

PER

J-69

BNQ



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 6
NUMÉRO 2
NOVEMBRE 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

Jean-A. Baudot
Léo Brassard
Roger H. Martel
Gaston Moisan
Roland Prévost
Marcel Sicotte

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 2

novembre 1967

S O M M A I R E

- 25 Construire toujours plus petit
- 29 La détermination de l'âge chez les animaux
- 36 La conservation des aliments par l'irradiation
- 41 La physique des hautes pressions
- 43 Glace VIII et glace IX
- 44 Les satellites de navigation

Recherches à l'Île-au-Sable, en Nouvelle-Écosse
(p. 3 de la couverture)

Photo-couverture : l'enseignement des mathématiques tend aujourd'hui à se modifier; dans certaines classes, les enfants apprennent à compter sur une autre base que celle du traditionnel système décimal. Ici, à l'École Alsacienne, application de la méthode basée sur la notion d'ensemble. Les exercices permettent aux élèves de passer de la connaissance d'objets familiers à l'idée abstraite du nombre. (Photo Dominique Roger, gracieuseté de l'UNESCO, Paris).

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.

La « microminiaturisation » fait avancer rapidement les techniques de l'industrie téléphonique

Construire... toujours plus petit

La « microminiaturisation » a vu le jour avec le transistor et nul ne sait où elle s'arrêtera. Elle constitue actuellement l'un des domaines les plus passionnants de la recherche en électronique. Réduite à sa plus simple expression, on pourrait la décrire comme une technique qui aurait pour but de construire toujours plus petit.

Il y a actuellement en électronique un mot quasi magique : la « microminiaturisation », c'est-à-dire en mettre le plus possible dans le moindre volume possible.

Il s'agit là d'une technique en pleine expansion dans un domaine nouveau qui a permis à l'industrie téléphonique des réalisations telles que la commutation électronique et a ouvert des horizons presque illimités aux communications en général.

Au Canada, des travaux importants sont entrepris au laboratoire de recherche et de perfectionnement de la *Northern Electric* à Ottawa et les découvertes qui y sont faites sont mises en pratique au Centre des techniques avancées de l'usine de fabrication électronique toute proche.

Peut-être pensez-vous ne rien connaître de la microminiaturisation, mais si vous avez déjà vu à la télévision « Napoleon Solo » (*The Man from UNCLE*) utiliser son émetteur de poche pour informer son patron que Ilya et lui seront de retour à New York dès qu'ils auront réussi à se frayer un passage à travers le mur de béton de 10 pieds d'épaisseur de leur prison à Dubrovnia, alors vous savez ce que peut vouloir dire la

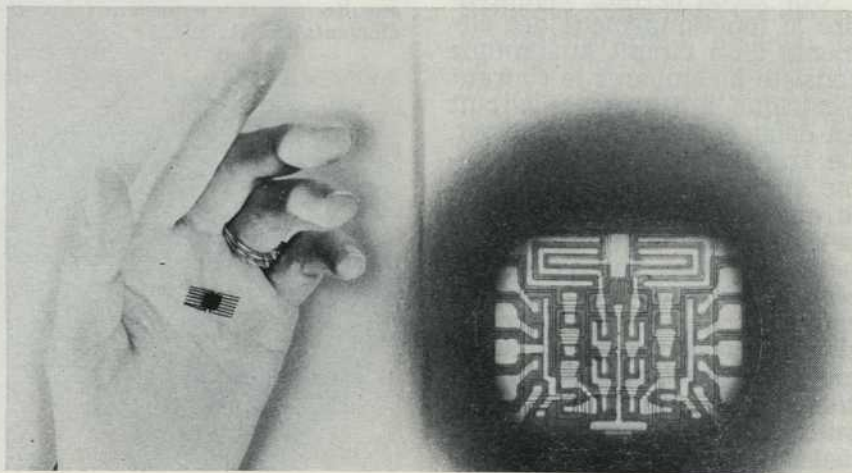
« microminiaturisation ». Sans cette technique il n'y aurait pas d'émetteur de poche possible et le héros de l'émission passerait son temps à chercher les cabines de téléphone public, ce qui ne serait guère passionnant. Ce genre de choses n'est pourtant qu'un sous-produit de cette nouvelle technologie.

L'industrie téléphonique profite de la « microminiaturisation »

Pour l'industrie téléphonique, la microminiaturisation rend possible la fabrication d'équipements très perfectionnés pouvant être utilisés à des fins plus variées, plus rapides, plus économiques et d'un fonctionnement plus sûr.

Un équipement de commutation qui fonctionne comme un ordinateur géant a déjà été mis en service. La mémoire enregistrée du Centre de commutation électronique (CCE) qui fonctionne présentement à Montréal est réalisée à partir d'éléments miniaturisés et les scientifiques des laboratoires travaillent actuellement à la réalisation et aux essais d'un système similaire destiné aux localités plus petites et moins peuplées.

Un circuit miniaturisé dans une main donne une idée de ses dimensions presque microscopiques. A droite, ce même circuit vu à la loupe.



Le « SP 1 » ainsi nommé ne sera pas simplement une réduction du CCE actuellement en service, mais un équipement entièrement nouveau employant de nombreux circuits intégrés.

Les « circuits intégrés » : des éléments formant une seule pièce

Les « circuits intégrés » sont la clé de voûte de tout ceci. Ce sont eux qui, en permettant de grouper tous les éléments d'un circuit sur une parcelle de silicium ou de tout autre matériau semi-conducteur, rendent possible la microminiaturisation.

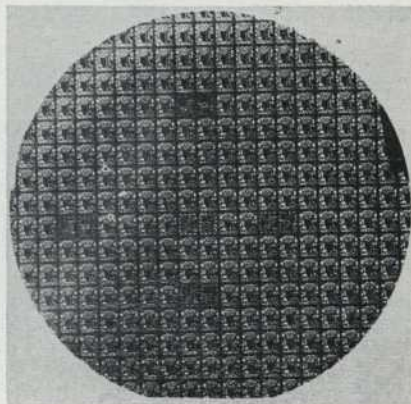
Le premier pas en avant dans ce domaine fut la mise au point du transistor, en 1947, qui devait remplacer les tubes à vide. Le transistor fut perfectionné et amélioré et de multiples dispositifs furent mis au point, tous d'une grande sûreté de fonctionnement. La méthode employée pour *souder les éléments de circuit* était plus ancienne et il advint que les soudures étaient moins sûres que les éléments de circuit. La technologie des circuits s'était développée si rapidement que les éléments pouvaient fonctionner sans défaillance pendant très longtemps. Par contre, les soudures pouvaient se dégrader et se rompre. En fait elles constituaient le maillon le plus faible du circuit.

Une façon de faire comprendre le fonctionnement des éléments d'un circuit au profane consiste à comparer le courant électrique à travers le circuit au débit de l'eau d'un robinet. Le transistor fonctionne comme la clef du robinet; il limite la quantité d'eau qui s'écoule; la diode, quant à elle, détermine la direction du courant; la résistance réduit la quantité de courant tout comme la dimension du tuyau restreint le volume d'eau; le condensateur agit comme un réservoir, il accumule de l'énergie électrique au lieu de l'eau.

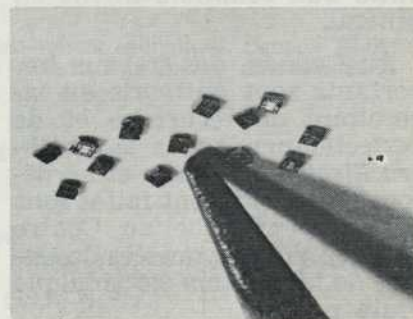


Le circuit initial est fabriqué par couches successives pour former ce que l'on appelle un « cache ». Le cache représenté ici est bien plus grand que le circuit lui-même. Lorsque la technicienne aura terminé son travail, le cache sera réduit par un procédé photographique.

Plus de 200 circuits peuvent être placés sur une lamelle de silicium de la dimension d'une pièce de 50 cents. C'est la première étape de production des circuits — Ils seront ensuite séparés pour en faire des éléments individuels.



Une mine de crayon paraît énorme à côté des circuits miniaturisés. Pourtant, chacun de ces circuits contient tous les éléments d'un circuit électrique ordinaire.



Ces quatre éléments sont à la base de n'importe quel circuit, qu'il fasse partie d'un récepteur de radio ou de télévision, d'un satellite en orbite ou d'une prothèse auditive.

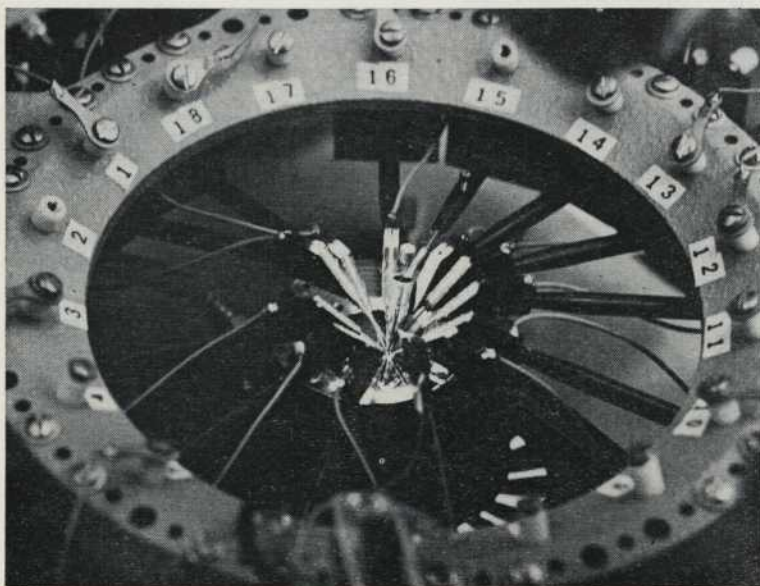
Dans les circuits intégrés, les quatre éléments sont moulés entre deux plaques de silicone, le circuit étant en fait un élément d'une seule pièce ou monolithique de dimensions microscopiques. Le nombre d'éléments du circuit dépend du rôle que le circuit est appelé à remplir.

On peut se faire une idée de la dimension d'un circuit complet si on considère que 200 ou 300 de ces circuits peuvent être placés sur une lamelle de silicone de la dimension d'une pièce de 50 cents. Les chercheurs de la Northern Electric pensent déjà à ce qu'ils nomment « l'intégration sur grande échelle »; il se pourrait qu'à l'avenir des circuits imprimés sur une lamelle de silicone d'un demi-pouce carré puissent assurer la moitié de la commutation d'une centrale. L'intégration sur grande échelle ou IGE est une technique encore plus



Une chaîne de production de l'ère spatiale. Les techniciennes doivent se servir de microscopes pour assembler les circuits miniaturisés. Des machines à souder sont employées pour relier des fils de connection extérieurs.

Un appareil de mesure à sondes multiples est employé pour la vérification des circuits alors qu'ils sont encore solidaires, avant que la lamelle de silicone ne soit découpée.



avancée que l'intégration des circuits car elle exige la réalisation de circuits plus complexes et encore plus petits. Après les circuits à quatre composants et à fonction unique, on parle maintenant de réaliser des circuits qui seraient presque des appareillages autonomes, comportant jusqu'à 200 éléments, considérés comme un perfectionnement logique qui ne peut que révolutionner l'industrie des communications, tant du point de vue coût que des points de vue service et encombrement de l'appareillage.

Tout comme les circuits intégrés réduisent considérablement l'encombrement des appareils (une baie de matériel de commutation remplace cinq des anciennes baies), l'IGE réduira les dimensions de l'équipement de façon étonnante. Les coûts de production de circuits intégrés sont en baisse.

Alors qu'un prix de revient moyen était de \$14 et il y a deux ans, il n'est plus aujourd'hui que de \$4 et on s'attend à ce qu'il ne soit plus bientôt que d'un dollar.

Bien que l'on ne s'attende pas à ce que l'IGE entre dans le domaine des applications courantes avant plusieurs années, des circuits intégrés sont déjà incorporés à de nombreux dispositifs conçus et fabriqués pour la compagnie de téléphone Bell. Par exemple, on a mis au point un dispositif de veille et de contrôle destiné à détecter et à signaler les pannes survenant dans les tours à micro-ondes à fonctionnement automatique. Le premier de ces dispositifs électroniques de veille sera installé sur un tronçon du réseau micro-ondes transcanadien en 1968; ce sera la première utilisation sur une grande échelle de circuits intégrés pour l'exploitation téléphonique au Canada.

Ceci est un bon exemple de la façon dont on peut réduire la puissance d'alimentation électrique. La consommation d'énergie nécessaire au fonctionnement des deux baies du nouveau dispositif est égale à celle requise pour une seule ampoule électrique. D'autres projets en cours permettront d'incorporer des circuits intégrés à l'équipement de transmission pour amplifier les signaux le long des voies de transmission.

Du point de vue de l'abonné — ou de l'utilisateur de l'appareil téléphonique — les circuits intégrés sont un peu comme une bonne fée invisible qui permet à la compagnie d'offrir des services perfectionnés; tels que la commutation électronique avec la grande diversité de services qu'elle rend possible, dans des agglomérations qui, autrement, seraient trop petites pour en supporter le coût.



Une atmosphère strictement contrôlée doit être maintenue durant les 79 étapes de la fabrication des circuits miniaturisés.

Il se pourrait également que les recherches actuellement en cours aux laboratoires d'Ottawa rendent possible une réduction des coûts des appareils, des téléphones « Touch-Tone » en particulier. Le Vidéophone pourrait également devenir un appareil domestique commun si les circuits intégrés permettent d'utiliser des écrans plus petits que ceux qui sont actuellement nécessaires.

L'assemblage de ces circuits incombe au personnel du Centre des techniques avancées de la Northern qui travaille dans un immeuble de deux étages ayant plutôt l'air d'une université que d'une usine. Mais ne vous y trompez pas. A l'intérieur du Centre, le personnel affecté à la production travaille dans une atmosphère stric-

tement contrôlée à assembler les minuscules circuits sous des microscopes, les éléments étant trop petits pour être visibles à l'œil nu.

La température, l'humidité et la propreté sont toutes sévèrement contrôlées et il n'y a pas de marge d'erreur. Le mauvais fonctionnement d'un minuscule circuit pourrait être désastreux si l'équipement auquel il est destiné faisait partie, par exemple, d'un dispositif d'exploration spatiale.

Des vérifications ont lieu à plusieurs stades de la fabrication qui comporte 79 étapes, depuis la culture du cristal jusqu'à l'achèvement du circuit définitif, afin que nulle erreur ne passe inaperçue.

Une conversation avec le personnel du Centre ressemble à un voyage dans l'avenir. Vous entendez parler des possibilités d'utiliser une centrale téléphonique comme une sorte d'ordinateur personnel, chaque abonné utilisant l'équipement à sa guise pour faire à peu près n'importe quoi; des opérations bancaires au menu quotidien en passant par la vérification des cotes de la bourse. Cela vous semble fantastique? Peut-être bien, mais on pensait la même chose des téléphones à clavier il y a de cela seulement quelques années.

Article reproduit du *Journal Bell*, vol. 4, no 23, semaine du 3 juillet 1967, avec la bienveillante autorisation de la Compagnie de Téléphone Bell du Canada, Montréal, qui nous a également fourni les originaux des illustrations.

Les photographies des pages 25, 26 et 27 (en haut) sont des Laboratoires de la Northern Electric, Ottawa; celles des pp. 27 (en bas) et 28, sont de la Compagnie de Téléphone Bell du Canada.

Pour étudier une population d'animaux, le biologiste doit pouvoir établir l'âge des individus.

Quels sont les caractères qui permettent d'évaluer puis de déterminer précisément l'histoire chronologique d'un animal?

La détermination de l'âge chez les animaux

1er article

par Germaine et Raymond Van COILLIE

La connaissance de l'âge d'un ou des individus s'avère nécessaire pour placer dans le cours d'une vie des faits physiologiques notamment la première maturité sexuelle et différents stades importants de la croissance, pour étudier l'évolution d'un caractère ou d'une propriété au long d'une vie, pour calculer des longévités de vie, pour établir la dispersion des âges au sein d'une population biologique donnée en vue de programmer les pêches et les chasses.

A partir d'un grand nombre de caractéristiques ou phénomènes qui varient avec l'augmentation de l'âge, on peut *estimer* l'âge d'un animal. Une *détermination* plus précise de l'âge, possible pour quelques catégories d'animaux, est liée aux manifestations morphologiques de certains rythmes physiologiques annuels.

Cet article analysera d'abord sommairement quelques types d'estimations d'âge et développera ensuite les déterminations d'âge fréquemment employées.

A. Aperçu général des estimations d'âge

L'âge d'un animal peut s'évaluer d'après un ou plusieurs des caractères brièvement décrits ci-dessous; ceux-ci évoluent quantitativement ou qualitativement au cours de la vie de l'individu.

1. Accumulation de certains corps chimiques

L'avance de l'âge se manifeste par des accumulations de certains corps chimiques dans certaines structures de l'organisme.

Le calcium, par exemple, augmente dans les parois cellulaires, les fibres conjonctives et collagènes, le cartilage de jointure entre les os, etc. Signalons aussi un envahissement graisseux progressif spécialement dans le cartilage, les tissus sous-cutanés et autour du cœur par suite de l'importance de la lipidosynthèse (élaboration de graisses et huiles par l'organisme) par rapport à la protéosynthèse (fabrication des « briques » protéiques pour la reconstruction incessante d'un organisme).

Des sels organiques, tels que oxalates et urates, peuvent plus fréquemment précipiter dans les systèmes urinaire, circulatoire et articulaire et y former ainsi des régions dures gênantes. Ces diverses accumulations expliquent, partiellement du moins, la diminution de souplesse constatée lors du vieillissement

2. Déshydratation

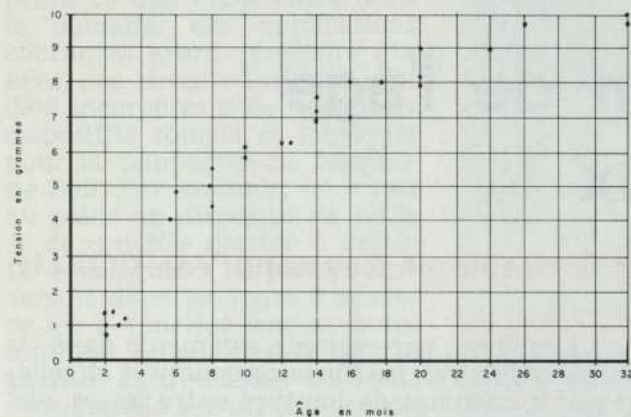
Dans un organisme qui vieillit, les protéines cytoplasmiques des cellules perdent peu à peu leur pouvoir de liaison avec l'eau, ce qui entraîne une lente coagulation par déshydratation du cytoplasme cellulaire.

3. Développement du collagène

Le collagène tend à devenir plus important avec l'âge et, au sein de ce tissu conjonctif, la portion fibreuse prend de plus en plus de place. En outre, dans celle-ci, les liens physico-chimiques entre les molécules s'accroissent,

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.

provoquant ainsi des changements de propriété des fibres. C'est ainsi que la tension des fibres de tendons de rats augmente avec l'âge de l'animal. Voir graphique 1. De tous ces phénomènes, il résulte un durcissement de la peau et des conduits circulatoires avec l'augmentation de l'âge.



Graphique 1. Variation de la tension des tendons avec l'âge.

Les fibres conjonctives collagènes des tendons des rats (et des vertébrés en général) ont une tension assez élevée qui se mesure par le contre-poids maximal qui ne gêne pas leur contraction lorsqu'elles sont échauffées à 60° C. Ainsi que le suggère le graphique ci-dessus, les valeurs de cette tension augmentent avec l'âge connu de l'animal (par sa date de naissance).

Extrait de *The Aging of Collagen*, Verzar F., 1963, *Sci. am.*, 208 : 104-114.

4. Réduction des sécrétions

Le vieillissement d'un organisme s'observe également par la réduction des sécrétions remarquable surtout pour le système digestif et le contrôle hormonal.

La diminution des sucs et enzymes digestifs influe sur la digestion qui devient ainsi plus lente et plus pénible chez les individus âgés. La quantité et la grandeur des cellules sécrétrices hormonales régressent tandis que les vacuoles et le tissu conjonctif non sécréteur occupent une part grandissante dans les glandes hormonales chez les vertébrés comme chez les invertébrés. L'abaissement conséquent des sécrétions hormonales fut notamment démontré pour l'hormone thyroïdienne, ce qui se traduit par une baisse graduelle de l'activité et de la croissance avec l'avance de l'âge.

5. Apparition et régression de l'activité reproductrice

La première maturité sexuelle et le cortège des changements qu'elle apporte (mise en activité des testicules et ovaires, développement

des organes d'accouplement et de gestation, présence des hormones sexuelles et hypophysaires-sexuelles, affirmation des caractères sexuels secondaires dans la morphologie et le comportement, rapetissement du thymus de croissance), se produisent à un âge particulier pour chaque espèce et constituent la frontière physiologique entre les états physiologiques jeunes et adultes. Le passage de cette frontière prend, dans la plupart des cas, plusieurs mois.

La genèse des spermatozoïdes ou des ovules ralentit avec le vieillissement tandis que la sécrétion des hormones sexuelles se réduit et que conséquemment les caractères sexuels deviennent moins nets.

6. Affaiblissement du système circulatoire

Le système circulatoire est affecté par l'augmentation de l'âge; les capillaires moins nombreux perdent de leur perméabilité, le rythme cardiaque et le volume sanguin diminuent, les échanges respiratoires poumons-sang et sanguin-cellules ralentissent.

7. Changements ostéoïdes

La rencontre, perceptible par radiographie, entre les ossifications endochondrale (longitudinale) et périostique (latérale) des os longs ossifiés progressivement à partir de moules cartilagineux, se déroule à un âge assez précis. Elle a lieu, par exemple, à neuf mois pour les lapins. Le même genre de phénomène se constate pour la suture des os du crâne qui se parfait avec l'avance de l'âge.

L'observation de l'évolution des caractères dentaires sert à estimer l'âge chez les mammifères suivants: chauve-souris, musaraignes, cervidés, éléphants, renards et rongeurs. Ce procédé s'emploie fréquemment pour la médecine vétérinaire et le commerce des chevaux. Chez ces derniers, l'ordre d'éruption et la chute des dents de lait ou définitives, l'usure des dents incisives donnant à celles-ci des aspects successifs bien caractéristiques, le changement progressif de la forme et de l'angle de rencontre des rangées supérieures et inférieures des incisives, sont autant de critères efficaces.

8. Evolution des caractères physionomiques

Beaucoup de traits physionomiques évoluent avec l'âge. Quiconque sait que le nombre de rides et replis cutanés augmente avec l'âge, bien que la vitesse de cette augmentation varie avec les individus.

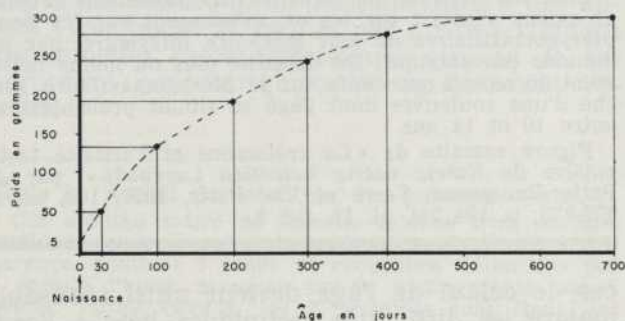
L'oiseau porte ses différents plumages: natal, juvénile, juvénio-hivernal, estivo-nuptial (ou adulte) à des âges donnés et spécifiques. A titre d'exemples, après des plumages intermédiaires successifs indicateurs d'âges, le plumage

adulte est atteint à l'âge de trois ans et sept mois pour les Mouettes argentées et à l'âge de sept ans pour certains « oiseaux du paradis ».

On a essayé de déterminer l'âge du serpent à sonnettes selon le total de ses « sonnettes » et des serpents en général, selon le total de leurs écailles ventrales, mais ces totaux varient non seulement avec le nombre d'années du serpent mais aussi avec le milieu de vie, l'espèce, le sexe et même les individus.

9. Variation des grandeurs et proportions

Des approximations de l'âge d'un organisme peuvent s'obtenir à partir de mensurations indicatrices du pourcentage de croissance variant avec l'avance de l'âge, telles que les longueur, poids, diamètre, grandeur X partielle / grandeur X totale, grandeur X / grandeur Y, à condition de tenir compte des variations individuelles. Voir graphique 2.



Graphique 2. Variation du poids moyen avec l'âge.

Des rats blancs, dont l'âge était connu par leur date de naissance, furent régulièrement nourris pendant deux ans en laboratoire. Leur poids moyen fut mesuré et calculé tous les 100 jours; à partir de ces valeurs moyennes, on établit une courbe de la variation du poids moyen avec l'âge, courbe qui servira de base de comparaison pour estimer l'âge d'autres rats blancs.

Si la plupart des structures et propriétés d'un animal changent avec l'augmentation de son âge, beaucoup de ces changements cependant ne varient pas assez régulièrement ou suffisamment et permettent simplement de conclure: « cet animal est jeune, adulte, vieux ». Néanmoins, quelques-uns, soit qu'ils se manifestent ou régressent à des périodes fixes, soit qu'ils évoluent progressivement durant une assez longue période de vie, rendent possible des estimations d'âges plus précises.

De toute façon, les âges ainsi estimés sont des « âges physiologiques » en ce sens qu'ils apparaîtront plus tôt que prévu chez des organismes semblant plus vieux que leur âge exact et plus tard que prévu chez des organismes plus jeunes que leur âge réel.

Bref, l'estimation de l'âge ne constitue qu'une première indication de l'âge réel, indication dont l'utilité suffit dans bien des cas mais dont la précision est souvent susceptible de corrections. Pour connaître « l'âge chronologique » exact, il faut appliquer d'autres méthodes plus rigoureuses que la suite de cet article va décrire.

B. Aperçu général des déterminations d'âge

Les méthodes de détermination d'âge décrites ci-dessous sont basées sur des « traductions morphologiques permanentes » de phénomènes physiologiques se répétant chaque année (ou à des intervalles de temps réguliers).

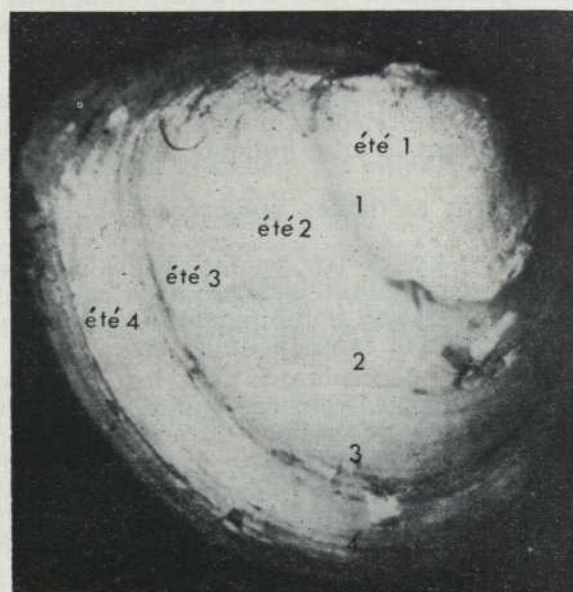
1. Méthode principale: dénombrement des « annuli »

Tout ralentissement ou arrêt assez long de l'accroissement de certaines structures dures de nature osseuse, ostéoïde, calcaire ou cornée se

Photo 1. Annuli des coquilles des mollusques bivalves.

Les mollusques bivalves arrêtent ou freinent leur croissance lors de l'hiver: cet arrêt se « marque » sur leurs coquilles par un *annulus* sombre concentrique. Cette photographie d'une coquille d'un bivalve, *Macoma balthica* L., trouvée à la fin d'un hiver sur la plage de Trois-Pistoles, montre un total de 4 *annuli* d'hiver, numérotés de 1 à 4 selon l'ordre d'apparition. En tenant compte de ses 4 zones de croissance d'été, elle indique ainsi pour cet animal un âge probable de 4½ ans.

Matériel gracieusement fourni par le professeur P. Trudel du Département de biologie, Université Laval, Québec.



traduit généralement par un cerne sombre; celui-ci est appelé « *annulus* » à cause de son apparition annuelle provoquée par l'intervention annuelle de certains facteurs climatiques, énergétiques et reproductifs.

Pour autant que les conditions de validité soient remplies (voir plus loin, suite de cet article — à paraître — C. 1), le dénombrement des *annuli* présents sur une structure dure d'un vivant permet le calcul exact du vivant porteur de ces *annuli*.

Cette méthode fut étudiée et appliquée pour les catégories suivantes d'animaux :

a) mollusques bivalves à partir de leurs deux coquilles (voir photographie 1) et gastéropodes à partir de leur coquille spiralée ou de leur opercule (porte mobile enfermant l'animal dans sa coquille lors d'une menace, d'un assèchement ou du sommeil);

b) poissons cartilagineux à partir de leurs écailles placoïdes de nature et de forme dentaires;

c) poissons osseux à partir de diverses structures (voir B. 3);

d) batraciens à partir de leurs os crâniens parasphénoïdes;

e) tortues à partir de leurs plaques ostéodermiques de carapace;

f) serpents à partir de leurs os ptérygomaxillaires de leur mâchoire inférieure (voir photo 2);

g) oiseaux Calaos à partir du casque corné coiffant leur bec;

h) baleines à partir des dépressions annuelles à la surface de leurs fanons (lames cornées qui garnissent transversalement la mâchoire supérieure de ces mammifères pour y former ainsi un filtre buccal);

i) certains ruminants à partir des bourrelets printaniers (dus à des surproductions temporaires de corne) ou des cernes hivernaux présents sur leurs cornes creuses.

N.B. Les sections transversales de troncs d'arbres dicotylédons présentent également des *annuli* dont le total indiquerait l'âge de l'arbre.

2. Autres méthodes proposées

a) L'âge de très jeunes seiches peut se calculer en comptant le nombre de raies qui s'ajoutent à raison d'une par jour à leur coquille, en conditions expérimentales favorables.

b) En dénombrant, dans les ovaires d'une baleine femelle, les corps jaunes actifs et vestigiaux qui persisteraient durant le reste de la vie, on arrive à connaître le nombre de gestations subies par ce cétacé depuis sa première fécondité qui a lieu à un âge précis. Le rythme de gestation et de formation d'un corps jaune étant de un tous les 2 ou 3 ans suivant les espè-

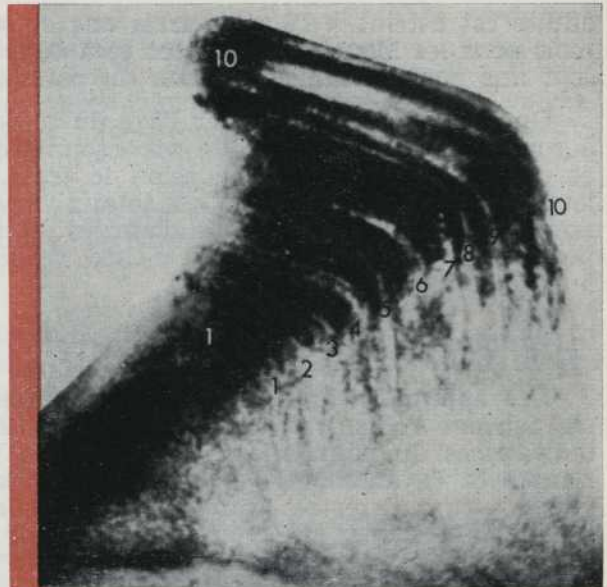


Photo 2. *Annuli* des os des serpents.

Chez les serpents, un arrêt de l'accroissement général et osseux s'inscrit sur les os, notamment sur les deux ptérygomaxillaires de leur mâchoire inférieure, par un *annulus* concentrique. On discerne plus ou moins nettement 10 *annuli* successifs sur le ptérygomaxillaire gauche d'une couleuvre dont l'âge se situait probablement entre 10 et 11 ans.

Figure extraite de « La croissance et l'activité testiculaire de *Natrix natrix helvetica* Lacépède », par A. Petter-Rousseaux, *Terre et Vie*, Paris, 1950, 100, no 4, 175-223; p. 194 bis, pl. 11, fig. 3.

ces, le calcul de l'âge devient ainsi réalisable malgré les difficultés techniques liées à l'examen des ovaires de ces géants marins et des causes d'erreurs telles que l'apparition et le maintien de deux corps jaunes lors de la gestation relativement fréquente de jumeaux.

c) Beaucoup de biologistes ont longtemps admis que les nouveaux bois printaniers des cerfs et cervidés mâles (les bois de ces animaux apparaissent au printemps et disparaissent à l'automne), se compliquent chaque année d'une pointe supplémentaire pendant au moins leurs premières années de vie. Les chasseurs, par exemple, utilisent couramment cette méthode pour connaître l'âge d'un cervidé abattu. On a cependant démontré que ce genre de calcul donne des résultats erronés et, actuellement, on se limite à estimer l'âge de ces mammifères selon des critères dentaires, tels que l'ordre d'apparition et l'état d'usure des molaires (voir A. 7).

Les déterminations d'âge autres que celle des *annuli* s'emploient d'une façon limitée, soit qu'elles ne s'utilisent que sur une courte période de vie, soit qu'elles ne se révèlent valables que pour certains animaux, soit que des irrégularités difficilement décelables en dehors des conditions expérimentales peuvent se produire. *Seule la méthode des annuli* ayant un champ d'application suffisamment vaste, mérite d'être

analysée plus à fond. A cette fin, nous avons choisi d'en étudier les différents aspects chez les poissons osseux où elle est très couramment utilisée. Les résultats de cette étude peuvent s'appliquer à d'autres animaux porteurs d'*annuli*, moyennant des adaptations exigées par les conditions particulières de vie de ces autres animaux.

3. Structures à « annuli » chez les poissons osseux

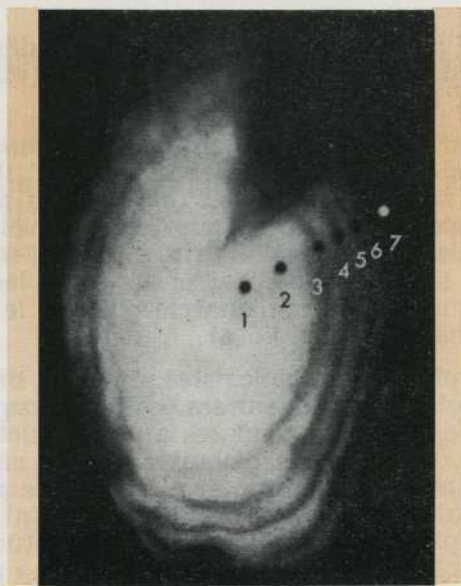
Après certains traitements « révélateurs », des *annuli* apparaissent sur un bon nombre de structures dures des poissons osseux; le total de ces annuli représente le nombre d'années du poisson, si les conditions de validité exposées plus loin sont réalisées (voir C. 1).

a) Otolithes calcaires de l'oreille interne : la « *sagitta* » (minuscule caillou calcaire baignant dans la lymphe qui remplit une chambre appelée saccule au sein de l'oreille interne) contient chez beaucoup de poissons osseux, des *annuli* (voir photo 3) formés par un resserrement des lamelles calcaro-protéiques qui, en se superposant concentriquement, agrandissent l'otolithe.

Photo 3. Annuli des otolithes des poissons osseux.

Cet otolithe retiré de l'oreille interne d'un sébaste, sectionné et poli au carborundum, analysé par transparence, contient 7 zones de croissance délimitées par 7 annuli d'hiver marqués sur la photographie par 7 points. Parmi ceux-ci, les 2 premiers sont flous, les 4 suivants apparaissent nettement, le dernier signalé par un point blanc est en formation sur la périphérie de la concrétion calcaire. Ce poisson avait donc probablement 7½ ans au moment de sa capture.

Figure extraite de « Age and growth of the redfish *Sebastes marinus* L. in the Gulf of Maine », par G. F. Kelly et B.S. Wolf, Fishery Bull., Fish. Wildl. Serv., U.S., Washington, 1959, 60, no 156, 1-31; p. 7, fig. 3b.



Pour la « lecture » de ces annuli, la *sagitta* extraite de l'oreille du poisson est lavée à l'alcool et ensuite coupée en deux. Les surfaces de coupure polies révèlent le dessin de leurs annuli par l'emploi d'un révélateur tel que xylol, phénol, etc. Elles sont examinées par lumière réfléchie ou par transparence à l'aide d'un microscope ou d'un projecteur agrandisseur.

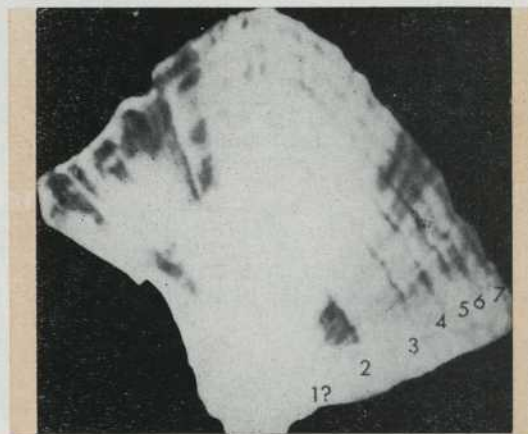


Photo 4. Annuli des opercules des poissons osseux.

L'opercule, os latéral de la tête protégeant les branchies respiratoires du poisson, ne croît plus lors de l'hiver, ce qui s'inscrit par un *annulus*. On distingue 6 *annuli* sur cet opercule d'un brochet; à ce total de 6, il faut cependant ajouter le premier *annulus* qui n'apparaît plus chez les individus âgés (voir texte C-1). En tenant compte des 8 zones de croissance, on peut ainsi affirmer que ce brochet était âgé de 7 à 8 ans.

Figure extraite de « The Determination of the Age and Growth of pike, *Esox lucius* L. from Scales and Opercular bones », par W. E. Frost et C. Kipling, dans J. Cons. perm. int. Expl. Mer. Copenhagen, 1959, 16, 314-341; p. 320 ter, planche 2, fig. e.

b) Formations osseuses : la plupart des pièces squelettiques du poisson osseux ont des *annuli* témoins de ralentissements passagers de l'ostéogenèse (formation de substance osseuse responsable de l'accroissement des os). Parmi celles-ci, citons des opercules (voir photo 4), des arêtes et rayons de nageoires, des vertèbres, des os de la tête ou des ceintures.

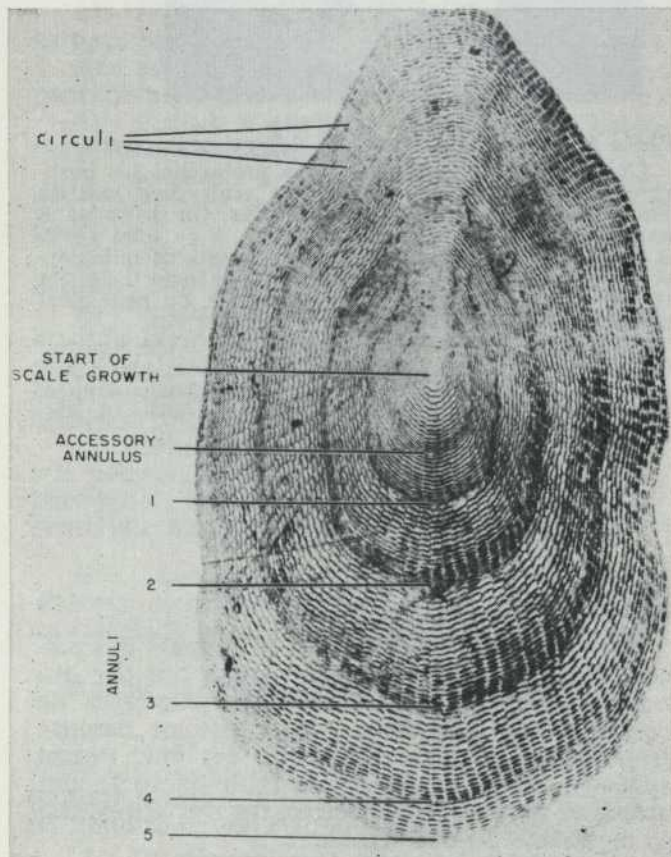
Les pièces osseuses rondes ou plates ne laissent voir leurs *annuli* qu'après une préparation spéciale comprenant successivement les étapes suivantes : dégagement et nettoyage des pièces, obtention par coupe de tranches transversales des os ronds, révélation du dessin des annuli à l'aide de bains révélateurs, observation macroscopique par lumière normale ou réfléchie.

Photos 5, a, b et c : annuli des écailles des poissons osseux.

Photo 5a. Ecaille de l'aiglefin. (En bas).

Cette impression sur plastique d'une écaille d'aiglefin fait ressortir 4 *annuli* d'hiver, un 5e *annulus* d'hiver en formation à la périphérie de l'écaille, « l'annulus supplémentaire post-natal accessoire », (voir C-1) apparu antérieurement au premier hiver vécu par ce poisson. On voit également le centre de l'écaille, d'où débute la croissance de l'écaille, indiqué sur la photographie par *Start of scale Growth*. Cette écaille indique donc un âge de 5½ années pour cet aiglefin. Remarquons que l'annulus de l'écaille, pour cette espèce de poisson osseux, est formé par un resserrement de la superposition des *circuli* d'accroissement.

Figure extraite de *Determining Age of young Haddock from their Scales*, par A. C. Jensen et J. P. Wise, 1961, dans *Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S.*, Washington, 61, no 195, 439-449; p. 442, fig. 2.



c) Écailles : déterminer l'âge d'un poisson osseux à partir des *annuli* de ses écailles se réalise seulement avec des écailles minces (élasmoïdes) et non spécialisées. Les annuli y sont formés par rapprochement des « *circuli* » d'accroissement (tracés de dépôt ostéoïde qui, en se superposant concentriquement, agrandissent l'é-

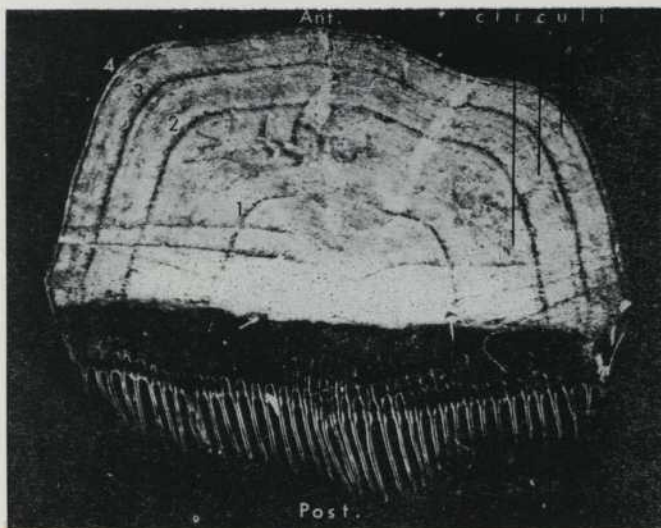


Photo 5b. Ecaille du « Menhaden » ou Alose tyran. (En haut).

Quatre *annuli* d'hiver se succèdent sur le champ antérieur de cette écaille et y coupent la superposition des *circuli* d'accroissement; l'âge du poisson, lors de la prise de cette écaille, s'évalue ainsi à un peu plus de 4½ années.

Ant. : région antérieure ou avant de l'écaille, région interne enfouie dans le derme du poisson, zone où a lieu la croissance printanière de l'écaille et où conséquemment se situent les *circuli* et les *annuli*.

Post. : région postérieure ou arrière de l'écaille, région externe et seule visible sur le poisson, zone riche en picots ou points de défense (« chromatophores ») mais pauvre en *circuli* étant donné son faible accroissement.

Figure extraite de *Determining Age of Atlantic Menhaden 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. 327, fig. 8.

caille), par coupure dans la succession des *circuli* ou par jointure latérale des *circuli* (voir photos 5 a, b, c).

Pour faire ressortir le dessin des *annuli* des écailles en vue de leur dénombrement, il s'agit de les nettoyer avant leur observation à l'aide d'un microscope projecteur. Certains biologistes conseillent en outre d'imprimer au moyen d'une presse le dessin de l'écaille sur une plaque de plastique ramolli et d'analyser ensuite le dessin imprimé (voir photo 5 a).

La plupart des biologistes préfèrent lire l'âge d'un poisson osseux sur ses écailles, lorsqu'il est possible, plutôt que sur ses autres structures à *annuli*, car ce mode d'observation ne nécessite pas la mort de l'animal et n'occasionne pas des manipulations longues et difficiles. Etant donné cet emploi fréquent, la suite de notre étude examinera les points de vue « validité » et « physio-

Photo 5c. Ecaille du Saumon. (A droite).

En remarquant qu'en plus de leur resserrement, les *circuli* se rejoignent latéralement au niveau des *annuli*, on distingue 6 annuli sur cette écaille de Saumon atlantique, *Salmo salar* L.

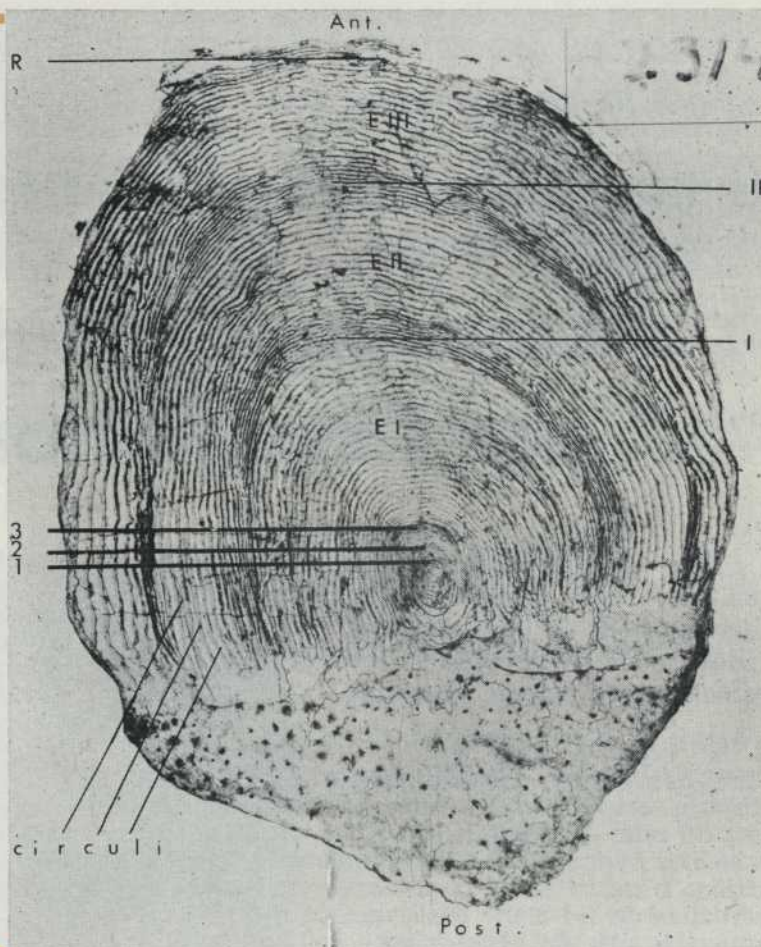
Les 3 premiers annuli, 1, 2, 3, correspondent aux trois hivers passés en eau douce alors que la croissance de ses écailles est faible par rapport à la croissance ultérieure en eau marine. Le saumon a ensuite passé dans l'Atlantique 3 étés favorables à l'accroissement de ses écailles, E I, E II, E III et 2 hivers « marqués » par les annuli I et II. Au cours de sa septième année, ce saumon femelle venait d'effectuer sa période de reproduction, inscrite par l'annulus R, peu avant sa capture à Tadoussac.

Cet exemple montre comment, à partir d'une écaille, on peut arriver à connaître non seulement l'âge du poisson mais aussi les principales étapes de sa vie.

Ant.: champ antérieur, avant, interne, enfoui de l'écaille, zone à croissance prononcée où l'on trouve les *circuli* et les *annuli*.

Post.: champ postérieur, arrière, externe et visible de l'écaille, zone à croissance faible.

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



logie » de cette méthode dite « méthode des écailles », tout en prévoyant que les considérations émises à ce sujet s'adaptent aux autres structures dures porteuses d'*annuli*.

(Dans un prochain article : « Problèmes relatifs aux déterminations d'âge chez les poissons osseux »).

Références

1) Concernant le paragraphe A :

- COMFORT, A., 1956. *Biology of Senescence*. Printed by Rinehart Company, N. Y.
THOMPSON, d'Arcy, W., 1956. *On growth and form*. Reprinted by John Tyler Bonner, Cambridge.

2) Concernant le paragraphe B :

- GANDAL, P. C., 1954. *Age determination in mammals*. Trans. N.Y. Acad. Sci. II, 16 : 312-314.
HASKINS, H. H., 1954. *Age determination in molluscs*. Trans. N.Y. Acad. Sci. II, 16 : 300-304.
LAGUEUX, R., 1959. *Comment observer l'âge et la croissance des poissons*. Le Jeune Naturaliste, Joliette, 9, no 8 : 180-185.
MENON, M.D., 1950. *Use of Bones other than otoliths in determining age and growth-rate of fishes*. J. Cons. perm. int. Expl. Mer. Copenhague, 17 : 311-340.
PERLMUTTER, A., 1954. *Age determination of fish*. Trans. N.Y. Acad. Sci., II, 16 : 305-311.
VAN OOSTEN, J., 1957. *The Scales*, Chap. 5 : 207-244, in *Physiology of fishes*, by M. E. Brown, Printed by Academic Press, N.Y.

"L'irradiation des aliments", l'une des applications actuelles de l'énergie nucléaire, est une technologie prometteuse.

Le Canada est l'un des pionniers de "l'irradiation" et il apporte encore des innovations intéressantes.

La conservation des aliments par l'irradiation

par Guy GAVREL

De tous temps les humains ont dû faire quelque chose pour retarder la fermentation et le pourrissement de leur nourriture. Certains procédés comme le séchage, le fumage et le salage sont vieux comme le monde.

A l'époque des guerres napoléoniennes (1808-1815) un procédé révolutionnaire fut empiriquement découvert par un confiseur français du nom de Nicolas Appert: le chauffage en vase clos pour retarder indéfiniment la fermentation. L'industrie de la conserve en bocaux et en boîtes de fer-blanc était née, ce qui valut à Appert le titre de « Bienfaiteur de l'humanité ».

Après la guerre franco-prussienne de 1870-1871, Louis Pasteur mit au point scientifiquement un procédé thermique ayant pour objet de détruire les bactéries pathogènes pouvant se trouver dans les aliments liquides, tout en altérant le moins possible leur structure physique et leurs éléments biochimiques (vitamines et diastases). Nous buvons toujours du lait « pasteurisé » et la « pasteurisation » est ancrée dans nos moeurs.

Au cours de la seconde guerre mondiale (1939-1945) de tels efforts ont été faits dans le domaine nucléaire que des résultats extraordinaires ont été obtenus. Le premier réacteur nucléaire a divergé à Chicago en 1942. Les hommes de science n'ont pas tardé à voir toutes les applications possibles de l'énergie atomique. Les premières études sur la conservation des aliments par l'irradiation ont été effectuées au MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) il y a une vingtaine d'années. On peut se demander pourquoi cette technologie révolutionnaire n'est pas encore utilisée couramment. Trois facteurs, entre autres, ont retardé son développement: le perfectionnement des procédés classiques (comme la surcongélation), la complexité et le coût des installations nucléai-

res et une certaine hésitation de la part des Gouvernements à autoriser l'irradiation des denrées alimentaires. La pénurie de nourriture qui se fait de plus en plus sentir (50% de la population mondiale souffre actuellement de faim ou de malnutrition) va néanmoins donner plus d'importance à cette technologie qui présente de nombreux avantages, en particulier pour les pays en voie de développement.

Effets utiles de l'irradiation pour la conservation des aliments

En irradiant les aliments à des doses déterminées en laboratoire, on obtient divers effets utiles qui donnent à cette technologie des applications multiples.

1) **On arrête la germination des tubercules** comme les pommes de terre, les oignons, les carottes, l'ail et les betteraves. Les pommes de terre se prêtent particulièrement bien à l'irradiation car il suffit d'une très petite dose de radiation gamma, par exemple, pour détruire leurs fragiles cellules germinatrices. Les pommes de terre ainsi traitées ne deviennent pas radioactives.

2) **On retarde la maturation des fruits.** Cet effet de l'irradiation est très utile pour les fruits devant subir de longs transports. Des études faites à l'Université de Californie ont révélé qu'une irradiation à faible dose des bananes Gros Michel pouvait retarder leur maturation de 16 à 20 jours. Le Collège d'agriculture tropicale de l'Université de Hawaii a rendu compte de résultats excellents obtenus en irradiant à dose faible ou moyenne des papayes préalablement traitées à l'eau chaude. Cette irradiation est également suffisante pour désinfecter les fruits.

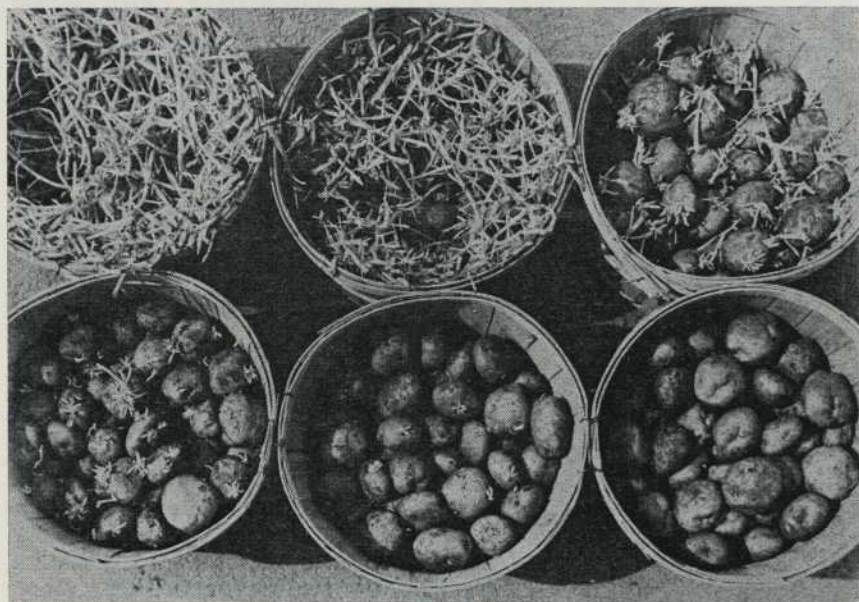
L'auteur, Guy Gavrel, L. ès L., est rédacteur à l'Energie Atomique du Canada, Limitée, EACL, à Ottawa; les photographies sont de l'Energie Atomique du Canada, Limitée, Ottawa.

3) On stérilise les parasites pour les empêcher de se développer. C'est ainsi que l'on peut venir à bout de la trichinose du porc et du ténia du boeuf en irradiant leur viande. Une dose appropriée de radiations ionisantes empêche les larves de trichine enkystées dans les muscles du porc d'aboutir à leur maturation. Ainsi la viande est rendue salubre. La destruction totale des larves exigerait une dose qui modifierait la structure de la viande et la rendrait immangeable.

4) On désinsectise les céréales et autres denrées. Pour les céréales, on a recours à de faibles doses qui stérilisent les oeufs d'insectes logés au coeur des grains. Ce procédé est plus efficace que la fumigation à laquelle on a généralement

recours pour la désinsectisation. En certaines régions d'Afrique les insectes provoquent des pertes allant jusqu'à 50% dans les stocks de poisson séché, nourriture vitale car elle est riche en protéines. La FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture) a effectué des études préliminaires sur l'irradiation du poisson séché au soleil ou fumé. Des poissons infestés ont été achetés sur un marché local, puis emballés dans des sacs de polyéthylène et irradiés à des doses faibles ou moyennes. L'irradiation est venue à bout des infestations graves et deux semaines après le traitement les poissons avaient bon goût.

5) On pasteurise (c'est-à-dire que l'on détruit les bactéries pathogènes pouvant se trouver



Pommes de terre irradiées (à gauche)

Des pommes de terre après 5½ mois d'emmagasinage à 55°F. Le lot en haut et à gauche, non irradié, servait de témoin. Les autres lots ont été irradiés à diverses doses. Le lot en bas et à droite qui n'a pas germé du tout a été irradié à une dose optimale de rayons gamma.

Oignons irradiés (à droite)

Des oignons après huit mois d'emmagasinage à 50° F. Les oignons de gauche, non irradiés, servaient de témoins. Les oignons du centre ont été irradiés à une dose de 4 000 rads et ceux de droite à une dose de 8 000 rads.



dans les aliments). Cette pasteurisation effectuée par l'irradiation au moyen de doses « pasteurisantes » a surtout pour but de prolonger la période durant laquelle les aliments peuvent être entreposés sans se détériorer. Par exemple, les bactéries du type Salmonella qui provoquent de graves empoisonnements gastriques et qui se développent en particulier dans les viandes souillées peuvent être détruites par l'irradiation. Des études approfondies ont été effectuées à ce sujet au Canada, au Danemark, aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et en Hollande. On sait maintenant que des doses pasteurisantes peuvent détruire les Salmonella dans les aliments frais, congelés et déshydratés ainsi que dans les nourritures destinées aux animaux. Les denrées ainsi traitées sont acceptables du point de vue organoleptique et elles semblent avoir une très bonne salubrité. On sait également qu'il est possible, au moyen de fortes doses, de détruire tous les micro-organismes contenus dans les aliments. Ainsi stérilisées les denrées alimentaires bien emballées peuvent être conservées très longtemps à la température ambiante.

6) On améliore la qualité des légumes déshydratés. Des chercheurs américains ont constaté qu'en irradiant des légumes déshydratés à une dose convenable on modifie leurs propriétés physiques de telle sorte qu'ils mettent moins de temps à se réhydrater.

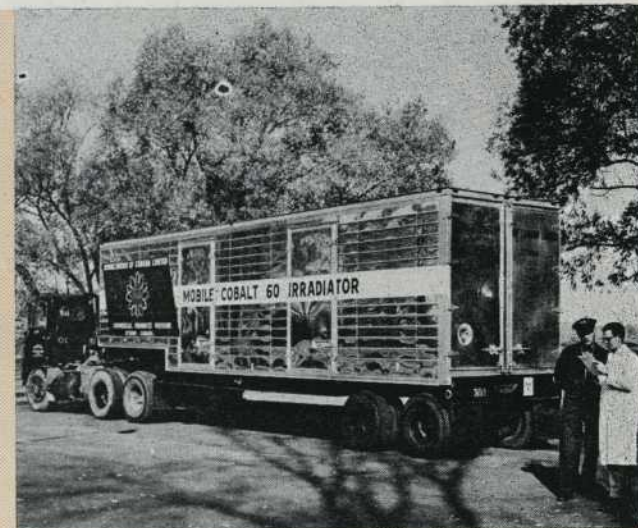
Matériel employé pour l'irradiation des aliments

La première chose à avoir est une source d'irradiation. Au Canada, cette source est du cobalt 60 émetteur de rayons gamma. Le cobalt 60 est un radioélément préparé artificiellement dans un réacteur nucléaire. Sa période est de 5 ans, c'est-à-dire que sa radioactivité décroît graduellement en cette période de temps. Après quoi, il faut changer la source. Les sources de cobalt 60 sont enfermées dans des récipients blindés quand on les transporte et de grandes précautions sont prises quand on s'en sert.

La première installation du monde pour l'irradiation industrielle des aliments a été conçue et réalisée au Canada. Elle comporte essentiellement un système de convoyage où des boîtes remplies d'aliments à traiter passent devant la source d'irradiation.

Une autre innovation canadienne est un Irradiateur itinérant qui permet de faire n'importe où des irradiations expérimentales de céréales, de fruits, de tubercules et autres denrées. En route depuis 1961, l'Irradiateur itinérant a parcouru des milliers de milles au Canada et aux Etats-Unis où il a fait de nombreuses démonstrations.

Il existe aussi des irradiateurs de laboratoire guère plus gros que des frigidaires qu'il suffit



L'Irradiateur itinérant de l'Energie Atomique du Canada, Limitée (EACL) circule dans toute l'Amérique du Nord pour démontrer que l'irradiation est une bonne chose pour prolonger la période de conservation de denrées comme les pommes de terre, les oignons, les pommes, etc.

de brancher sur le secteur. La source d'irradiation est logée à l'intérieur de ces appareils ainsi que la chambre d'irradiation où sont placés les aliments à traiter.

Les aliments peuvent être irradiés en vrac ou emballés. Un gros avantage de l'irradiation est qu'elle permet de traiter les aliments au travers de n'importe quel type d'emballage, y compris des matières ne pouvant pas subir de traitement thermique comme le papier, les plastiques et le bois. Un autre avantage est que l'on peut traiter les aliments sans les faire cuire, donc sans modifier leur apparence naturelle.

Salubrité des aliments irradiés

Les nombreuses études qui ont été faites dans le monde à ce sujet prouvent que les aliments irradiés sont salubres c'est-à-dire qu'ils ne présentent aucun danger pour la santé et qu'ils sont nutritifs. D'importantes études concernant la salubrité des aliments irradiés ont été faites aux Etats-Unis, de 1954 à 1965, sous les auspices de l'Armée américaine. Une vingtaine de denrées irradiées par une source gamma ont été assujetties à des essais prolongés sur plusieurs générations d'animaux. Les résultats de cette vaste enquête sont concluants: les aliments irradiés jusqu'à des doses absorbées de 5.6 mégarads sont salubres.

Environ 14 pays effectuent actuellement des études concernant la salubrité des aliments irradiés. Les denrées les plus étudiées sont les suivantes, par ordre d'importance: pommes de

terre, fruits et jus de fruits, grains et farines, oeufs et volailles, nourritures pour animaux, viandes, poissons, champignons, oignons. Seulement quatre pays ont autorisé jusqu'à présent la vente des aliments irradiés: les USA, l'URSS, Israël et le Canada. Au Canada, on peut vendre des pommes de terre et des oignons irradiés à condition qu'ils n'aient pas reçu une dose d'irradiation supérieure à 15 000 rads.

Aucun procédé de conservation n'a jamais donné lieu à autant d'essais et d'analyses que

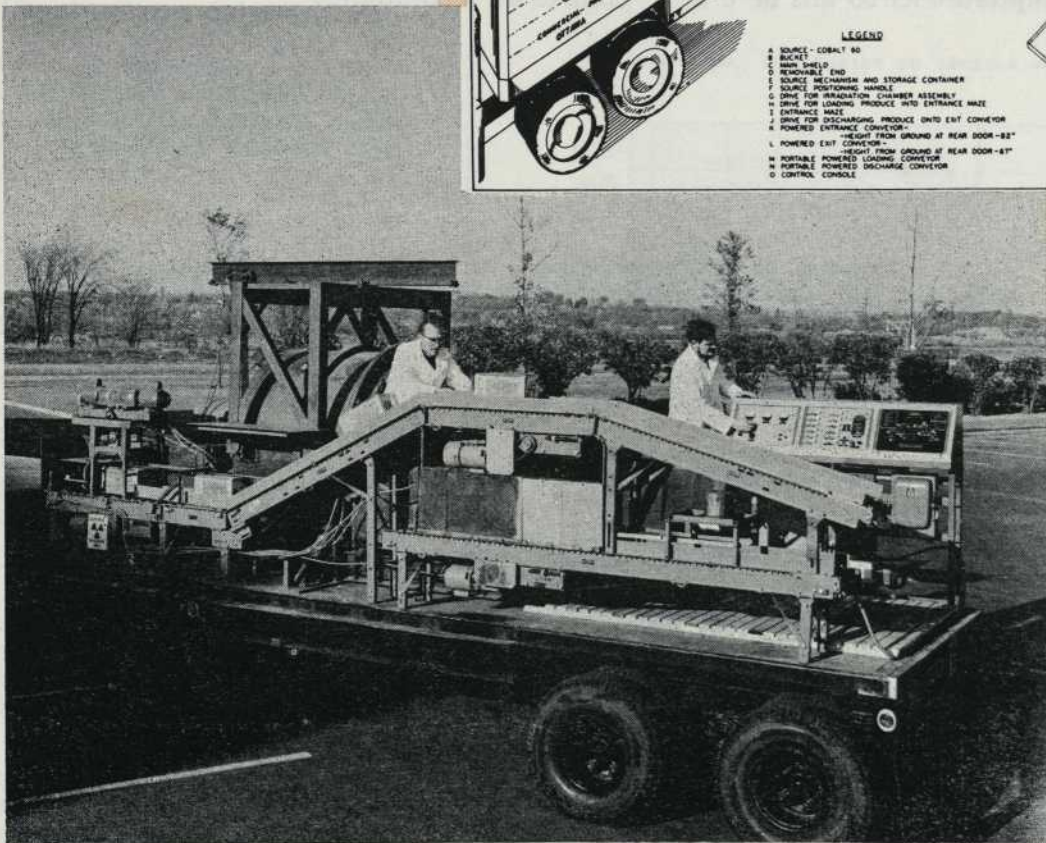
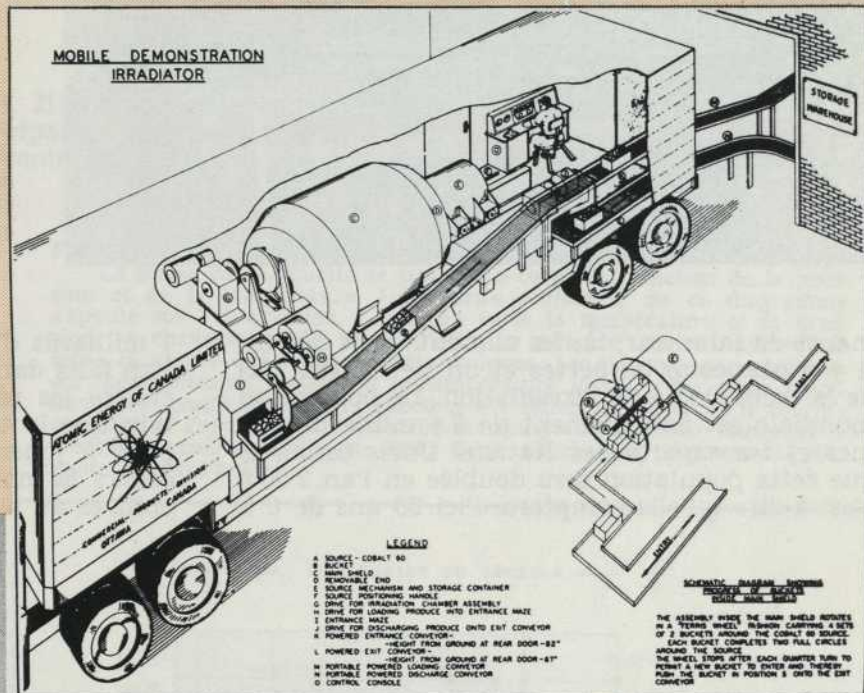
la technologie de l'irradiation pour ce qui est de la salubrité des aliments.

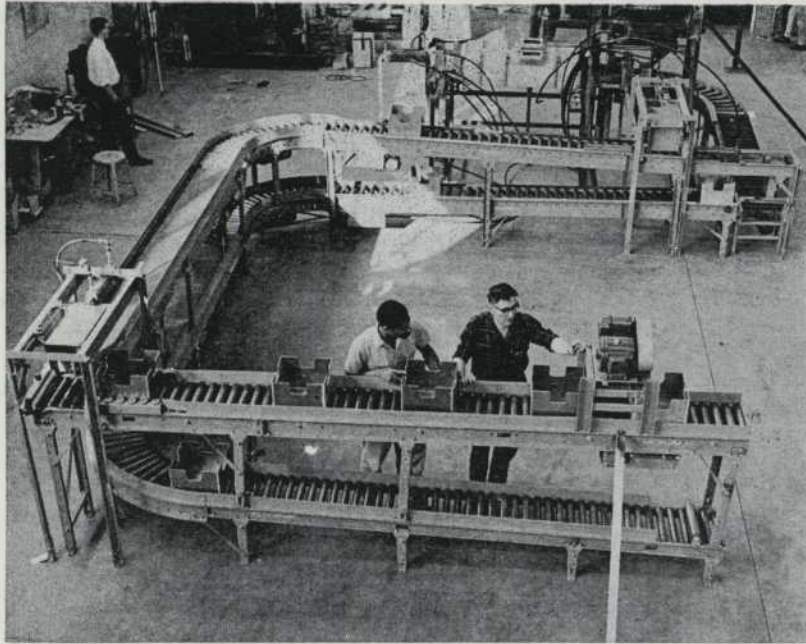
Technologie prometteuse

Ce sont les pays où l'on ne meurt pas de faim qui ont fait le plus d'études sur l'irradiation des aliments. Si ces pays avaient connu la disette il est probable qu'ils auraient développé davantage la technologie de l'irradiation pour mieux conserver leurs stocks d'aliments. La situation est alarmante dans les pays où l'on

Durant l'été, le travail peut se faire en plein air et c'est alors que l'on voit comment les techniciens procèdent pour l'irradiation des aliments dans « l'Irradiateur itinérant ».

L'enceinte blindée que l'on voit sur la photo, à gauche de la plateforme, renferme en son centre une source de cobalt 60 autour de laquelle viennent tourner les boîtes remplies d'aliments amenées et emmenées par des convoyeurs motorisés. Toutes les opérations sont réglées à partir du tableau des commandes.





Installation d'un convoyeur à rouleaux pour un irradiateur industriel destiné à la conservation des aliments en Inde. Les denrées placées dans les boîtes passeront devant une source de cobalt 60 qui sera plongée dans un bassin lorsqu'elle ne servira pas.

meurt de faim, car, là, les aliments font défaut, il y a beaucoup de pertes et on ne dispose pas de la technologie de l'irradiation. La population mondiale est actuellement de 3.4 milliards d'âmes et les experts des Nations Unies estiment que cette population sera doublée en l'an 2 000, c'est-à-dire qu'elle comptera d'ici 33 ans de 6 à

7 milliards d'âmes. D'immenses efforts devront être faits dans de nombreux domaines pour accroître les réserves alimentaires, et il est certain que la technologie de l'irradiation est appelée à jouer un grand rôle dans cette course contre la montre, maintenant qu'elle a fait ses preuves au laboratoire.

Petit vocabulaire bilingue concernant l'irradiation des aliments.

Aliments irradiés. <i>Irradiated foods.</i>	Larves de trichine enkystées. <i>Encysted trichina larvae.</i>	Radiations ionisantes. <i>Ionizing radiations.</i>
Bactéries pathogènes. <i>Pathogenic bacteria.</i>	Légumes déshydratés. <i>Dehydrated vegetables.</i>	Radioactif. <i>Radioactive.</i>
Chambre d'irradiation. <i>Irradiation chamber.</i>	Maturation des fruits. <i>Fruit ripening.</i>	Radioélément. <i>Radioisotope.</i>
Conservation des aliments. <i>Food preservation.</i>	Mégarad. <i>Megarad.</i>	Rayons gamma. <i>Gamma rays.</i>
Désinfestation. <i>Desinfestation.</i>	Micro-organismes. <i>Micro-organisms.</i>	Réacteur nucléaire. <i>Nuclear reactor.</i>
Dose pasteurisante. <i>Pasteurizing dose.</i>	Organoleptique (se dit des propriétés savoureuses, odorantes, etc. des aliments). <i>Organoleptic.</i>	Salubrité. <i>Wholesomeness.</i>
Germination des pommes de terre. <i>Potatoe sprouting.</i>	Pasteurisation. <i>Pasteurization.</i>	Source d'irradiation. <i>Irradiation source.</i>
Irradiateur. <i>Irradiator.</i>	Période (Demi-vie). <i>Period (Half-life).</i>	Stérilisation. <i>Sterilization.</i>
Irradiation. <i>Irradiation.</i>	Rad (unité de dose d'irradiation). <i>Rad.</i>	Technologie nucléaire. <i>Nuclear technology.</i>
Irradiation industrielle. <i>Industrial irradiation.</i>	Radiation gamma. <i>Gamma radiation.</i>	Température ambiante. <i>Ambient temperature.</i>
Irradier des pommes de terre. <i>Irradiate potatoes.</i>		Trichinose du porc. <i>Pork trichinosis.</i>

La physique des hautes pressions

par Walter HOUSTON et Alain BONNIER

Depuis que les physiciens sont parvenus à observer le comportement de la matière sous des conditions extrêmes de pression, la physique de l'état solide accumule découvertes sur découvertes.

En physique des hautes pressions, il ne se passe pas une semaine sans qu'une nouvelle propriété des structures intermoléculaires n'apparaisse ou même que de nouvelles substances soient « créées » à partir de corps connus soumis à des conditions de pression et de température particulières. Ces substances nouvelles résultent d'un réarrangement des structures intermoléculaires (ou interatomiques) par suite du changement de conditions imposé. Chaque configuration porte le nom de *phase*. Un corps ayant plusieurs phases est appelé *polymorphe*.

Le développement de la recherche dans ce sens est dû d'abord au fait que nous avons aujourd'hui la possibilité technique de réaliser des pressions aussi élevées que celles pouvant exister au centre de la terre. Cette technique est l'héritage que nous a légué un petit groupe obscur de savants du siècle dernier. Et, en second lieu, l'étude de l'état solide doit à la théorie diffractométrique des rayons X, la possibilité de déterminer les propriétés des cristaux. Nous pouvons donc définir, à l'échelle, la forme et la position des atomes constituant un cristal.

Ainsi, une fois soumise aux conditions de haute pression, nous pouvons enfin connaître les changements dans la struc-

ture cristalline du corps en question (si changements il y a).

La technique

Il existe deux méthodes principales, aujourd'hui, pour obtenir des pressions élevées.

La première est à l'aide d'une presse hydraulique composée de deux pistons. L'un des pistons a une surface S_1 très petite comparée à l'autre surface S_2 . La pression dans les deux cylindres est la même, donc

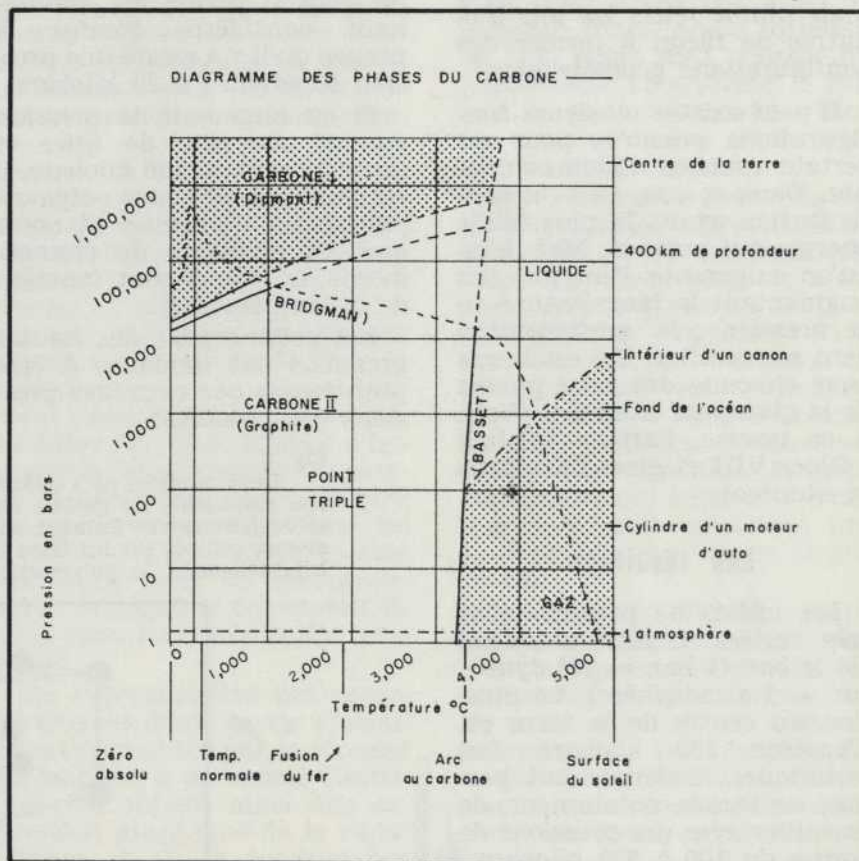
$$F_2 = F_1 S_2 / S_1,$$

cù F_1 et F_2 sont les forces appliquées aux deux pistons. En augmentant le rapport S_2/S_1 , il est ainsi possible, en théorie, de réaliser une force aussi grande que l'on veut. (Qu'est-ce qui limite, en pratique, la grandeur de la force?).

En plaçant sous le gros piston un échantillon du corps à l'étude de telle sorte qu'il pré-

Fig. 1

La phase dans laquelle se trouve un corps est fonction de la pression et de la température. Une partie seulement de ce diagramme s'appuie sur l'observation. Lorsqu'on varie la température et la pression, le changement de phase s'effectue plus ou moins rapidement selon la nature des liaisons interatomiques. Le diamant, par exemple, est théoriquement instable à la température de la pièce et se transforme en graphite: mais la réaction est tellement lente qu'il est impossible de l'apercevoir. La courbe marquée « Bridgman » indiquait la frontière expérimentale en 1958. Cette courbe est légèrement plus haute aujourd'hui.



sente une surface de contact S_3 extrêmement réduite, la pression finale devient alors

$$P = F_2/S_3 = F_1 S_2/S_1 S_3.$$

En augmentant S_2 et F_1 et réduisant S_1 et S_3 le plus possible, il est facile, à ce moment-là, d'obtenir des pressions de plus de 100 000 atmosphères.

Pour des pressions supérieures, les ingénieurs ne peuvent plus garantir que la presse soit assez puissante pour ne pas éclater!

La deuxième méthode utilisée est celle des ondes de choc. Nous obtenons alors des pressions de très courte durée (de l'ordre du microseconde) mais qui surpassent en intensité tout ce qui pourrait être obtenu par une presse hydraulique.

Les structures cristallines

Tous les solides, à quelques exceptions près, ont une structure cristalline. Puisque les atomes ne sont pas simplement entassés les uns sur les autres mais plutôt reliés les uns aux autres de façon à former des configurations géométriques.

Il peut exister plusieurs configurations possibles pour un certain nombre d'atomes donnés. Dans ce cas, c'est la configuration ayant la plus faible énergie qui prévaut. Mais lorsqu'on augmente l'énergie (en augmentant la température ou la pression), la configuration peut se modifier. Tel est le cas pour chacune des neuf phases de la glace, par exemple. (Voir, à ce propos, l'article intitulé « Glace VIII et glace IX » dans ce numéro).

Les résultats

Les unités de pression sont très variées. L'unité standard est le *bar* (1 bar = 10^6 dyne / $\text{cm}^2 \approx 1$ atmosphère). La pression au centre de la terre est d'environ 300 kilobars. Les techniques modernes ont permis, en Russie notamment, de travailler avec des pressions de l'ordre du 100 à 300 kilobars.

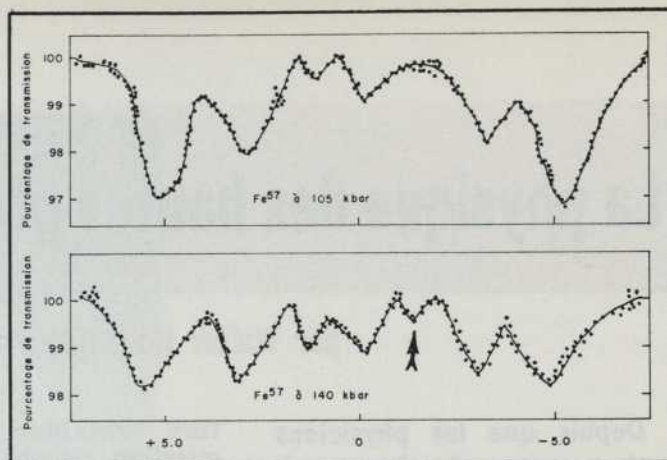


Fig. 2

Les deux graphiques, ci-haut, représentent le pourcentage de transmission de rayons gamma en fonction de leur longueur d'onde, à travers un échantillon de fer-57, soumis à des pressions de 105 et 140 kilobars respectivement. Le premier donne le spectre normal du fer dans sa phase I. Le second révèle un certain fléchissement de la courbe à l'endroit indiqué par la flèche. Cette particularité est indication qu'une nouvelle phase a été formée au cours du changement de pression. Ce genre de spectroscopie est assez récent; auparavant on utilisait les rayons X au lieu des rayons gamma.

La silice, par exemple, change de phase vers 20 kilobars pour devenir la coésite. On n'a jamais trouvé de coésite « naturelle » dans l'écorce terrestre. On la retrouve, par contre, dans les cratères de météorites à cause des hautes pressions produites au moment de l'impact. La présence de coésite à un endroit donné est maintenant considérée comme la preuve qu'il y a existé une pression supérieure à 20 kilobars.

Si on augmente la pression sur un morceau de silice et qu'on la porte à 100 kilobars, il en résultera un autre polymorphe appelé stishovite. (A noter que les pressions de changements de phases sont fonction de la température).

Les polymorphes des hautes pressions ont tendance à être plus denses que ceux des pressions plus basses.

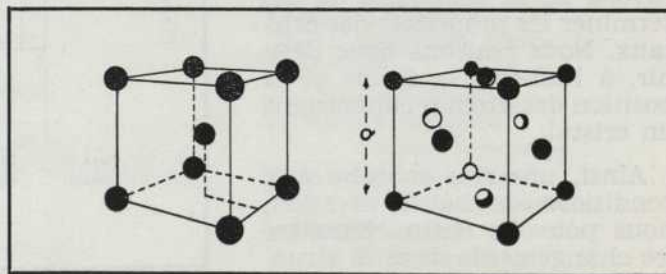
Puisqu'en passant d'une phase à une autre, les structures de liaisons se trouvent changées, on pourrait s'attendre, par conséquent, à ce que le nombre d'électrons libres à l'intérieur du solide soit différent; autrement dit, un changement de phase impliquerait une variation de la conductivité électrique. Cette variation a lieu effectivement et indique, plus ou moins précisément, un changement de structure.

Aux pressions les plus hautes, il se produit même un effet sur le noyau des atomes eux-mêmes car on constate alors une variation dans la vitesse de désintégration radioactive.

Sachant aussi que les orbitales électroniques sont parfois modifiées, il peut donc en résulter des propriétés chimiques différentes. L'acide fluorhydrique

Fig. 3

Deux modèles de « cellules » cristallines. (A ne pas confondre avec une molécule). Le modèle de gauche est composé d'un atome central et de huit autres formant un cube. Celui de droite, par contre, a des atomes centrés sur les faces latérales. Le modèle de gauche représente habituellement le polymorphe dont la pression est la plus élevée.



que attaque la silice mais non la coésite.

Il en est de même pour la viscosité, l'élasticité et la résistance mécanique qui varient selon les phases.

Les physiciens se retrouvent donc devant un champ nouveau, ouvert à l'exploration. Avec tous les espoirs de découvertes que cela implique.

Article paru dans *Science and Math Weekly*, Ohio, E.-U., 6 novembre 1963, vol. 4, no 9, rédigé par Walter S. 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.

"Glace VIII" et "glace IX"

Les savants du *Conseil national de recherches* jouent un rôle de premier plan dans l'étude des propriétés physiques de la glace. La preuve en est leur récente découverte de deux nouvelles phases solides pour cette substance.

Tous connaissent évidemment les états gazeux, liquide et solide, mais on ignore généralement qu'il existe, à l'état solide même, différents comportements physiques de la matière qui justifient l'appellation de *phases*. Par exemple : le graphite de votre crayon et le diamant de votre bague sont, en fait, les deux phases solides d'un même élément, le carbone, existant aux conditions normales de pression et de température (soit environ 1 atmosphère et 0°C). (Voir l'article intitulé « La physique des hautes pressions »).

Pour apercevoir les différentes phases de la glace, la tâche n'est pas aussi aisée, car il faut soumettre cette dernière à de très fortes pressions et de très basses températures. Seule la glace telle qu'on la connaît (et qu'on appelle glace I) existe dans les conditions normales et, effectivement, c'était la seule phase connue il y a cinquante ans. Jusqu'à récemment, six

autres phases ont été découvertes portant ainsi le total à sept.

En 1960, la *Section des hautes pressions*, de la *Division de chimie appliquée* du Conseil s'est mise à l'étude de ces particularités et a dégagé une huitième et neuvième phase qu'on a convenu d'appeler glace VIII et glace IX.

Les phases glaciaires

On peut se demander qu'est-ce qui différencie une phase glaciaire d'une autre. L'explication théorique est que l'ensemble des molécules en présence forment, sous l'effet de certaines pressions et températures, des structures de liaison, causes des différentes propriétés physiques observées. Le passage d'une phase à une autre est l'indication d'un réarrangement de ces structures. Pour toutes les phases glaciaires, les atomes d'oxygène constituent un réseau cristallin régulier; la différence entre les phases provient donc de l'orientation particulière des deux atomes d'hydrogène liés à chacun de ceux-ci. Il faut noter toutefois qu'à une température trop basse, les molécules n'ont plus l'énergie suffisante pour un réarrangement éventuel et demeurent figées dans leur orientation première.

La détermination des caractéristiques d'une phase glaciaire est formalisée par la réponse de la glace à un signal électrique. On obtient ainsi une expression graphique de la capacité et de la conductance

en fonction de la température et de la pression. Les points de brisure de la courbe indiquent généralement un changement de phase.

La glace I est celle, on le sait, qui existe aux conditions normales. La glace VIII apparaît lorsque la pression est supérieure à 20000 atmosphères, à une température pouvant même aller jusqu'à 100°C ! A l'aide d'une technique raffinée, le Dr Edward Whalley, directeur de la Section, a pu observer que la glace VII a une conductivité et une permittivité très basses quand la température descend sous 0°C, suggérant ainsi la présence d'une phase différente. Une étude plus poussée du phénomène a confirmé le fait que nous nous trouvions bien en présence d'une phase glaciaire encore inconnue.

Poursuivant toujours les recherches, mais en utilisant la technique de la spectroscopie infrarouge cette fois, on a observé que la glace III dont la configuration d'atomes d'hydrogène n'a pas d'orientation préférentielle, en présentait une, en fait, à -100°C et sous quelques milliers d'atmosphères. Encore une fois, la seule conclusion qui s'imposait était que l'on avait découvert une nouvelle phase glaciaire, la glace IX.

Selon le Dr Whalley, l'intérêt de ces études en chimie-physique est présentement d'ordre spéculatif. Mais la connaissance de la glace aidera à mieux comprendre les mécanismes moléculaires de l'état liquide et, par voie de conséquence, de la molécule d'eau, substratum de la vie...

Traduction et adaptation d'une nouvelle parue dans le *NRC Research News* de mars-avril 1967, par Alain Bonnier du Bureau des relations extérieures du Conseil national de recherches du Canada, été 1967.

Face à l'embouteillage croissant des airs et des mers, l'astronautique lance les guides de l'espace :

Les satellites de navigation

par Jean-René ROY

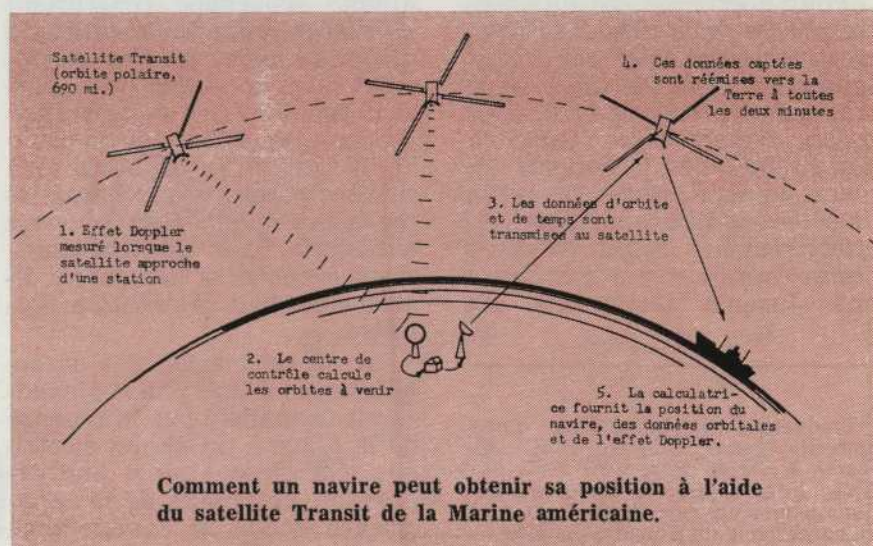
L'augmentation croissante du trafic maritime et aérien exige une mise en chantier d'un système de navigation efficace, rapide et précis pour localiser et diriger tous les véhicules parcourant la surface de la terre. Aux Etats-Unis, le problème aérien prend une tournure très critique; durant la prochaine décennie, le nombre d'appareils commerciaux passera de 2 125 à 3 500, et le nombre de passagers de 114 millions à 352 millions. L'astronautique apporte à point son aide dans ce domaine grâce au *satellite de navigation* qui semble s'affirmer l'instrument par excellence pour répondre à cette importante question des avions et des navires: où suis-je? L'Agence fédérale d'aviation des Etats-Unis estime qu'entre 8 000 et 9 000 avions parcourent le ciel durant le jour. Pour les prochains supersoniques, près de 70 appareils Concorde dont déjà commandés pour 1971 et plus de 115 appareils B-2707 le sont pour 1974.

L'aîné: le transit

Le satellite de navigation devint réalité le 13 avril 1960 quand la Marine américaine mit en orbite le précurseur de la génération Transit, l'engin Transit I-B; pesant 265 livres, ce véhicule spatial emportait à son bord deux oscillateurs

ultra-précis, un balayeur à infrarouge, deux récepteurs et émetteurs ainsi qu'un réseau de photocellules et de piles au nickel-cadmium chargées d'assurer l'alimentation en énergie électrique des instruments de bord.

Le satellite Transit avait comme tâche de fournir à chaque 1 $\frac{3}{4}$ heure aux sous-marins atomiques Polaris et aux vaisseaux de la flotte de la Marine, leur position avec une très grande précision, et de façon à ce que personne d'autre n'eût pu dire où étaient les navires. Et la chose se fit de façon superbe. On réussit même à atteindre une précision de l'ordre de 300 pieds: il fallut recourir à des calculatrices électroniques, connaître avec précision la vitesse des navires et suivre la variation de fréquence de l'onde (Effet Doppler: fonction de la vitesse avec laquelle la source se déplace) émise par le Transit qui passait pendant 6 à 8 minutes et intégrer le tout dans la machine électronique. Les Transits orbitaient sur une trajectoire polaire (plan d'orbite incliné à 90° par rapport à l'équateur de la Terre) d'environ 600 milles au-dessus du sol. Un schéma accompagnant ce texte montre le fonctionnement du Transit fournissant les coordonnées de position à un navire.



Un cadet mieux pourvu

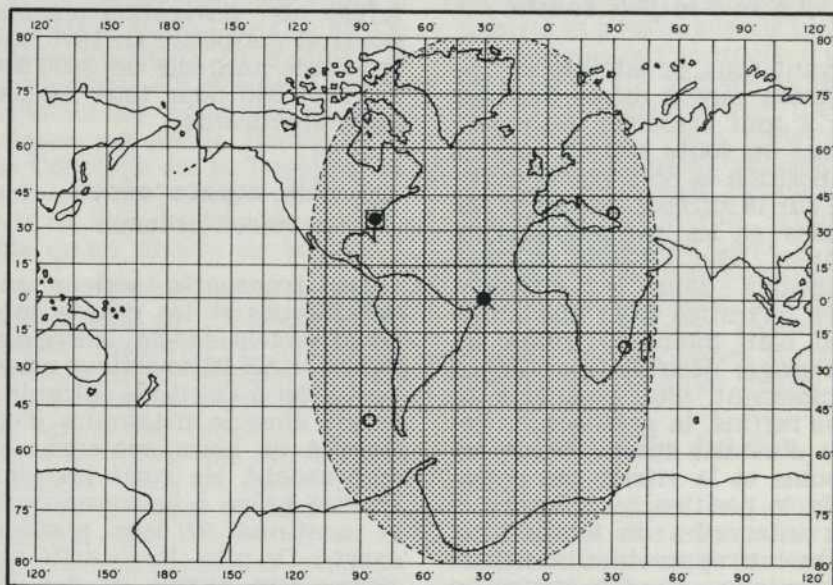
Toutefois, la version Transit devient désuète et déjà les spécialistes ont envisagé une forme plus complexe de satellite de navigation. Au lieu du Transit ou du satellite de navigation militaire de 140 livres projeté dans l'espace par la fusée Scout, c'est un ou deux et même 3 satellites totalisant 1 000 livres qui seront mis en orbite d'un seul coup par la fusée Atlas-Centaure. On utilisera un émetteur d'ondes ultra-courtes, étant donné les plus larges bandes spectrales disponibles et l'absence d'interférence avec les stations d'ondes très courtes et les récepteurs des autres satellites en orbite.

Des centaines d'avions, des milliers de navires et d'innombrables autres usagers pourront obtenir leur position avec une précision rarement atteinte au moyen de l'engin spatial; ce dernier demeurera orienté vers la Terre grâce à un nouveau procédé utilisant la différence de force de gravitation entre deux points différemment éloignés du centre de la Terre. L'alimentation en électricité sera tirée de cellules solaires et des piles prendront la relève lors des périodes de pointe ou durant les nuits et les éclipses. Envisageant des appareils plus puissants et consommant plus d'énergie, on prévoit utiliser l'énergie libérée par la désintégration des isotopes radioactifs; le satellite Transit IV-A, lancé le 29 juin 1961, fut d'ailleurs le premier engin spatial à utiliser l'énergie atomique pour son alimentation, grâce au générateur SNAP pesant 4 ½ livres et produisant 3 watts; mais c'est 500 à 700 watts qu'il faudra fournir à notre satellite de navigation, beaucoup plus gourmand que ces prédécesseurs.

Face au grand nombre d'orbites possibles, les hommes de science ont opté pour l'avantageuse orbite « stationnaire » de 24 heures à 22 300 milles au-dessus de l'équateur, où un vé-

hicule tourne autour de notre planète avec la même vitesse angulaire que la Terre et demeure ainsi toujours au-dessus du même endroit.

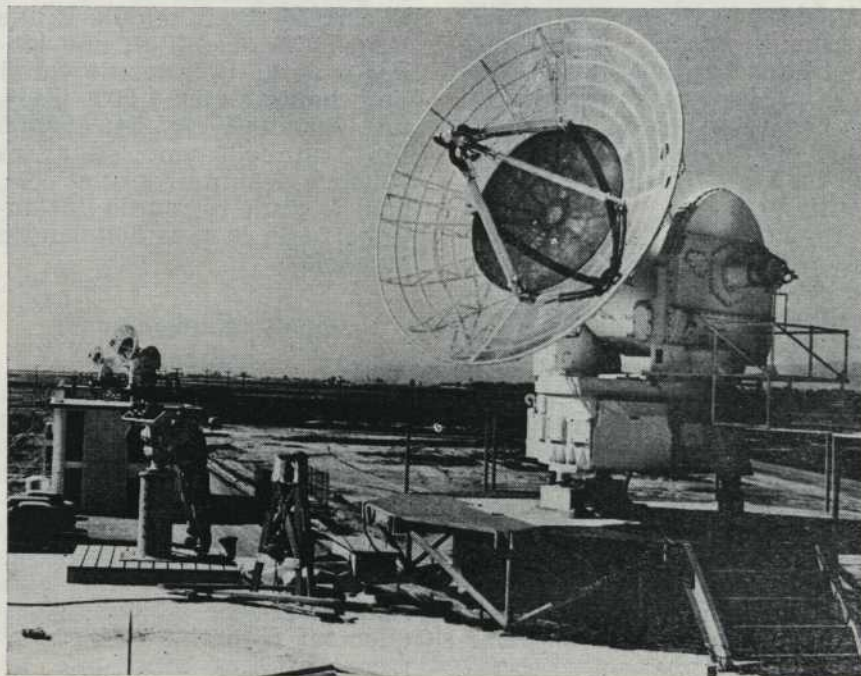
Ainsi, 3 à 6 satellites pourront aisément servir tous les usagers situés entre les latitudes 70° Sud et 70° Nord. Un seul satellite de navigation



● Satellite ● Centre de contrôle / Station de référence ○ Station de référence

Région desservie par un seul satellite de navigation placé sur une orbite synchrone.

Radar de type « FPS 16 » opérant sur une fréquence de 5 400 à 5 900 mégacycles, chargé de détecter et de suivre les satellites en orbite autour de la Terre. Le réflecteur mesure 12 pieds de diamètre et permet de déterminer la distance entre deux points distants de 580 milles avec une précision de 21 pieds. Le travail de ces radars combiné avec le satellite de navigation et autre station de référence pourra améliorer cette précision de beaucoup.



pourrait même desservir tout l'Atlantique sud et nord, région extrêmement occupée, dans les airs et sur mer.

La voie la plus courte

Avant tout, le satellite de navigation sera à même de fournir à tout véhicule, toute personne ou toute station côtière, sa position la plus exacte possible sur la surface terrestre. Les avions et les paquebots recevraient leur latitude et leur longitude dans les coordonnées terrestres avec une précision d'au moins un mille. Et si l'usager désirait financer un équipement plus complexe et plus raffiné, la précision en serait d'autant accrue. Selon les besoins et la vitesse des appareils, la position sera fournie à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés: les avions subsoniques, une fois toutes les 5 minutes; les appareils supersoniques, à chaque minute; les hydroglisseurs, à chaque heure; les paquebots, à toutes les 3 ou 4 heures. La position sera transmise directement et automatiquement dans la cabine du pilote.

Il est assez intéressant de s'arrêter aux possibilités et aux bénéfices provenant de l'utilisation du satellite de navigation dans l'acquisition de données précises pour localiser les grands véhicules de transport. Ainsi, l'Administration maritime des Etats-Unis prévoit même l'entrée en service de vaisseaux *automatisés*, qui seraient dirigés par satellites; un vaisseau de cette sorte pourrait quitter Halifax pour l'Europe avec à son bord un équipage d'ingénieurs en électronique pour opérer et entretenir l'équipement; le navire n'aurait qu'à suivre sa voie prédéterminée à l'aide des informations provenant du satellite.

La position transmise par le satellite serait fournie à la calculatrice pour garder le vaisseau sur sa trajectoire planifiée. On estime actuellement

que l'obtention des coordonnées de position nécessite environ 380 heures annuellement pour chaque navire; ce travail coûte \$2 800. Le même organisme a calculé que l'aide d'un satellite de navigation efficace pourrait permettre en 1975 une économie annuelle de \$600 000 à \$1 400 000 pour tous les navires américains.

Un espace aérien mieux ordonné

Les transports aériens supersoniques et les géants subsoniques tels le C-5A, le Boeing-747 ou le AN-22 soviétique pourront voler à l'altitude optimum, tirant ainsi le maximum d'efficacité de leurs moteurs, et empruntant les voies les plus courtes grâce à la connaissance continue de leur position exacte. De plus, la sécurité aérienne sera accrue, et des bénéfices appréciables seront réalisés si les corridors aériens sont éventuellement restreints. Ce rétrécissement des voies aériennes demeure tout à fait possible grâce au travail précis du satellite de navigation; actuellement, les corridors aériens sont de 120 noeuds en largeur, 20 minutes de vol en longueur et 2 000 pieds en verticale. Si le corridor était refoulé à une largeur de 90 milles, une longueur de 15 minutes de vol et une hauteur de 1 000 pieds, une économie de \$46 500 000 irait annuellement dans les goussets des intéressés; et cela, pour la seule région de l'Atlantique nord, la plus achalandée au monde.

Appels téléphoniques: onéreux

Le satellite de navigation pourrait même accommoder les passagers des lignes maritimes et aériennes d'un service téléphonique permanent avec les continents. Quoiqu'un appel de cette sorte serait plutôt onéreux, le service est technologiquement réalisable et les hommes d'affaires ainsi que les

chefs d'état ou diplomates pourront s'en prévaloir.

On espère aussi pouvoir faire transférer, des avions à l'usine de maintenance de la compagnie aérienne, un bulletin continu de la performance et du comportement de l'appareil en vol; on voudrait ainsi posséder un diagnostic complet des différentes pièces de l'avion. Il sera intéressant pour les techniciens et ingénieurs de l'aéronautique d'avoir constamment une foule de données sur la poussée et la structure des moteurs, l'écoulement et la consommation du carburant; d'autre part, les ailes, la queue et le fuselage pourront être sujets à une série de mesures sur les vibrations et la fatigue du métal qui seraient ensuite transmises aux intéressés via le satellite de navigation. Voilà un engin spatial qui s'avère de plus en plus le factotum de l'espace. Les plus astucieux parlent même de soumettre le pilote ou autre membre de l'équipage à des mesures sur la pression artérielle et le comportement du coeur. Toutes ces mesures seraient prises et retransmises à chaque demi-heure par le satellite aux centres de recherches responsables. Les données reçues pourront être analysées sur cerveaux électroniques et toute défectuosité mettra à jour les défaillances possibles. Les résultats seront passés au crible et des ordres seront émis de réduire la vitesse ou l'altitude de l'avion, de changer le pilote si nécessaire ou de lui accorder une heure de sommeil.

Feu vert ! Feu jaune ! Feu rouge !

A l'aide des satellites de navigation, il sera possible d'avoir une vue d'ensemble et un contrôle de tout le trafic maritime et aérien. Si les contrôleurs du trafic aérien ont périodiquement et précisément la position de tous les appareils volant dans leur région, les avions peuvent être répartis dans un espace aérien plus restreint,

mieux contrôlé et tout risque de collision réduit à néant. Ce système préventif pourrait fonctionner ainsi.

A toutes les cinq minutes pour les appareils subsoniques et à chaque minute pour les supersoniques, la latitude, la longitude et l'altitude sont fournies à la station de contrôle la plus rapprochée. La détermination de ces trois données essentielles s'accomplit par l'intermédiaire du satellite et avec les calculs effectués à la station terrestre. Tout appareil est cédulé pour voler dans un volume aérien déterminé à l'avance: si par un hasard dangereux, on retrace deux appareils volant dans un même volume aérien, ceci indique qu'un avion a dévié de sa course, empiète chez un voisin et qu'une collision est possible. Les contrôleurs, au moyen du satellite de navigation, avertissent et dirigent le réfractaire sur sa ligne de vol assignée.

Agents de sécurité

Les appareils actuels de transport à réaction tels que les Douglas, Boeings, Caravelles, Vickers et nombreux autres, circulent généralement à une altitude moyenne de 35 000 pieds. L'altitude économique et pleinement efficace pour le rendement des appareils supersoniques comme le Boeing-2707, le Concorde ou le Tupolev-144, sera de 75 000 pieds où la densité de l'air est 22 fois plus faible qu'au niveau de la mer.

A cette altitude, le manteau protecteur de l'atmosphère a perdu beaucoup de son épaisseur et de sa densité. Comme il est connu que la radioactivité lors d'une explosion solaire peut accroître son intensité de plusieurs fois et envoyer des jets de protons de très haute énergie dans l'espace, il est de première nécessité de protéger les passagers et l'équipage contre les doses dangereuses de radiations fréquentes à l'altitude de croisière des appareils se dé-

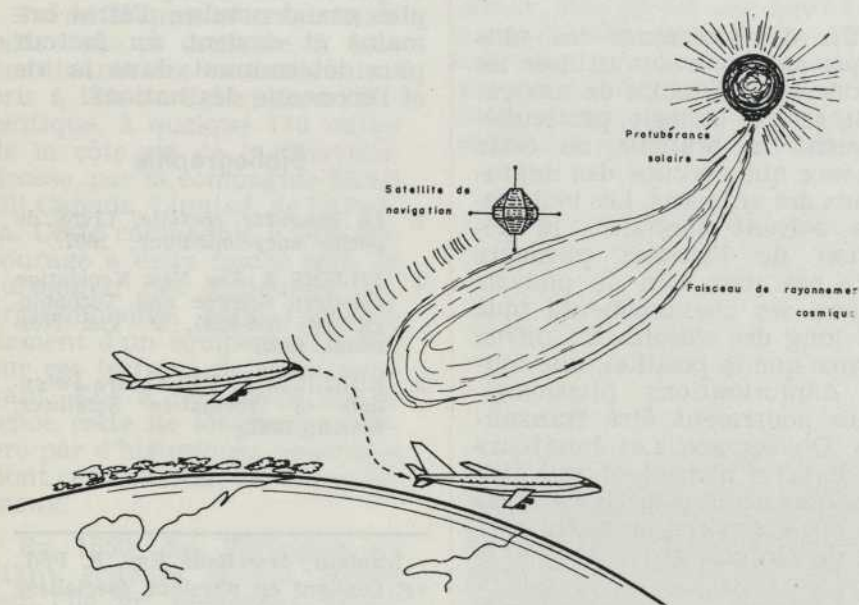
plaçant à la vitesse de 2.7 Machs.

Chargé d'épier les sautes d'humeur du soleil, le satellite de navigation sera équipé de détecteurs de rayons cosmiques solaires et pourra avertir les supersoniques de l'approche d'une zone ou d'une période de haute intensité radioactive. Un signal d'urgence sera émis vers tous les appareils accessibles lorsque l'intensité radioactive atteindra un niveau critique. L'avion descendra alors à une altitude de 40 000 pieds environ où l'atmosphère, déjà plus de 5 fois plus dense, ralentit et absorbe les particules du rayonnement cosmique solaire.

Les guides des airs

Plusieurs zones de turbulence dans les airs et sur mer demeurent impossibles à observer par les moyens conventionnels ou les satellites météorologiques comme le Tiros, le Nimbus ou l'Essa. Seuls, les pauvres passagers malencontreusement secoués dans des poches d'air, des orages soudains ou des tempêtes, l'expérimentent désagréablement par un détestable mal de mer. Plusieurs de ces tempêtes sont assez fortes pour endommager les avions ou les navires, les forçant à ralentir leur course; de là, le temps et le coût d'opération augmentent; ceci parfois, en même temps que l'indisposition des voyageurs à l'égard de la compagnie.

Le rôle du satellite de navigation sera de capter les données météorologiques et océanographiques émises périodiquement et automatiquement par les vaisseaux et les avions en opération. Si ces données indiquent une zone de turbulence à telle altitude, longitude et latitude, ordre sera émis aux autres d'éviter cette zone, qui normalement devraient franchir cette région. De plus, les régions aériennes et maritimes trouvées les plus confortables et les plus calmes seront détectées et utilisées afin de



Les appareils supersoniques, volant à des altitudes de 75 000 pieds, devront être protégés contre les « explosions solaires » dans une zone où l'atmosphère a perdu de sa densité. Le satellite de navigation sera équipé de détecteurs de rayons cosmiques et solaires et pourra avertir les avions lors d'un danger.

mieux accommoder la clientèle et les compagnies de service. Il est facile de prévoir que bientôt les compagnies se feront un orgueil de faire leur publicité en garantissant à leurs usagers qu'ils seront guidés en toute sécurité vers les terres lointaines par un satellite et une batterie de cerveaux électroniques.

Un nouvel instrument pour la météorologie et l'océanographie

En plus de son utilité économique dans la détermination des positions et les communications, le satellite de navigation sera de précieux secours en recherche scientifique, tout particulièrement dans les domaines météorologiques et océanographiques. C'est surtout dans les domaines de recherche utilisant des stations automatiques comme les ballons ou bouées, que notre détective spatial jouera pleinement son rôle. Les météorologues s'arrachent les cheveux de ne pouvoir déterminer la vitesse et la direction des vents aux différentes altitudes. Ces données, en ajoutant la température, la pression et l'humidité, connues à grande échelle, rendraient possibles des prévisions météorologiques des semaines à l'avance au lieu du maigre intervalle de quelques jours comme c'est actuellement le cas. Le satellite transmettra la position exacte des ballons devant voler à des altitudes de pression constante; en mesurant le temps et la distance entre deux points exactement connus, on déduira la vitesse et la direction du vent qui emporte le ballon.

De même façon, les océanographes équiperont leurs bouées de façon à ce qu'elles puissent être interrogées par le satellite; la vitesse et la direction des différents courants marins de tous les océans seront cartographiées plus aisément. Des appareils supplémentaires pourraient même faire connaître la hauteur des va-

gues, la température et la salinité de l'eau. Grâce à ces données, qui sait si l'on ne pourra pas prévoir la naissance des terribles ouragans, typhons ou tsunamis?

Attention aux glaciers !

Les gardes côtières canadiennes, soviétiques, américaines, et autres dépensent annuellement des sommes énormes pour identifier et suivre le mouvement des glaciers sur les mers. Les icebergs sont colorés à l'aide de bombes répandant une matière colorante en explosant, et poursuivis dans l'Atlantique nord. Le satellite de navigation pourrait cartographier périodiquement et automatiquement le mouvement des glaciers à un coût beaucoup moins élevé; on n'aurait qu'à déposer par hélicoptère à l'endroit le plus résistant du glacier, un émetteur doué d'une fréquence précise qui l'identifierait au milieu de tous les autres. Le trafic maritime en serait facilité de beaucoup.

A la poursuite des ours polaires

Un des domaines les plus captivants pouvant utiliser les services du satellite de navigation sera la biologie, particulièrement la branche de cette science qui s'occupe des migrations des animaux. Les biologistes doivent connaître la position de l'animal plusieurs fois par jour afin de pouvoir suivre ses cheminement tout au long des saisons. En même temps que la position, une foule d'informations physiologiques pourraient être transmises. Des appareils et émetteurs miniatures n'auraient qu'à être insérés sous la peau de l'animal ou liés à son cou ou autre partie de son corps.

Quoiqu'il sera impossible d'équiper un oiseau mouche ou une sauterelle des instruments nécessaires, les gros animaux tels les ours polaires, les ours bruns, les éléphants, les ori-

gnaux, les caribous, certains grands oiseaux, les tortues et plusieurs autres sont bien constitués pour supporter l'équipement électronique, l'alimentation en électricité et l'antenne nécessaire pour se soumettre à notre surveillance spatiale.

Un satellite démocratique

En octobre 1965, la Commission pour l'utilisation pacifique de l'Espace des Nations Unies votait une résolution visant à l'établissement d'un réseau mondial utilisant l'espace pour le contrôle du trafic aérien et maritime. Nous aurions affaire au même genre d'organisation qu'INTELSTAT et COMSAT opérant les satellites de communications internationaux Intelstats. Le satellite de navigation serait aussi international, possédé et utilisé par tous les pays sans aucune discrimination. Si les satellites de navigation peuvent guider les sous-marins Polaris autour de la terre, ils peuvent aussi assurer de meilleures et plus sûres conditions de transport aux usagers civils de tous les pays. A chaque étape, l'astronautique sert un plus grand nombre d'êtres humains et devient un facteur plus déterminant dans la vie et l'économie des nations.

Bibliographie

1. *La conquête spatiale*, Livre de poche encyclopédique, 1967.
2. TILSON, S. *The New Navigation* (Modern Science and Technology, pp. 550-563), D. Van Nostrand, 1965.
3. EHRlich, E. *The Future Potentials of Navigation Satellites*, NASA, 1967.

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique spécialisée à la Faculté des sciences, Université de Montréal; pp. 44, 45, 47, dessins de Claude Forest, Joliette, d'après les esquisses de l'auteur; p. 45, photo U. S. Information Service, USIS, Ottawa.

Recherches à l'Île-au-Sable en Nouvelle-Écosse

Le pétrole est manifestement essentiel à la plupart des grands pays du monde. Au Canada, des réserves d'une valeur de plus d'un trillion de dollars de pétrole brut dorment au sein d'assises géologiques bien identifiées et constituent un défi pour les ingénieurs pétroliers, incapables parfois d'en extraire une seule goutte. C'est donc dire que les chercheurs sont toujours aux aguets afin de trouver des réserves pétrolières qui soient exploitables sans trop de frais.

Parmi les plus récents efforts faits dans ce domaine, il faut mentionner les travaux entrepris à l'Île-au-Sable, dans l'Atlantique, à quelque 110 milles de la côte est de la Nouvelle-Écosse, par la compagnie Mobil Oil Canada, Limited, de l'Alberta. Cette compagnie a pris son courage à deux mains afin de surmonter des difficultés invraisemblables pour l'acheminement d'un équipement lourd sur ces terrains de sable mouvant. Elle a fait sortir du silence cette île longtemps célèbre par d'historiques naufrages dont certains sont demeurés fameux.

En 1550, des Portugais s'y étant échoués durent laisser sur l'île un nombreux bétail. Quarante-huit ans plus tard, le marquis de La Roche, nommé lieutenant du roi en Nouvelle-France, s'y dirigeait avec une soixantaine de repris de justice

lorsqu'il décida, avant de débarquer en Acadie, de les déposer temporairement dans l'Île-au-Sable parce qu'il craignait leur désertion. En revenant les chercher avant de gagner Québec, il fut surpris par une tempête qui le repoussa jusqu'aux côtes d'Europe. Cinq ans plus tard, des envoyés de Henri IV n'y trouvèrent qu'une douzaine d'hommes qui avaient pu survivre grâce au bétail abandonné par les commerçants portugais. Champlain en 1603, rapporte dans un récit de voyage qu'il débarqua sur cette île « fort sablonneuse, sans bois de futaie, et dont une grande partie est couverte de taillis et d'herbages où paissent des chevaux, des boeufs et des vaches ». John Rose, capitaine bostonnais, qui y fit naufrage en 1633, raconta à son tour qu'il vit plus de 800 têtes de bétail. A la fin du 18e siècle, les Acadiens vinrent y chercher ces animaux qui étaient pratiquement retombés à l'état sauvage.

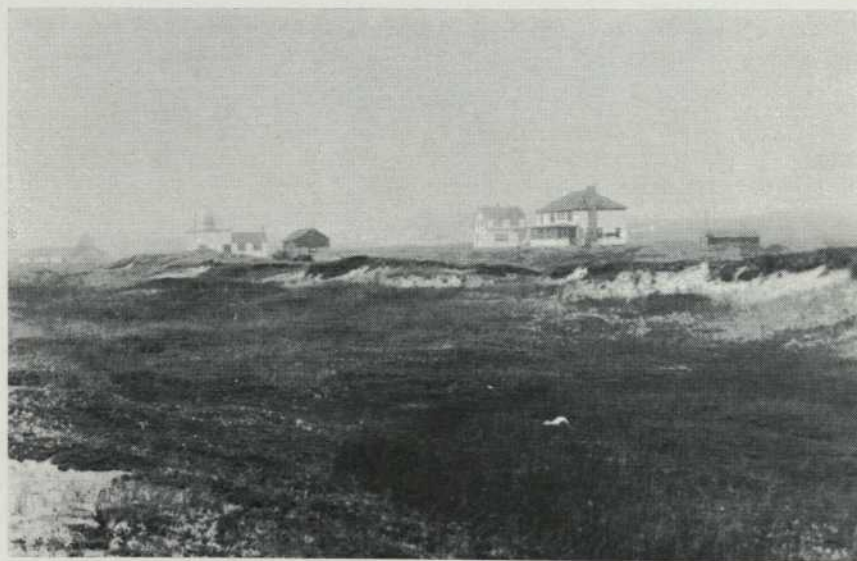
L'Île-au-Sable quitte son monde de mystère et de solitude pour céder la place aux scientifiques fédéraux de la météorologie, aux techniciens du pétrole. Elle prend une nouvelle signification pour la Nouvelle-Écosse, province qui en est responsable. Cette île de 30 milles de long sur un mille de large groupe quelques personnes



dont ceux de la compagnie pétrolière (une vingtaine) et une dizaine d'autres s'occupant d'une station météorologique et d'un phare. Il n'y a pas d'arbres, on y trouve des chevaux sauvages et une certaine flore.

Grâce aux recherches sur le pétrole, l'Île-au-Sable vient d'entrer dans la vie publique.

Photo-reportage de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa; texte de Gaston Lapointe, photos de John Ough.



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.*