,000 équivaut à  $\frac{1}{100,000}$

ou à  $\frac{1 \text{ cm}}{1 \text{ km}}$

1 centimètre sur la carte égalera 1 kilomètre sur le terrain, donnant le rapport distance sur la carte, sur le rapport distance dans la nature.

Des latitudes et longitudes sont indispensables quand on manipule des séries de cartes topographiques, hydrographiques ou autres. Grâce aux degrés et minutes, on localise im-

(1) E. IMHOF. *Terrain et carte*, Eugen Reutsch, Erlenback, Zurich, 1951, 261 p. + 34 cartes et planches en couleurs, 343 figures.

médiatement la région décrite sur la carte par rapport à l'ensemble d'un pays ou d'un continent

En dehors du cadre, on trouve très souvent une légende de signes conventionnels, symboles qui identifient des faits géographiques. Ainsi un puits de pétrole, une mine, une voie ferrée, un aéroport, un cimetière, des champs de blé, une usine quelconque peuvent tous être identifiés au moyen de symboles géométriques, de lettres et de couleurs.

Certaines cartes ont des légendes qui contiennent jusqu'à une centaine de signes. Plus la légende est détaillée plus son interprétation est difficile et ardue. On ne peut pas lire une carte sans jeter d'abord un coup d'oeil à la légende. Même les cartes plus simples, les cartes routières, pour ne nommer que celles-ci, ont des légendes utiles. Enfin sur les cartes de série on donne des renseignements secondaires mais quelquefois précieux, comme la date, le service qui la publie et son prix de vente.

A l'intérieur du cadre de la carte on distingue trois groupes de signes conventionnels. Peut-être serait-il préférable de dire trois types de symboles: le point, la ligne et la couleur. C'est résumer en trois mots, l'ensemble des signes qu'on trouve sur une carte; ainsi on représente un grand nombre de données par des cercles, des lettres et des points qui sont localisés à l'endroit où est située une ville, un aéroport, une bouée, un phare, une église ou une école. On cartographie une autre série de renseignements par des lignes ou des traits continus; les routes, les frontières et les voies ferrées en sont les meilleurs exemples, les courbes de niveau en sont un autre. L'usage de la couleur permet de montrer une infinité d'informations de toutes sortes. Sans vouloir insister davantage, mentionnons tout simplement des techniques plus raffinées comme l'estompage et l'utilisation des hachures.

S'il n'y a pas d'écriture, on dira qu'il s'agit d'une carte muette, s'il y a de l'écriture, des noms, une toponymie, alors on est en présence d'une carte parlante. Les noms de lieux identifient les choses déjà localisées. Les cotes qui apparaissent indiquent l'altitude d'un lieu et s'ajoutent ou remplacent les courbes de niveau.



Voilà bien des renseignements qu'une carte peut donner et il y en a d'autres bien sûr, mais cela devrait nous convaincre de la richesse et de l'utilité des cartes. Pourquoi ne pas les utiliser sciemment?

### Les usagers des cartes

Oublions ceux qui ne savent pas utiliser les cartes, intéressons-nous à ceux qui les apprécient et leur rendent justice. On distingue deux sortes d'usagers, les amateurs et les professionnels.

Dans le premier groupe, on retrouve des collectionneurs de cartes anciennes ou de collections spéciales pour qui les cartes n'ont pas de secret, mais dont l'usage pratique est nul. Et il y a de vrais amateurs qui, assis dans une chaise berçante, examinent pendant des heures toutes sortes de cartes, étudient une ville, une région, un coin de pays. Ils étudient un plan de ville et connaissent bien des aspects de la géographie d'un pays, ils font ainsi de beaux voyages... en chambre. Ce sont eux les véritables amateurs de cartes.

Le touriste est certainement le plus grand usager de cartes routières et autres. Il n'y a pas d'automobile, de camion ou d'autobus qui n'ait pas un petit compartiment que son propriétaire a rempli de cartes qu'il consultera à l'occasion pour trouver son chemin ou emprunter une route nouvelle. Pensons ici au compagnon presque indispensable de la carte routière, soit le guide de voyage, tel le guide Bleu, Michelin ou Baedeker. Les compagnies pétrolières ont vite compris qu'il était à leur avantage de distribuer des cartes routières à leurs clients et, à ce point de vue, elles ont contribué largement à accroître l'usage des cartes.

Encore trop peu de voyageurs et de touristes cependant connaissent et emploient les cartes topographiques nationales. Ce sont les cartes de base qui font comprendre le terrain et le paysage; elles effraient l'usager sans raison, car nous sommes convaincus qu'en facilitant la vente à prix modique de ces cartes et en les faisant connaître, leur usage augmenterait considérablement. Le marin de plaisance ou l'aviateur de fin-de-semaine doit obligatoirement utiliser des car-

tes hydrographiques ou aéronautiques, on l'a initié et il en est forcément convaincu.

La deuxième grande catégorie d'usagers englobe tous les professionnels qui emploient des cartes dans leur travail et ils sont nombreux. Comment les diviser? La façon la plus simple est de les grouper d'après le milieu dans lequel ils travaillent, c'est-à-dire l'air, l'eau et la terre.

Les cartes aéronautiques sont indispensables à la navigation aérienne et, avant le vol, la lecture des cartes météorologiques. De tous les moyens de transport, l'aviation commerciale (militaire également) a été établie d'après le principe de la ligne droite entre les grandes villes d'un territoire. Les cartes topographiques ordinaires sont devenues des cartes aéronautiques lorsqu'on a superposé les corridors aériens et les autres renseignements indispensables à la navigation aérienne. Les plans détaillés des aéroports avec leurs nombreuses pistes d'atterrissage sont des plus précieux aux pilotes qui dirigent les avions d'aujourd'hui. Il est vrai que la technique moderne atteint le point de l'avion sans pilote, mais encore faut-il à ceux qui dirigeront cet avion du sol, une route à suivre jusqu'à une destination quelconque et une carte de base du réseau à desservir. Compagnons indispensables, les bulletins météorologiques et les cartes quotidiennes imprimés dans les journaux et commentés à la télévision ont fait plus pour rationaliser la connaissance du temps et associer les notions de température et de précipitation aux régions habitées.

Les marins et les navigateurs nous font tout de suite penser aux cartes anciennes, aux mappemondes et aux autres méthodes que l'on utilisa pendant des siècles afin de connaître et de découvrir les continents. C'est là le plus fascinant aspect de la cartographie antique. Mais aujourd'hui, les cartes nautiques et hydrographiques sont sur les tables dans le poste de pilotage et de commandement de tous les navires, depuis les petites embar-

cations de plaisance jusqu'aux plus gros pétroliers et minéraliers. Faire le point sur la carte est au centre de l'art de la navigation au long cours.

Sur terre, il y a tellement d'usages qu'on doit nécessairement faire un choix. Dans à peu près tous les pays du monde, on possède des collections de cartes topographiques nationales. Très souvent utilisées au départ pour des fins militaires, et encore préparées et mises à jour par les services cartographiques de l'armée, ces cartes sont à peu près devenues les cartes de base qui servent à de multiples fins et constituent l'inventaire fidèle de l'utilisation du sol national. Ces cartes sont publiées par les services gouvernementaux. Des services plus spécialisés publient à l'année, partout dans le monde, des cartes systématiques, c'est-à-dire consacrées à un sujet particulier, ainsi les cartes géologiques, pédologiques, hémagnétiques et autres; et que dire des cartes spéciales faites uniquement pour accompagner ou illustrer un article scientifique.

Nous considérons les arpenteurs-géomètres, les cartographes, les topographes et les autres experts et spécialistes dont l'emploi quotidien est de faire ou de corriger des cartes, comme les vrais professionnels. A leur suite, nous incluons tous ceux qui utilisent les cartes dans leur travail, mais dont le but principal n'est pas de faire des cartes. Ils sont légion: mentionnons les géographes, les ingénieurs, les militaires, les agences de voyages, les urbanistes, les aménageurs et autres. Il est préférable de s'arrêter ici car on risque d'en oublier un grand nombre.

Avant de conclure, on ne peut passer sous silence l'éducateur qui, grâce à la carte murale, à l'atlas ou à la leçon de choses ou de géographie, peut exercer sur les milliers d'écoliers et d'étudiants de par le monde une grande influence en faveur de l'utilisation des cartes, l'instrument par excellence de la connaissance du terrain.

---

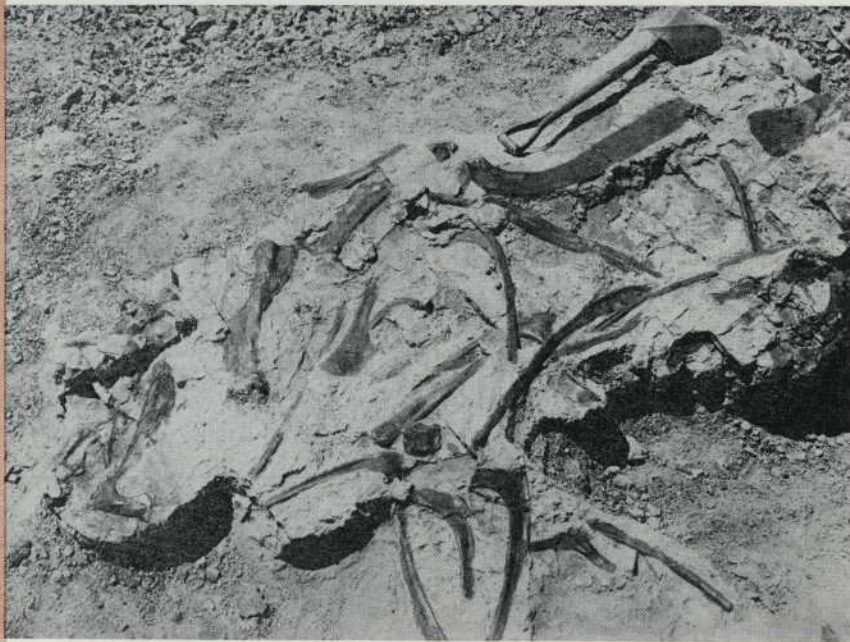
L'auteur, le Dr Pierre Camu, géographe, est président de la Voie Maritime du Saint-Laurent. Article paru dans *The Cartographer* (The Ontario Institute of Chartered Cartographers, York University, Toronto), vol. 2, no 1, mai 1965, pp. 14-16, reproduit avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de l'éditeur.





Un squelette d'un dinosaure à bec de canard, *Edmontosaurus*, vient d'être dégagé de la pierre, dans les sédiments « edmontoniens » de la rivière Red Deer, en Alberta.

Vue rapprochée du spécimen mis au jour. Il est souvent arrivé, avant qu'un squelette ne soit complètement enterré, que les parties supérieures de la carcasse en décomposition étaient brièvement exposées aux intempéries et que les os étaient déplacés. Par contre, les os de la partie inférieure de la carcasse, soutenus dans les sédiments, ont souvent été conservés avec leurs articulations naturelles. Dans ce spécimen, cependant, on n'a pas trouvé d'ossements articulés. Peut-être ont-ils été déplacés par les parties en décomposition d'un autre squelette tout proche.





# Les dinosaures du Canada

Les plus beaux échantillons de la faune dinosaurienne du monde sont conservés dans les sédiments de l'Alberta et de la Saskatchewan

par Dale A. RUSSELL

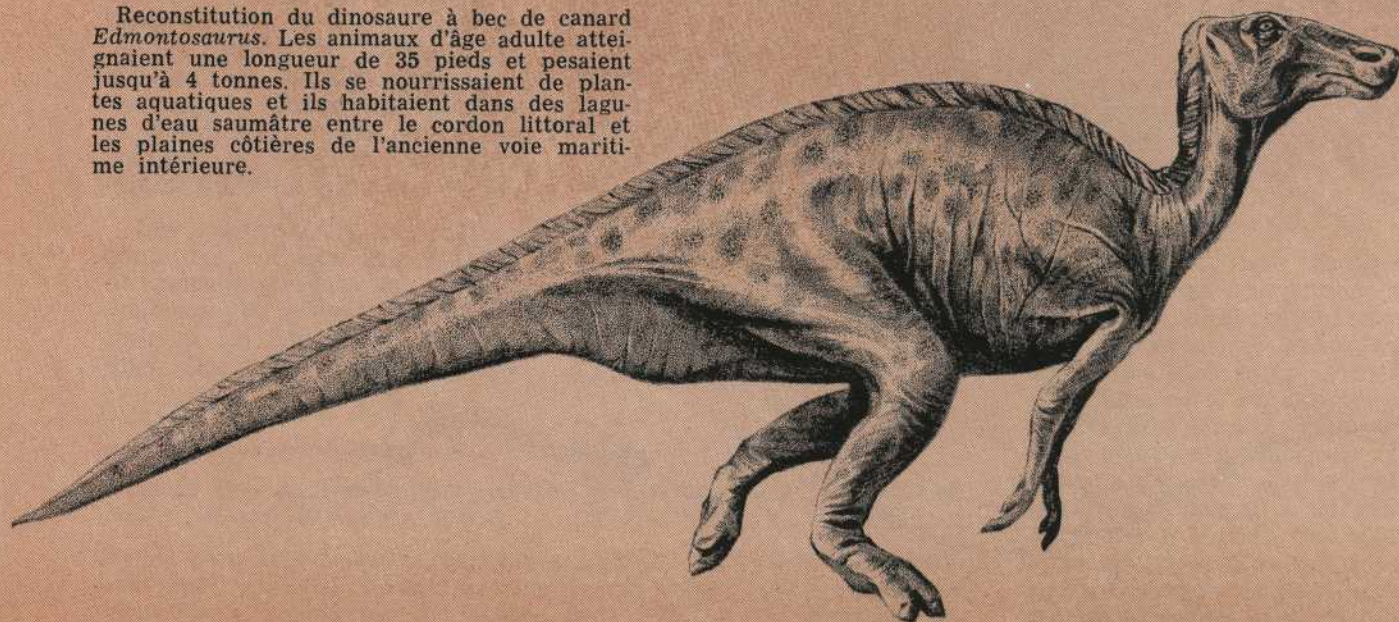
Par suite de l'apparence étrange de leurs squelettes souvent démesurés et de leur extinction, bien avant la venue de l'homme, les dinosaures suscitent beaucoup d'intérêt. Le mot « dinosaure » n'existait pas dans les dictionnaires il y a une centaine d'années. Pourtant aujourd'hui, peu de gens ignorent que ces grands reptiles ont vécu à la surface de la terre en grande abondance. Les premiers dinosaures ont fait leur apparition il y a approximativement 220 millions d'années et ils descendaient de petits ancêtres ressemblant à des lézards.

Au tout début, deux types tout à fait distincts existaient chez ces reptiles qui vivaient dans les terres. Au long des temps géologiques les dinosaures se sont graduellement transformés en une remarquable diversité de formes. Comme cela se passe chez tous les êtres vivants au cours des générations, la plupart de ces formes ont continué de s'adapter de plus en plus parfaitement à leur mode de vie jusqu'à ce qu'elles cessent brusquement d'exister il y a quelque 63 millions d'années, c'est-à-dire environ 61 millions d'années avant que les ancêtres

de l'homme ne prennent forme humaine.

Les caractéristiques générales de la structure osseuse et de l'évolution des dinosaures sont maintenant assez bien connues. Souvent des marques de peau, de muscles, de tendons, de vaisseaux sanguins ou de nerfs sont restées sur les os et dans les sédiments environnants de sorte qu'il a été possible de faire des reconstitutions détaillées, même des tissus les plus fragiles.

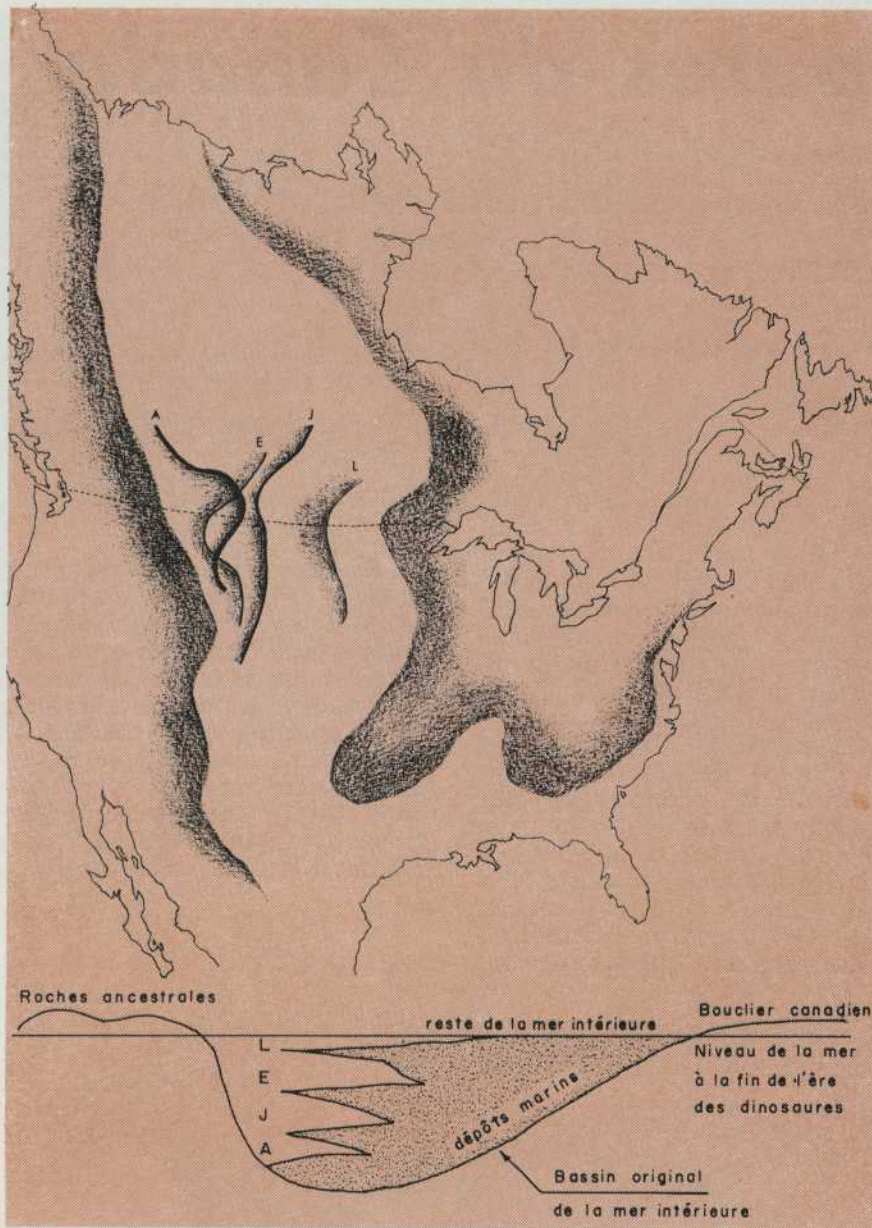
Reconstitution du dinosaure à bec de canard *Edmontosaurus*. Les animaux d'âge adulte atteignaient une longueur de 35 pieds et pesaient jusqu'à 4 tonnes. Ils se nourrissaient de plantes aquatiques et ils habitaient dans des lagunes d'eau saumâtre entre le cordon littoral et les plaines côtières de l'ancienne voie maritime intérieure.



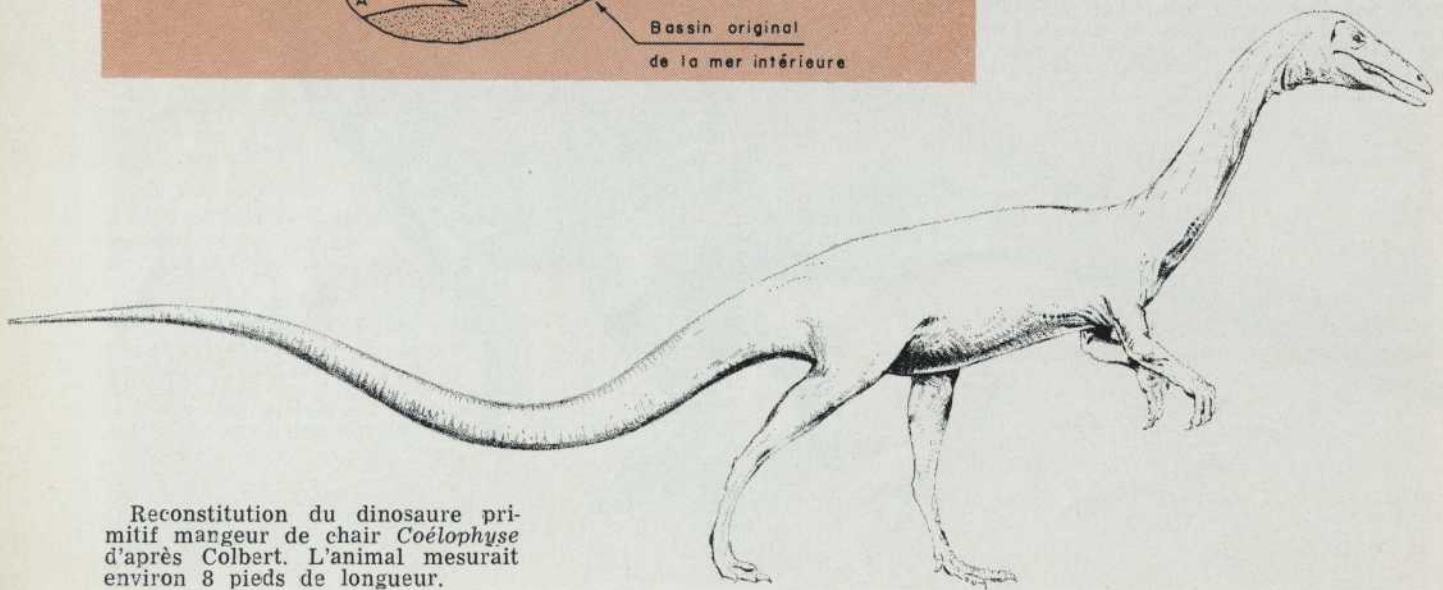


## L'histoire racontée par les « fossiles »

A l'époque des dinosaures, certaines carcasses ont été amenées en des lieux où les boues et les sables s'accumulaient. Les carcasses ainsi enterrées ont été protégées contre les effets désintégrateurs des éléments et elles ont été éventuellement fossilisées. Les sédiments terrestres charriés par les cours d'eau se déposent en très grandes quantités dans les plaines alluvionnaires et les deltas près des océans. Il était donc inévitable que la plupart des squelettes de dinosaures enterrés se retrouvent dans cette sorte de sédiments. Plus un bassin sédimentaire est élevé par rapport au niveau de la mer, moins il a de chance d'échapper à la destruction par l'érosion pendant une



Emplacement de la mer intérieure de l'Amérique du Nord vers la fin de l'époque des dinosaures. Les lettres A J E L indiquent les positions approximatives des lignes côtières au moment de l'étendue maximale des plaines d'inondation aquilane, judithienne, edmontonienne et lancienne.



Reconstitution du dinosaure primitif mangeur de chair *Coelophyse* d'après Colbert. L'animal mesurait environ 8 pieds de longueur.



longue période de temps géologique. C'est pour cette raison que la plupart des dinosaures que nous avons découverts ont habité les basses plaines côtières et les marécages.

La croûte de la terre n'a jamais été parfaitement rigide et même dans ses parties les plus stables elle s'élève lentement et retombe au cours des temps géologiques. Lorsqu'un affaissement graduel de la croûte terrestre rapproche une région continentale du niveau de la mer, les cours d'eau apportent des sédiments dans cette région. De cette façon, des quantités énormes de sédiments et les squelettes de fossiles qu'ils contiennent peuvent s'accumuler. Si la région devait de nouveau être graduellement soulevée au cours des temps géologiques, ces sédiments seraient assujettis à l'érosion. On pourrait alors trouver des squelettes de dinosaures découverts par l'action de l'eau et du vent.

L'examen des sédiments dans lesquels on les trouve peut fournir beaucoup de renseignements au sujet des milieux naturels où vivaient les différents types de dinosaures. Les restes fossilisés d'autres êtres vivants indiquent, par exemple, quelles sortes de plantes poussaient dans les forêts, les plaines et les marécages où vivaient les dinosaures. Ils indiquent également le genre de plantes et d'animaux qu'ils pouvaient manger et quelles conditions climatiques ils devaient subir.

Les sédiments eux-mêmes sont des sources importantes de renseignements en ce qui concerne la géographie régionale et les conditions climatiques. Des minéraux radioactifs

emprisonnés dans des cendres volcaniques servent d'horloges géologiques et fournissent des renseignements précis quant à la période de temps qui s'est écoulée depuis qu'une cendre particulière a été déposée. Étant donné qu'au cours des récentes années de grands progrès ont été faits dans l'étude des rocs sédimentaires et dinosaurifères en Amérique du Nord, il est maintenant approprié de passer en revue les connaissances que nous avons des dinosaures du Canada.

### Les plus anciens dinosaures en Nouvelle-Ecosse

Les plus anciens dinosaures du Canada ont été découverts dans les falaises de grès rouge tendre qui délimitent la rive orientale de la baie de Fundy en Nouvelle-Ecosse \*. Des sédiments y ont été déposés sur l'arête occidentale d'un long et bas escarpement d'anciennes roches cristallines il y a environ 200 millions d'années. A cette époque, une série d'escarpements semblables dont les cônes d'éboulis faits de boue et de sable rouge s'étendaient depuis la Nouvelle-Ecosse jusqu'au Mexique en suivant les côtes de l'Atlantique et du golfe du Mexique. Ces sédiments rouges ont une nature prouvant qu'ils ont été déposés dans des climats chauds et humides avec chutes de pluie abondantes mais saisonnières. On ne trouve que des os isolés et rongés par l'eau ce qui suggère que les reptiles sont morts dans des zo-

\* L'auteur remercie le Dr Donald Baird de l'Université Princeton pour les renseignements présentés ici au sujet des dinosaures de la Nouvelle-Ecosse et de l'île de Bathurst.

nes un peu plus élevées et que leurs carcasses ont été démembrées et disséminées par des animaux nécrophages et par les éléments.

Les dinosaures conservés dans ces sédiments rouges appartiennent aux stades les plus anciens de l'évolution dinosaurienne et par conséquent ils n'étaient pas aussi grands ni si diversifiés que la multitude des formes qui sont apparues par la suite. Les dinosaures les plus caractéristiques dans ces sédiments sont les mangeurs de chair, bipèdes, à membres légers dont la longueur varie de 6 à 8 pieds. Une forme typique est le Coélophyse que l'on a trouvé à l'état de squelette dans des régions particulières très dispersées, en Amérique du Nord. Les plus grands os appartiennent à des dinosaures un peu plus massifs, partiellement bipèdes et phytophages (végétariens) dits « prosauropodes », parce qu'ils furent autrefois considérés comme les ancêtres des dinosaures sauropodes comme le Brontosaurus.

Les restes les plus rares mais les plus importants de la Nouvelle-Ecosse sont ceux de dinosaures phytophages de la taille d'une dinde. Une grande variété de formes herbivores, comme les dinosaures à bec de canard munis de plaques ou de cornes qui sont apparus beaucoup plus tard dans les temps géologiques, sont probablement descendus de ces petits ancêtres. Le seul autre pays où l'on en a découvert est l'Afrique du Sud.

Cependant, les dinosaures n'étaient pas les grands animaux les plus communs en Nouvelle-Ecosse à cette époque, car on a trouvé et on trouve encore dans cette région des ossements d'un grand nombre d'autres reptiles archaïques. Il y avait, entre autres, des reptiles qui ressemblaient à de grands crapauds à cornes, des reptiles cuirassés ressemblant à des crocodiles, d'énormes phytophages à bec de perroquet et des reptiles ressemblant à des mammifères qui possédaient peut-être les

---

L'auteur, Dale A. Russell, Ph.D., est conservateur des vertébrés fossiles au Musée National du Canada, Ottawa.

Article paru dans *Canadian Geographical Journal*, Ottawa, vol. LXXV, no 2, août 1967, pp. 44-51, traduit par Guy Gavrel, Ottawa, reproduit avec la bienveillante autorisation de l'auteur et de l'éditeur. Photographies et dessins originaux gracieusement fournis par l'éditeur, provenant du Musée National du Canada, Ottawa.



rudiments d'un pelage. Tous ces animaux, à l'exception des derniers, étaient destinés à être remplacés par des reptiles plus avancés mais ayant des moyens d'adaptation semblables.

Il est intéressant de noter que le premier spécimen de dinosaure recueilli au Canada a été découvert en 1853 sur une petite île de l'archipel de Bathurst, près du pôle Nord. Quoique ce spécimen n'ait qu'une seule vertèbre, il a été possible de déterminer qu'il s'agissait d'un dinosaure prosauropode. Ainsi, ce genre de dinosaure doit avoir vécu dans les régions nordiques à l'époque où des dinosaures primitifs semblables vivaient en Nouvelle-Ecosse.

Après la fin de la période des dépôts de grès rouge en Nouvelle-Ecosse, notre connaissance de l'histoire des dinosaures du Canada est interrompue durant un laps de temps énorme. Les indices dinosauriens retrouvés dans les provinces de l'Ouest proviennent d'animaux ayant vécu 120 millions d'années plus tard. Des dinosaures ont dû exister au Canada durant cette longue période, mais

les sédiments contenant leurs restes ont été détruits il y a longtemps par l'érosion, à moins qu'ils ne soient enfouis sous une couche de sédiments plus récents. Quoique des sédiments d'eau douce déposés durant cette période existent dans les montagnes Rocheuses et en Colombie-Britannique littorale, on n'y a jusqu'à présent découvert aucun squelette de dinosaure.

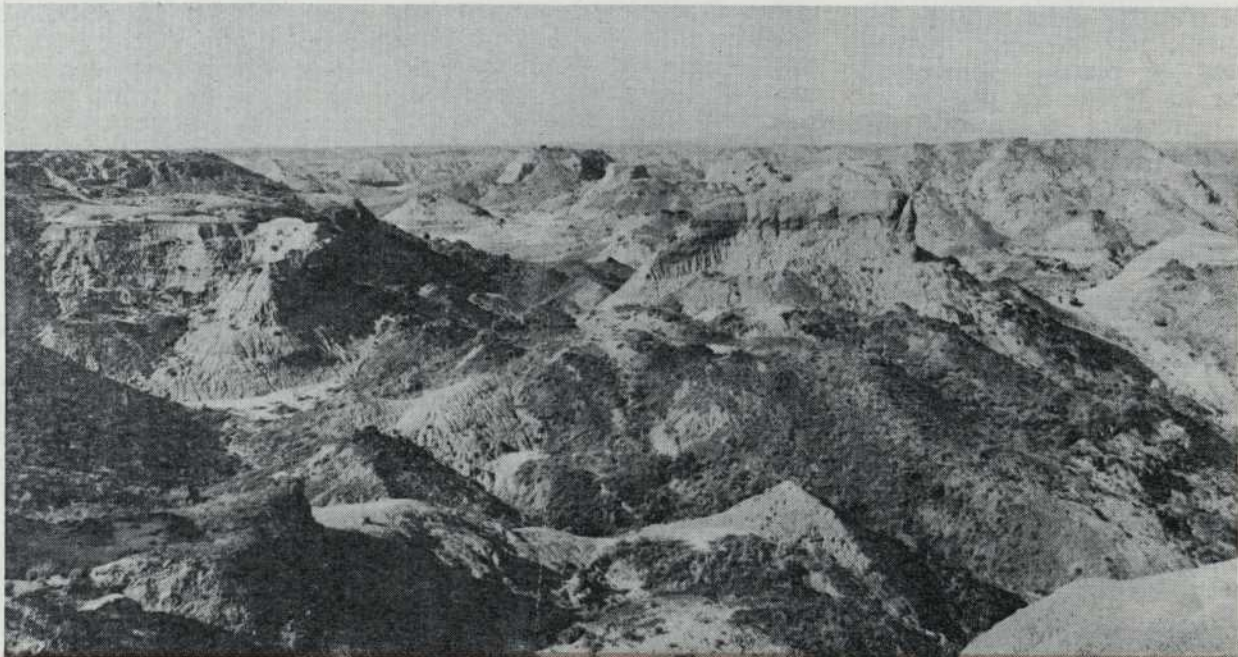
### Une grande mer recouvrait les régions centrales de l'Amérique du Nord

Il y a environ 82 millions d'années, une grande mer subtropicale recouvrait les régions centrales de l'Amérique du Nord depuis l'océan Arctique jusqu'au golfe du Mexique. A l'est de cette mer se trouvait une vaste plaine basse constituée de roches cristallines très anciennes et à l'ouest se trouvait une vaste région de chaînes de montagnes nord-sud, séparées par de profondes vallées. Cette dernière région a constitué pendant longtemps une portion instable de la croûte terrestre et à cette époque elle su-

bissait un processus graduel d'élévation régionale. A mesure que la zone montagneuse s'élevait, elle était attaquée par les éléments et de petites particules de roches désintégrées étaient emportées en grandes quantités par les cours d'eau. Ces sédiments ont formé de grandes plaines et de grands deltas d'inondation le long de la rive occidentale de la mer intérieure. Les plaines marginales ont été inondées à maintes reprises et elles se sont reformées au cours des 19 millions d'années suivantes jusqu'à ce qu'enfin des sédiments remplissent le bassin central et que la mer commence à se retirer vers le nord et vers le sud. Les plus beaux échantillons de la faune dinosaurienne du monde sont conservés dans les plaines d'inondation de l'Alberta et de la Saskatchewan.

### Les principales espèces de dinosaures retrouvées dans l'Ouest canadien

Il y a lieu, maintenant, de décrire les principales espèces de dinosaures que l'on trouve dans les dépôts des plaines d'i-



Sédiments de la plaine d'inondation *judithienne* exposés à l'érosion près de Manyberries en Alberta. C'est dans ce genre de terrain que l'on trouve des restes de dinosaures.



nondation. Les dinosaures autruches (ornithomimidés) étaient des bipèdes légers qui mesuraient jusqu'à 12 pieds de longueur. Ils avaient de petites têtes et n'avaient pas de dents dans les mâchoires. Leurs longs membres antérieurs se terminaient par trois doigts allongés dont l'un s'opposait aux autres.

Les dinosaures carnivores apparentés (tyrannosauridés) étaient également bipèdes mais ils avaient de très grandes têtes et leurs mâchoires étaient garnies de dents coupantes recourbées. Ils mesuraient jusqu'à 40 pieds de longueur et on estime qu'ils pesaient jusqu'à 7 1/2 tonnes lorsqu'ils étaient vivants. Leurs membres antérieurs étaient excessivement petits.

Les cinq espèces qui restent sont des dinosaures phytophages (se nourrissant de plantes), davantage apparentés l'un à l'autre qu'aux dinosaures du type autruche ou carnivores. Il est probable que les espèces les plus primitives (hypsilophodontés) étaient généralement des bipèdes bien adaptés pour la marche sur un sol ferme. Les reptiles avaient à peu près 10 pieds de longueur et ils étaient assez massifs pour leurs dimensions.

Les dinosaures à bec de canard (hadrosauridés) avaient un large bec sans dents, quoique des gencives bien développées se trouvaient dans leurs joues. Les adultes avaient en moyenne 25 pieds de longueur et ils pesaient 4 tonnes. Ces animaux apparemment sans défense passaient une grande partie de leur vie sur les rives des étangs peu profonds. Certains avaient des capuchons ou des crêtes bizarres au sommet de la tête. A l'exception de leurs dimensions plus petites et d'un épaissement particulier de l'os crânien, les dinosaures à tête osseuse (pachycephalosauridés) ont dû quelque peu ressembler aux dinosaures à bec de canard dans leur apparence extérieure. Ils ont peut-être été plus bipèdes que ceux de l'es-

pèce précédente et ils préféraient probablement les emplacements où le sol était sec et ferme.

Les dinosaures carapaçonnés (nodosauridés) étaient des quadrupèdes accroupis que protégeait une carapace flexible de plaques osseuses enchassées dans la peau. Leur queue se terminait par un noeud d'os dense qui servait de massue défensive. Ils atteignaient des longueurs d'environ 15 pieds et ces animaux massifs pesaient jusqu'à 4 tonnes. Les dinosaures à cornes (cératopsiens) étaient également des quadrupèdes mais ils n'avaient pas de carapaces dermiques. Leur tête était très grande par rapport à leur corps et l'arrière du crâne était généralement modifiée pour former un large écran protégeant le cou et les épaules. Les cornes étaient souvent développées au-dessus des yeux, sur le nez et sur le bord arrière de l'écran du cou. Les dinosaures à cornes ayant atteint l'âge adulte mesuraient de 6 à 20 pieds de longueur et pesaient jusqu'à 9 tonnes.

Les dinosaures de la plaine d'inondation « aquilane » (*Aquilan*) qui est la plus ancienne ne sont pas encore complètement connus. Cependant, des dents et des ossements appartenant à des spécimens de tou-

tes les espèces majeures de dinosaures (à l'exception des hypsilophodontés) ont été découverts et il y a lieu de croire que des formes assez curieuses peuvent être reconstituées. La plaine d'inondation aquilane a été submergée il y a environ 80 millions d'années.

Moins de 4 millions d'années plus tard, une autre plaine d'inondation, la « judithienne » (*Judithian*) a été constituée dans les lointaines régions occidentales de la mer intérieure. Ces sédiments ont été récemment très exposés à l'érosion et c'est pourquoi tant d'ossements de dinosaures d'espèces si différentes y ont été recueillis.

L'une des caractéristiques les plus remarquables de cette faune est la variété des dimensions et des formes des cornes des dinosaures cornus. Cette variété est si grande que très peu de spécimens sont comparables quant au développement des cornes. Il en est un peu de même des têtes capuchonnées de certains dinosaures à bec de canard. Les seuls restes de dinosaures à tête osseuse sont des dômes crâniens qui ont dû être facilement déplacés par les eaux courantes. Dans l'ensemble, il y avait une abondance de dinosaures à bec de canard et à capuchons, très peu de l'es-

Modèle de l'habitat des *Gorgosaurus* et des *Chasmosaurus*, dinosaures « judithiens », au Musée National du Canada, à Ottawa.





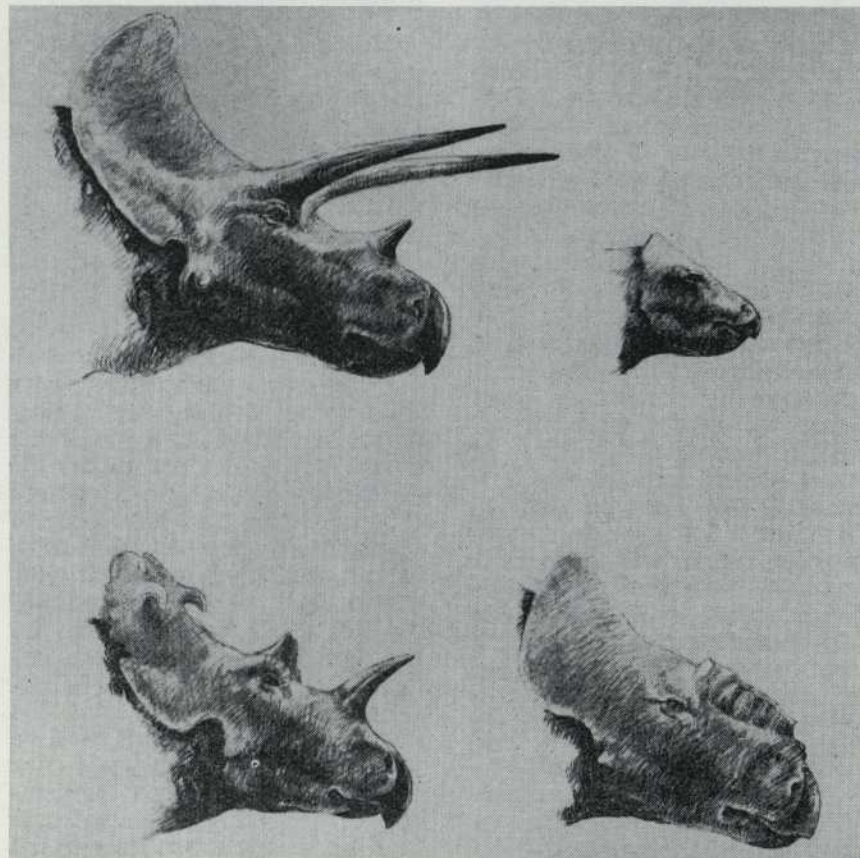
pèce à tête plate et à crête et une quantité modérée de chacune des autres grandes espèces de dinosaures.

Il y a environ 68 millions d'années, le grand delta « edmontonien » (*Edmontonian*),

ainsi appelé parce qu'il est très développé près de la ville d'Edmonton, a commencé à se former dans la région qui constitue actuellement le centre de l'Alberta. A mesure que la mer se retirait de grands marécages d'eau saumâtre se dé-

veloppaient derrière le cordon littoral. La plupart des espèces de dinosaures semblent avoir préféré soit le sol ouvert et ferme, soit les lacs d'eau douce et les cours d'eau, mais les dinosaures à bec de canard et à tête plate abondaient dans les marécages saumâtres. Les marécages ont été graduellement remblayés et ils ont été reformés à l'est par la décharge de sédiments en provenance des montagnes occidentales. Derrière eux se trouvait une basse plaine deltaïque parsemée de lacs et de cours d'eau et un environnement semblable à celui de la plaine d'inondation judithienne. La faune dinosaurienne était essentiellement la même quoique différents types de dinosaures cornus aient remplacé les anciennes formes et les membres des autres espèces étaient généralement plus grands et plus évolués que ceux de leurs ancêtres judithiens.

Le delta edmontonien a été brièvement inondé il y a environ 66 millions d'années mais le bassin de la mer peu profonde avait été tellement bien rempli de sédiments qu'une nouvelle plaine d'inondation très étendue et dite « lancienne » (*Lancian*) s'est rapidement développée sur la quasi totalité de l'an-



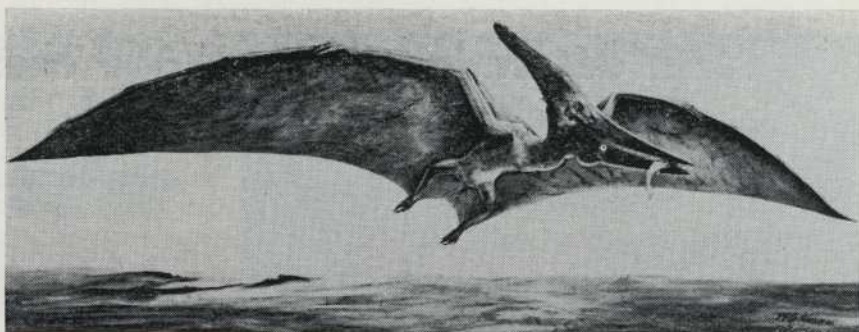
Reconstitution de quatre têtes de dinosaures cornus : en haut, à gauche, le *Triceratops* (« lancien ») ; en haut à droite, le *Leptoceratops* (« lancien ») ; en bas à gauche, le *Centrosaurus* (« judithien ») ; en bas à droite, le *Pachyrhinosaurus* (« edmontonien »).



Crâne de dinosaure cornu, le *Centrosaurus*, extrait de sédiments « judithiens ». Le *Centrosaurus* était un familier de la plaine d'inondation « judithienne ». On peut comparer ce crâne à la reconstitution montrée sur la photographie ci-haut.



cienne étendue de la mer dans le sud du Canada. La faune dinosaurienne était dominée par un grand nombre de *Triceratops*, dinosaures cornus gigantesques qui sont peut-être venus des plaines orientales de l'Amérique du Nord en passant dans une région remplie de sédiments de la vieille voie maritime intérieure. Ces dépôts ne nous ont donné aucun squelette de dinosaures à bec de canard et à capuchon ou à crête, mais des spécimens à tête plate ont été trouvés en bonne quantité. Des spécimens d'autres espèces de dinosaures y ont également été trouvés. En général, les dinosaures lancians étaient plus grands et apparemment mieux adaptés à leur habitat que leurs prédécesseurs des plaines d'inondation plus anciennes. Cependant, ils ont complètement disparu de la surface de la terre et de la mer, ainsi que de nombreuses autres formes de vie, il y a 63 millions d'années.

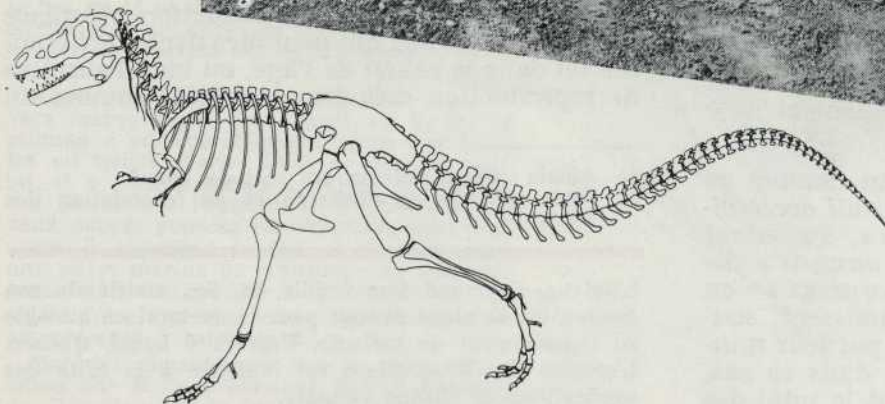
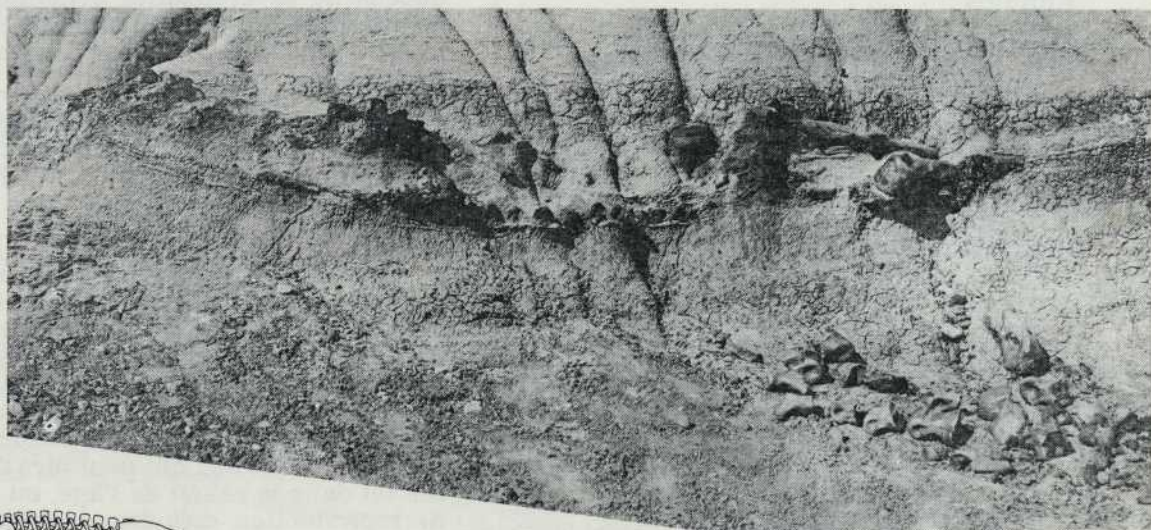


Des restes de *Pteranodon*, reptile planeur apparenté de loin aux dinosaures, ont été trouvés en abondance dans des sédiments marins à l'est du delta aquilan aux Etats-Unis, mais on n'en a pas encore trouvé au Canada. L'envergure de leurs ailes allait jusqu'à 22 pieds et il est évident qu'ils se nourrissaient de poissons et passaient une grande partie de leur temps au-dessus de la pleine mer.

### Disparition encore inexplicée

Pourquoi les dinosaures ont-ils disparu? On n'a jamais répondu de façon satisfaisante à cette question déconcertante. Une multitude de théories plausibles, dont certaines suggèrent une multiplicité de facteurs en interaction, ont été mises de l'a-

vant pour expliquer cette disparition. Toutes ces théories ont suggéré des causes qui ne laisseraient guère de traces de nature fossile et que l'on ne peut pas évaluer à l'heure actuelle par suite de la pénurie des données disponibles. Nous ignorons ce qui a provoqué la disparition des dinosaures.



Squelette d'un dinosaure carnivore, le *Gorgosaurus*, extrait de sédiments « judithiens ». Un pied arrière est mis au jour et on peut voir, à sa gauche, les extrémités brisées de certaines côtes. A gauche de la photographie on peut voir le schéma du squelette d'un dinosaure carnivore typique.



# La détermination de l'âge chez les animaux

2e article

par Germaine et Raymond Van COILLIE

## C. Problèmes relatifs aux déterminations d'âge chez les poissons

### 1. Validité de la détermination d'âge à partir des « annuli » des écailles

a) Conditions de validité : pour que l'âge d'un poisson osseux puisse être valablement déterminé à partir du total des annuli présents sur ses écailles non spécialisées, celles-ci doivent remplir quatre conditions. Il faut, en effet, que les écailles :

- montrent un dessin net des annuli ;
- aient, chaque année à la même époque, une diminution ou arrêt de croissance assez longs pour se traduire par un seul annulus ;
- subsistent, avec leur dessin annelé complet, durant la vie entière du poisson ;
- s'accroissent suffisamment entre les annuli afin de déceler aisément ces derniers les uns des autres.

b) Limitations de validité : ces quatre conditions imposent quelques limitations pour valider les résultats de la lecture de l'âge à partir des annuli des écailles. Analysons, successivement et brièvement, chacune de ces limitations.

— Le choix des écailles afin de lire l'âge d'un poisson convient pour autant que les annuli y soient nets. Les écailles d'aiglefin (voir photo 5a), par exemple, donnent plus de 80 % d'identité de lecture de l'âge entre plusieurs lecteurs et sont donc intéressantes pour la détermination de l'âge. Ce n'est pas le cas pour le germon dont on arrive à lire seulement 43 % des écailles.

— Il peut arriver qu'un certain nombre de « faux annuli », appelés aussi « annuli accessoires » ou « annuli supplémentaires », s'ajoutent sur les écailles entre les « annuli annuels » dénommés également « annuli normaux » ou « vrais annuli ». Ceux-là se reconnaissent, souvent mais pas toujours, de ceux-ci par leur minceur ou leur pourtour incomplet; dans ce cas, l'âge exact s'obtient en soustrayant le total des

faux annuli du total de tous les annuli. Lorsqu'on ne peut distinguer les faux annuli des vrais, la lecture de l'âge devient impossible.

Les « annuli accidentels » forment la catégorie la plus fréquente dans les faux annuli. Parmi les causes de formation de ces annuli, citons une maladie, un brutal changement de milieu, etc. Les annuli accidentels se retrouvent notamment sur les écailles de la perche, du menhaden (voir photos 6, 8, 9 et 10), etc.

L'« annulus post-natal » est également un faux annulus. Son apparition a lieu lorsque l'alevin<sup>1</sup> s'adapte à son nouveau milieu de vie aux dépens de sa croissance générale et écailleuse. La présence d'un annulus post-natal sur l'écaille est signalée pour l'aloise, l'aiglefin (voir photo 5a), etc.

— L'« annulus de reproduction », formé lors d'un frai<sup>2</sup> (d'où le synonyme « annulus de frai »), se combine avec l'annulus annuel chez la majorité des poissons et ne peut donc fausser le calcul de l'âge à partir des annuli.

Toutefois, l'annulus de reproduction apparaît nettement distinct de l'annulus annuel sur les écailles du brochet, du saumon (voir photos 5c et 7) et de quelques autres espèces; son aspect est généralement plus sombre ou plus découpé. Dans ces conditions, deux possibilités s'offrent : l'annulus de reproduction remplace un annulus annuel qui peut être dénombré comme tel dans le calcul de l'âge, ou bien l'annulus de reproduction doit être considéré comme un

1. Alevin : jeune poisson qui sort de l'oeuf.
2. Frai : période de décharge et de fécondation des oeufs.

L'auteur, Raymond Van Coillie, M. Sc., assisté de son épouse, est en stage d'étude pour le doctorat en biologie au Département de biologie, Université Laval, Québec. L'origine des illustrations est indiquée à la suite des explications de chaque vignette.



annulus supplémentaire et décompté du total de tous les annuli.

— Si un ou plusieurs annuli font défaut dans la sculpture de l'écaïlle, on effectue des calculs d'un âge inférieur à l'âge réel. Pour éviter cette erreur, il faut vérifier si l'une des quatre éventualités décrites ci-après n'est pas présente.

Le premier annulus se révèle si faiblement, surtout chez les poissons âgés, qu'il en devient presque imperceptible pour certaines espèces comme la limande, la perche, etc.

Si les écaïlles apparaissent après l'âge d'un an (4 ans pour l'anguille), on doit ajouter au moins un « annulus imaginaire » (4 pour l'anguille) à la somme des annuli pour déterminer l'âge exact.

Au cas où les éléments du milieu érodent le bord des écaïlles, des annuli périphériques peuvent plus ou moins complètement s'effacer; on parle d'« annuli érodés » (voir photos 8 et 10).

Un poisson qui perd des écaïlles à la suite d'un combat ou d'un accident régénère rapidement des nouvelles écaïlles de remplacement. Les écaïlles régénérées montrent cependant un âge plus jeune que l'âge réel lu sur les anciennes écaïlles du fait qu'elles possèdent seulement les annuli formés après leur apparition. Néanmoins, les écaïlles régénérées se distinguent heureusement assez facilement des écaïlles normales par leur « focus »<sup>3</sup> plus large et peuvent ainsi être éliminées pour la lecture de l'âge.

3. « Focus » ou foyer : région centrale de l'écaïlle où l'on ne trouve aucun circulus car c'est à partir d'elle que les circuli se superposent concentriquement pour agrandir l'écaïlle.

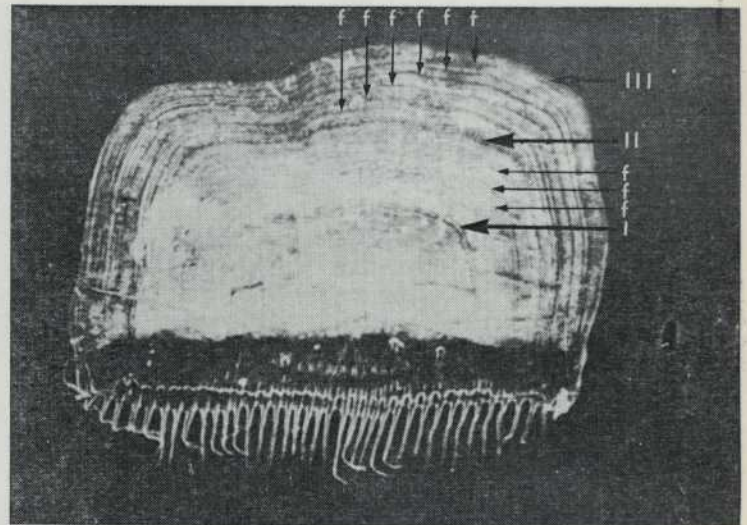
**Photo 7. Annulus de reproduction.**

L'annulus de reproduction, indiqué « R » sur la photo, se distingue très facilement sur cette écaïlle de saumon, *Salmo salar* L.: il est caractérisé par une très nette coupure dans la succession des circuli. Remarquons aussi que c'est le seul annulus présent dans le champ postérieur de l'écaïlle, situé dans le bas de la photo. De plus, la direction des circuli apparus après sa formation vient recouper la direction des circuli apparus avant sa formation.

Après avoir passé en eaux douces trois hivers marqués par des annuli (1, 2, 3), ce saumon a considérablement accru ses écaïlles en milieu marin. Dans ce dernier habitat, il a ensuite connu un hiver inscrit sur son écaïlle par l'annulus 1 M. Retourné en eaux douces pour sa reproduction, dont l'annulus R témoigne le fait, il recommençait une phase marine de croissance au cours de laquelle il fut capturé à Tadoussac.

Un autre cas d'annulus de reproduction est présenté à la photo 5c.

Matériel aimablement mis à notre disposition par M. le professeur Robert Lagueur du Département de biologie, Université Laval, Québec.

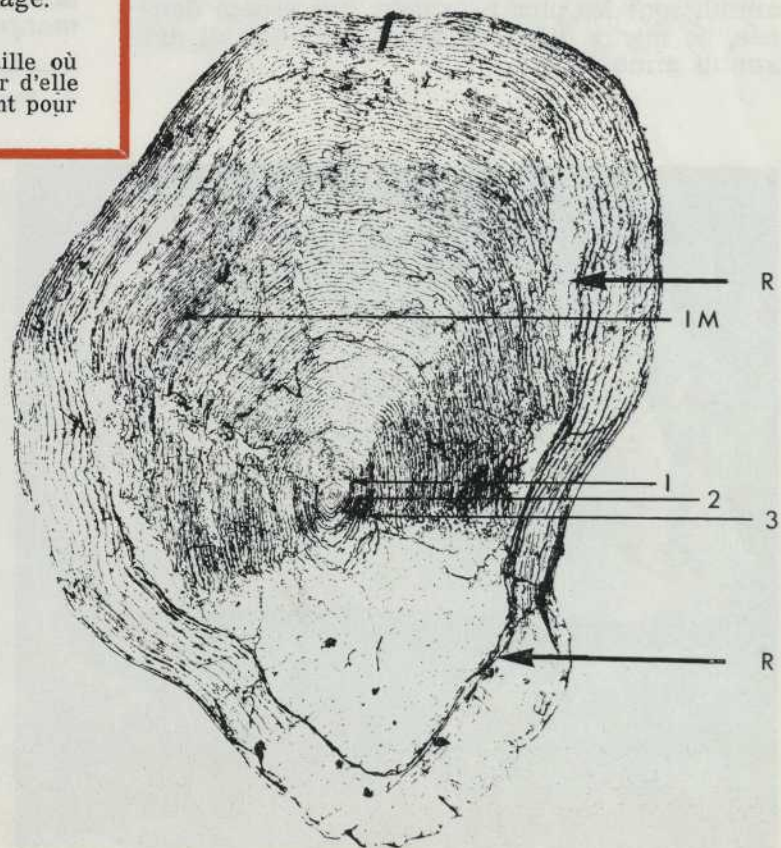


**Photo 6. Faux annuli des écaïlles.**

Cette écaïlle de mendahen (Alose tyran) présente trois annuli annuels (I, II, III) et plusieurs faux annuli (f) plus minces ou moins prononcés que les trois premiers.

D'autres exemples de faux annuli sont décrits aux photos 8, 9 et 10.

Figure extraite de *Determining Age of the Atlantic Mendahen from their Scales*, par F. C. June et C. M. Roitmayr, 1960, dans *Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S. Washington*, 60, no 171, 323-342; p. 328, fig. 10.





— Avec le vieillissement du poisson, les *annuli* des écailles *se resserrent* et deviennent moins discernables les uns des autres (voir photo 9). La détermination de l'âge à partir des *annuli* se complique donc chez les vieux poissons, même si, avec le temps, les *annuli* deviennent plus foncés et ainsi plus faciles à distinguer.

— Lorsque le dessin de l'écaille ne permet qu'un dénombrement vague et discutable des *annuli*, le recours aux structures otolithes ou osseuses s'avère indispensable pour déterminer l'âge d'un poisson osseux.

Cependant, ces dernières structures présentent également des faux *annuli*, des *annuli* de reproduction, des *annuli* érodés et un resserrement des *annuli* avec l'âge.

Parfois, chez le même poisson, les *annuli* sont présents sur certaines *structures ostéoïdes* (englobons dorénavant dans ce mot les écailles, les os et les otolithes) et absents sur d'autres supposées en avoir. Par exemple, on décrit pour les opercules des tilapias du lac Nyassa (Afrique méridionale) des *annuli* qu'on ne remarque pas sur les écailles de ces poissons.

Un bon nombre d'auteurs comparent les résultats de la lecture de l'âge sur une structure ostéoïde d'un poisson osseux par rapport à ceux trouvés à partir d'une autre structure ostéoïde du même poisson. Cette étude comparative permet de savoir sur quelle structure ostéoïde les *annuli* sont les plus nets pour une espèce donnée, de mieux différencier les faux *annuli* des *annuli* annuels, etc.

N.B. — Des données sur le *curriculum vitae*<sup>4</sup> d'un poisson peuvent être acquises par l'observation des *annuli* sur les structures ostéoïdes de ce poisson. Outre l'âge du poisson, on arrive à connaître, pour certaines espèces, le nombre de reproductions effectuées d'après le nombre d'*annuli* de reproduction, des indices de difficultés rencontrées selon la présence et le nombre de faux *annuli*, etc. (Voir photos 5c et 10).

c) **Preuves de validité** : avant de conclure que le nombre d'*annuli* annuels égale bien le nombre d'années de vie du poisson, il faut être sûr qu'un seul *annulus* annuel se forme par an. La preuve de cette formation annuelle peut s'acquérir de trois façons.

— On « *marque* » une série de poissons à l'aide d'étiquettes tout en lisant leur âge dit « *initial* » à partir des écailles avant de les relâcher dans leur milieu de vie. Plusieurs années après cette opération, quelques poissons marqués sont repris ici et là et leur âge dit « *final* » est déterminé. La détermination de l'âge à partir des *annuli* des écailles reçoit une confirmation de sa validité, pour l'espèce étudiée vivant dans le milieu utilisé, si le total des *annuli* annuels formés entre les âges initial et final correspond au nombre d'années écoulées entre le marquage et la reprise.

La technique du marquage a cependant deux inconvénients. L'inscription de la marque occasionne des blessures entraînant éventuellement la formation d'un « *annulus supplémentaire de marque* » et parfois même la mort. De plus, la

4. Curriculum vitae : description du passé d'un individu.

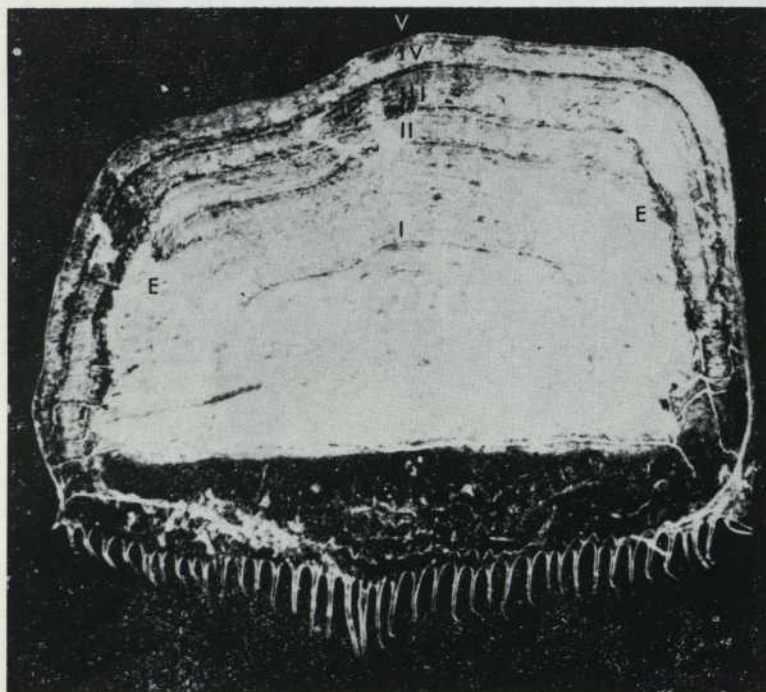


Photo 8. Annulus érodé.

Sur cette écaille de mendahen, (Alose tyran), on remarque que les tracés gauche et droite de l'*annulus* II ont disparu par suite d'une usure ou érosion latérale (E) de l'écaille. Ce phénomène ne permet donc pas de considérer cet *annulus* II comme un « faux *annulus* ».

Signalons qu'en p'us de ses cinq *annuli* annuels (I, II, III, IV, V), cette écaille porte également des faux *annuli* peu discernables qui n'ont pas été légendés sur la photo.

Une érosion d'*annulus* est également montrée à la photo 10.

Figure extraite de *Determining Age of Atlantic Mendahen from their Scales*, par F. C. June et C. M. Roitmayer, 1960, dans Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S. Washington, 60, no 171, 323-342; p. 330, fig. 13.



quantité d'individus à marquer augmente avec l'espace du milieu de vie et la durée désirée pour l'expérience si l'on veut en recueillir par la suite suffisamment. Ceci explique l'aspect long et coûteux de cette technique pour les poissons marins et migrateurs. Malgré ces deux inconvénients, la méthode de marquage s'utilise couramment pour les études de l'âge et des migrations.

— Dans des aquariums où se répètent plus ou moins fidèlement les conditions naturelles, il fut démontré, pour les espèces étudiées, qu'un annulus annuel s'ajoutait chaque année aux écailles.

Indiquons cependant à ce sujet que le transvasement des tilapias de leur milieu naturel dans un aquarium peut provoquer l'apparition d'un « annulus supplémentaire de transvasement » sur les écailles de ces poissons; il en est de même pour d'autres espèces lorsqu'on les change brutalement de milieu de vie (voir photo 10).

**Photo 10.** Le passé d'un poisson inscrit sur ses écailles.

L'histoire de la Truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri* Gibbons, à qui appartenait cette écaille, est connue et peut se « relire » sur cette photo. Établissons un résumé de cette histoire en rapport avec les caractéristiques du dessin de l'écaille.

**Première partie :**

Période d'élevage en étang de pisciculture où l'accroissement des écailles (proportionnel à celui du corps) est lent. Voir texte, C. 2b.

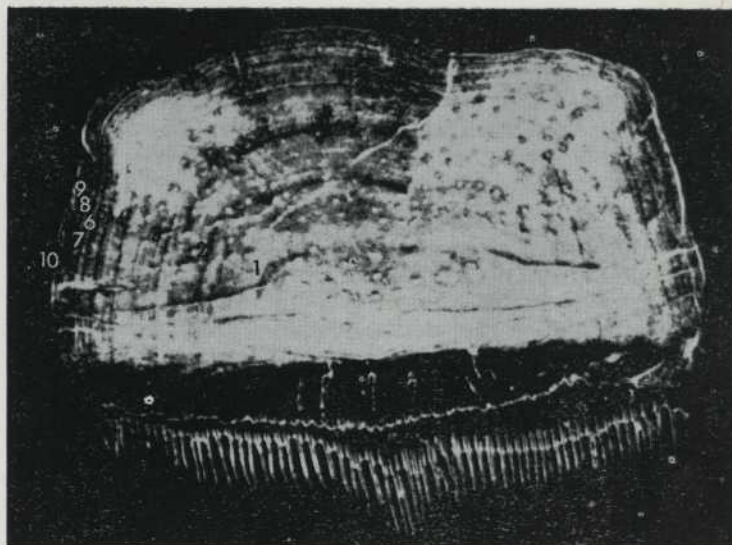
- Ecllosion au printemps de 1958 : Focus F.
- Croissance durant l'été 1958 : e 1.
- Arrêt de croissance durant l'hiver 1958-59 : annulus 1 qui a été érodé.
- Croissance durant l'été 1959 : e 2.
- Arrêt de croissance durant l'hiver 1959-60; annulus 2.
- Croissance durant le printemps 1960 : p 3.

**Seconde partie :**

Vie dans un lac, très favorable aux agrandissements du corps et des écailles.

- Transvasement, en juin 1960, de l'étang de pisciculture au lac; annulus supplémentaire de transvasement : t (cf texte C. 1c).
- Période d'adaptation du poisson à son nouveau milieu durant laquelle la croissance est lente : A.
- Croissance durant la fin de l'été 1960 : E I.
- Arrêt de croissance durant l'hiver 1960-61 : annulus I.
- Croissance durant l'été 1961 : E II.
- Arrêt de croissance durant l'hiver 1961-62 : annulus II.
- Croissance durant l'été 1962 : E III.
- Arrêt de croissance durant l'hiver 1962-63 : annulus III.
- Croissance durant l'été 1963, au moment de la capture : E IV.

Matériel aimablement mis à notre disposition par M. le professeur Robert Lagueux du Département de biologie, Université Laval, Québec.

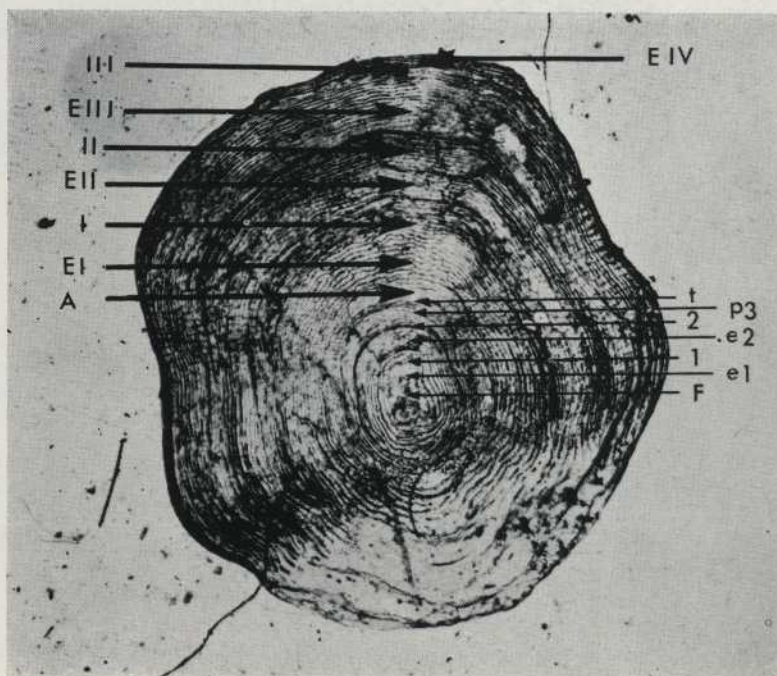


**Photo 9.** Resserrement des annuli avec l'âge.

Les cinq premiers annuli annuels (1, 2, 3, 4, 5) de cette écaille de mendahen (*Alose tyran*) sont facilement reconnaissables les uns des autres du fait que les zones claires de croissance intercalées entre eux sont larges. Ce n'est pas le cas pour les cinq derniers annuli annuels (6, 7, 8, 9, 10) de plus en plus resserrés au point de presque confondre le 9e et 10e annulus normal.

Quelques faux annuli, peu révélés sur cette photo et non légendés, se situent entre les premiers annuli annuels de cette écaille.

Figure extraite de *Determining Age of the Atlantic Mendahen from their Scales*, par F.C. June et C.M. Roit-mayer, 1960, dans *Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U. S. Washington*, 60, no 171, 323-342; p. 328, fig. 9.





— A partir d'observations régulières faites pendant plusieurs années, on précise la période à laquelle s'inscrit l'annulus annuel sur le bord des écailles ou des autres structures ostéoïdes; de cette façon, on prouve également qu'il ne se forme qu'un annulus annuel par an pour la plupart des poissons.

Notons néanmoins que cette méthode a aussi démontré que, dans les eaux où les différences de climat ne sont pas trop fortes, les annuli annuels peuvent, lors de certaines années, ne pas apparaître aux périphéries des structures ostéoïdes de quelques espèces.

Malgré cette dernière restriction, la conclusion suivante semble établie : chaque année vers la même époque, une importante diminution de la croissance des structures ostéoïdes a lieu et provoque l'apparition d'un annulus annuel sur celles-ci. Cette répétition annuelle base la validité des déterminations d'âge à l'aide des vrais annuli; de plus, elle suggère une concordance physiologique entre les diverses croissances des structures ostéoïdes chez les poissons osseux.

## 2. Concordance entre les croissances des écailles, des structures ostéoïdes et du corps

Lorsque le corps du poisson osseux s'agrandit, les écailles qui le recouvrent et les pièces ostéoïdes du squelette qui le supporte grandissent avec lui.

a) **Concordance temporelle** : beaucoup de biologistes ont décrit une large *simultanéité* entre les pé-

riodes de croissance du corps, celles des écailles et celles des autres structures ostéoïdes chez les poissons osseux. Similairement, l'apparition d'un annulus à la périphérie des écailles et des structures ostéoïdes a lieu alors que le corps connaît un arrêt ou un ralentissement prolongé de son accroissement.

Cette concordance dans le temps entre ces rythmes de croissance n'est toutefois pas rigoureuse et peut montrer des « *déphasages* ». Nous avons remarqué, par exemple, que les écailles continuaient à s'allonger chez les tilapias, dont la taille demeurée stationnaire depuis un mois, peut-être afin de mieux recouvrir le corps et afin de pourvoir à leur usure pendant l'arrêt de croissance qui s'annonçait. Des récentes recherches tendent également à prouver que l'annulus se formerait, selon les cas, dans certaines structures ostéoïdes bien avant d'autres lors d'un frein de l'accroissement général.

b) **Concordance spatiale** : il existe une « *n* » *proportionnalité* entre l'agrandissement des écailles, celui des autres structures ostéoïdes et celui du corps pour les poissons osseux.

Cette proportionnalité permet des « *back calculations* », c'est-à-dire des calculs à rebours de la longueur ( $L_i$ ) du poisson à l'âge  $i$  à partir de sa longueur actuelle ( $L$ ) et des rayons de la structure ostéoïde envisagée au stade actuel ( $d$ ) et à l'âge  $i$  ( $d_i$ ). Tout ceci peut s'exprimer en termes mathématiques par l'équation suivante :

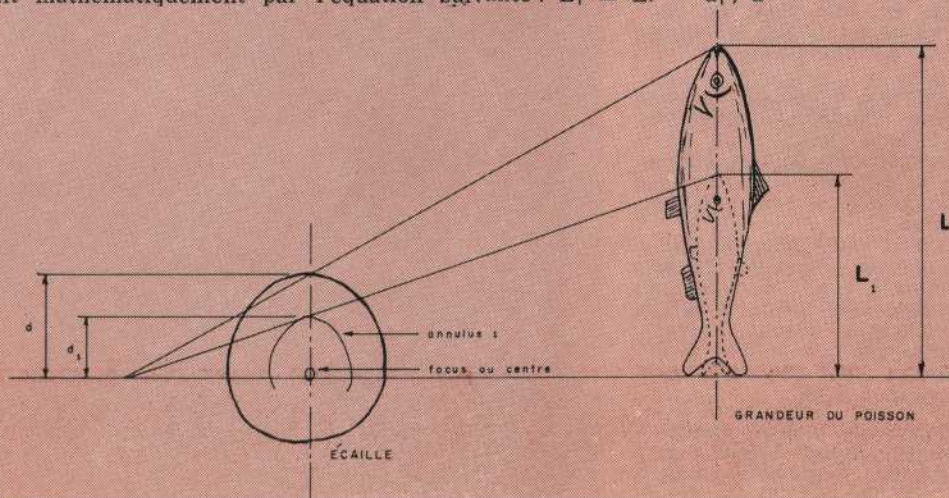
$$L_i = L \cdot d_i / d \quad (1) \text{ (voir graphique 3)}$$

Cette formulation doit être, dans la majorité des cas, précisée pour les écailles en y introduisant la longueur ( $C$ ) du poisson au moment où

**Graphique 3.** Calculs à rebours (*back calculations*).

Mesurons la longueur «  $L$  » d'un poisson, le rayon «  $d$  » d'une de ses écailles par rapport au foyer (focus) de cette écaille et le rayon «  $d_i$  » de l'écaille entre son annulus 1 et le foyer.

Comment connaître la longueur  $L_i$  du poisson au moment où se formait l'annulus 1 ? On obtiendra la réponse grâce à la projection établie ci-dessous en fonction de la proportionnalité entre les croissances du corps et des écailles. Cette projection se traduit mathématiquement par l'équation suivante :  $L_i = L \cdot d_i / d$

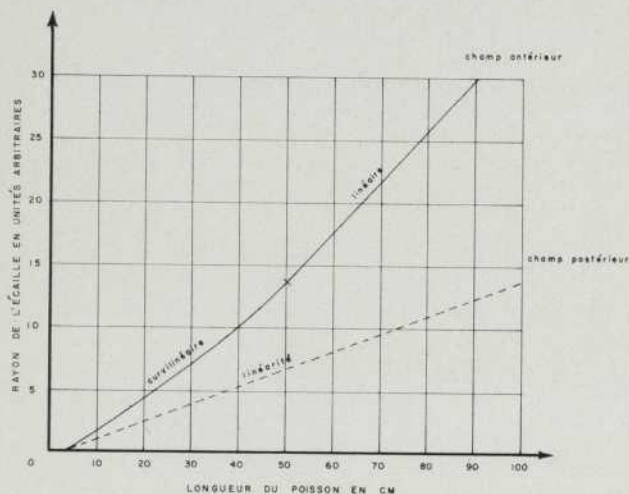




les écailles utilisées pour les mesures sont apparues sur le poisson. Cette correction entraîne une équation plus fidèle :

$$L_i = (L - C) \cdot d_i / (d + C) \quad (2)$$

Lorsqu'un champ d'une structure ostéoïde, notamment le champ antérieur de l'écaille (voir photos 5a, 5b, 5c, 6, 7, 8, 9, 10), s'accroît plus que les autres champs de la même structure, les *back*



**Graphique 4.** Proportionnalité entre les croissances de l'écaille et du corps.

Chez le brochet, la croissance du champ postérieur de l'écaille est linéairement proportionnelle à celle du corps, à en juger par la relation rectiligne entre ces deux croissances.

Par contre, l'accroissement du champ antérieur de l'écaille, plus prononcé que celui du champ postérieur, a une proportionnalité curvilinéaire avec celui du corps; toutefois, cette relation curviligne devient linéaire avec l'agrandissement du poisson lors de son vieillissement.

Dessin d'après « The Determination of the Age and Growth of pike *Esox lucius* L. from Scales and opercular Bones », par W. E. Frost et C. Kipling, 1959, dans J. Cons. perm. int. Expl. Mer, Copenhague, 24, 314-341; p. 326, fig. 5a.

*calculations* diffèrent d'après les champs. En effet, la croissance de certains champs de la structure envisagée est *linéairement proportionnelle* à celle du corps tandis que celle des autres champs est *curvilinéairement proportionnelle* à celle du corps (voir graphique 4). La proportionnalité rectiligne obéit aux équations (1) et (2) alors que la proportionnalité curviligne est gérée par l'équation (3) ci-dessous:

$$L_i = c \cdot d_i^n \quad (3) \quad (c \text{ et } n \text{ varient avec les espèces})$$

Parfois, certaines régions du corps et leurs structures ostéoïdes s'accroissent plus que d'autres, ce qui cause des variations dans les résultats des « *back calculations* » pour le même poisson.

De plus, il semble que les proportionnalités curvilinéaires entre l'agrandissement de l'organisme et celui de ses structures ostéoïdes tendent à devenir linéaires avec l'avance de l'âge (voir graphique 4).

Les croissances générales, écailleuses, et ostéoïdes paraissent donc assez concordantes, dans le temps par leur périodicité annuelle concomitante et dans l'espace par leur proportionnalité, chez les poissons osseux et probablement chez les autres vivants présentant des périodicités analogues d'accroissement. Cette concordance entre ces croissances suggère qu'elles obéissent aux mêmes causes physiologiques dont l'étude fera l'objet de la dernière partie de cet article.

## Références

Concernant le paragraphe C :

BERTIN, L., 1958. *Les écailles et sclérifications dermiques* dans *Traité de Zoologie*, publié sous la direction de P. P. Grassé, Masson, Paris. Tome XIII, fasc. 1 : 482-504.

ROUNSEFELL, G. A., & EVERHAERT, W. H., 1953. *Fishery Science : its Methods and Applications*. John Wiley, N.Y. Chap. 16 à 19 : 265-317.

LE JEUNE SCIENTIFIQUE, dans son numéro de janvier prochain, consacrera quatre pages pour la publication originale de l'*Annuaire-graphique* 1968 préparé par *La Société d'Astronomie de Québec*.

Comme la plupart de nos lecteurs le savent déjà, cet annuaire condensé donne pour chaque jour de l'année l'heure locale du lever, du passage au méridien et du coucher des divers corps célestes visibles sous nos latitudes. Il présente également des renseignements sur les éclipses, les occultations et les principaux événements astronomiques de l'année.



## *Tous les étudiants*

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

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

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

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

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

### *Nouvelle adresse:*

*depuis le 1er août dernier, le bureau des abonnements  
(Montréal) est déménagé à Joliette; toutes les commandes  
et la correspondance des abonnements doivent être adressées:*

*LE JEUNE SCIENTIFIQUE, case postale 391,  
JOLIETTE, P.Q.*