

PR

169

Québec science

VOL 11/NO 1/AOÛT-SEPTEMBRE 1972/\$0.50

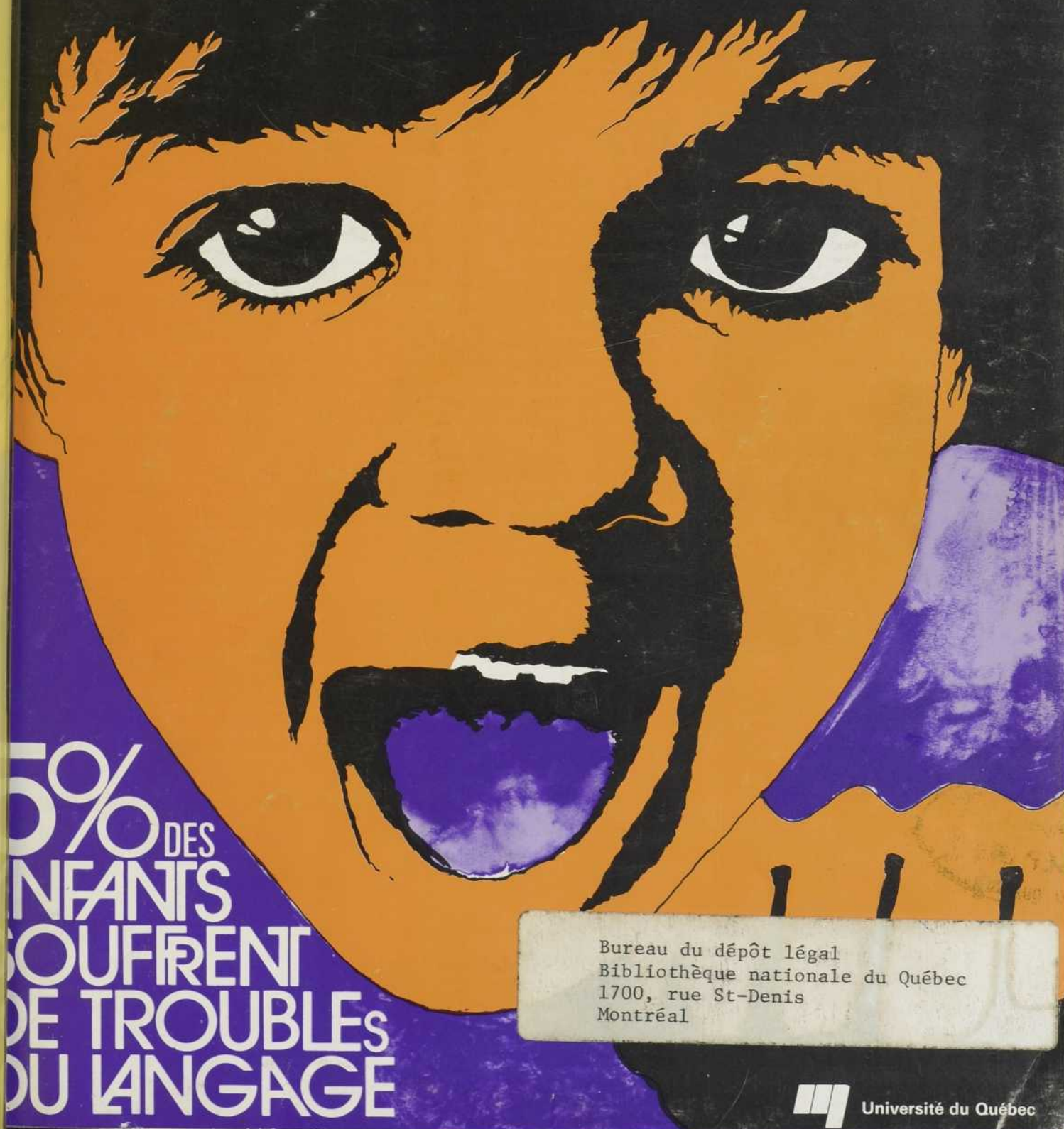
CROISSEZ, MAIS NE VOUS MULTIPLIEZ PLUS p. 5

L'AQUARIUM ÉCOLOGIQUE p. 30

RADIOACTIVITÉ ET VIE
QUOTIDIENNE p. 23

LE QUÉBEC ENTRE DANS LE CLUB
DE L'ACIER p. 10

L'AVENTURE DU SYSTÈME
DÉCIMAL p. 18



50% DES
ENFANTS
SOUFFRENT
DE TROUBLES
DU LANGAGE

Bureau du dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
1700, rue St-Denis
Montréal



Université du Québec

VOUS
DITES?



mise au point de:



En rentrant de voyage, j'ai trouvé votre dernier numéro de QUÉBEC SCIENCE dans lequel est dressé un bilan de l'information scientifique télévisée et consacré en grande partie à La Flèche du Temps. Je relève quelques erreurs importantes dans l'article que vous avez publié.

Dans le paragraphe sous-titré *Les Faiblesses*, l'auteur de l'article parle de l'émission dans laquelle nous portons à la connaissance du public la mise au point d'un pacemaker isotopique, dans les laboratoires Alcatel en France, sous la supervision du Docteur Laurens.

Précisons d'abord que nous n'avions pas l'intention de faire une émission sur le pacemaker qui est bien connu et utilisé fréquemment, mais sur la nouvelle source d'énergie que constitue la pile à plutonium qui porte la durée de vie du pacemaker de 18 mois à 10 ans.

Dans l'article, l'auteur dit: "La Flèche du Temps consacrait quelques minutes à la présentation d'un pacemaker alimenté par une pile nouveau genre, non plus chimique mais atomique." Or, la partie de l'émission qui traitait de ce sujet durait 19 minutes.

D'autre part, l'auteur dit: "On a pu voir (sans autre information) que le pacemaker en cause portait la marque de la société américaine Medtronic, qui fabrique la majorité des appareils du genre utilisés par les cardiologues du monde occidental, mais on n'a pas cru opportun de préciser si la pile au plutonium était américaine ou française, sinon de conception, du moins de fabrication." Dans la narration, Paul-Emile Tremblay donnait l'information suivante: "Cette femme n'aura plus à craindre le retour des syncopes. Cette assurance, elle la doit à une pile de longue durée mise au point en France par un groupe de chercheurs du Commissariat à l'Énergie Atomique, de l'Hôpital Broussais et de la Société Alcatel."

Il en est de même pour les possibilités d'emploi de ce pacemaker à Montréal: durant l'émission, le Docteur Laurens mentionnait que seuls certains pays européens, unis par un accord sur le transport des éléments radioactifs avaient donné l'autorisation d'utiliser ce microgénérateur, que les pourparlers étaient en cours avec les autres pays du monde et il mentionnait le Canada. Ce stimulateur a été implanté en France et nous avons même un interview avec une patiente qui portait cet appareil.

Il me semble donc que l'auteur de l'article a écouté cette émission distraitemment ou alors il n'a rien compris.

Jean Martinet, réalisateur

pollution vs escherichia coli

Je crois qu'il est dans l'intérêt de tous les lecteurs et surtout dans l'intérêt de ceux qui soumettront des critiques à QUÉBEC SCIENCE, de connaître les règles auxquelles sont soumis les auteurs de la chronique Le Labo.

En effet, M. Fernand Miron, dans sa critique du mois de mars (vol. 10, no 6, mars 1972) semblait fort déçu de l'article de Milles Thérèse Desrosiers et Lucille Boisvenue, publié en page 24 du no 3, vol. 10, décembre 1971, et qui s'intitulait: *Comment savoir si votre eau est polluée*.



Après avoir lu plusieurs fois l'article et la critique, nous en avons conclu qu'il n'en voulait qu'au titre de l'article et que celui-ci le faisait douter des connaissances des auteurs. Il relevait entre autres le danger d'*Escherichia Coli* et le généralisait si bien que l'article en perdait tout son sens puisqu'il le projetait hors des cadres que l'on s'était imposé pour la publication.

De toute évidence, une mise au point s'impose.

1. Ce n'est pas l'auteur qui choisit son titre mais bien l'équipe de QUÉBEC SCIENCE chargée de réviser les ouvrages. Je vois mal un étudiant du Secondaire s'intéresser à un article qui aurait pour titre *Comment déceler la présence d'une bactérie appelée Escherichia Coli*, à moins qu'il ne soit déjà renseigné sur le sujet ou qu'il s'intéresse particulièrement aux mots dont il ne connaît pas la signification, ce qui n'est généralement pas le cas. Le titre d'un article doit être approprié à ceux à qui l'auteur s'adresse. Il doit aussi piquer la curiosité des lecteurs du journal.

2. L'article est généralement corrigé par des professeurs compétents avant d'être envoyé à QUÉBEC SCIENCE et ce, trois mois avant la publication. À QUÉBEC SCIENCE, une équipe de spécialistes révisé la bibliographie de l'article. En un mot, l'article est passé au crible pendant au-delà de trois mois avant d'être publié.

J'espère par cette brève réponse à M. Fernand Miron, avoir rendu service à tous les lecteurs de QUÉBEC SCIENCE qui sauront désormais se servir du titre pour n'être que plus intéressés au contenu des articles des jeunes scientifiques.

Thérèse Desrosiers

québec science



Illustration d'après une photo d'Antoine Godbout
Grâce à l'orthophonie, les troubles du langage peuvent être vaincus.

© Tous droits réservés 1972 — Université du Québec — Courrier de deuxième classe, enregistrement no 1052 — Dépôt légal troisième trimestre 1972 — Bibliothèque nationale du Québec — Imprimé au Canada.
QUÉBEC SCIENCE, magazine d'information scientifique publié 10 fois l'an par l'Université du Québec en collaboration avec le ministère de l'Éducation et l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS).
Les articles de QUÉBEC SCIENCE sont indexés dans le Répertoire analytique d'articles de revues du Québec (RADAR).
Tout écrit reproduit dans le magazine n'engage que la responsabilité du signataire.

Direction
Jean-Marc Gagnon
Promotion et publicité
Daniel Choquette

Secrétariat
Patricia Larouche

Diffusion
France Dion

Réalisation graphique
couthuran et amis, Québec

Impression
l'éclaireur Itée, Beauceville, Québec

Diffusion dans les kiosques
les messageries dynamiques inc.

Comité de rédaction
Michel Boudoux
Daniel Choquette
Christian Coutlée
Jean-Marc Fleury
Jean-Marc Gagnon
Pierre Sormany
Yanick Villedieu

Abonnements
Un an (10 numéros)
Étudiants: \$2.50
Adultes: \$3.50 (Canada), \$4 (étranger), \$10 (soutien)
Vente à l'unité: \$0.50

Correspondance
Adresser toute correspondance à: QUÉBEC SCIENCE,
Case Postale 250, Sillery, Québec 6.
Téléphone: Québec (418) 657-2435, Montréal (514) 876-8066.

Membres du comité d'orientation
Claude Arseneau, Association des jeunes scientifiques
Armand Bastien, coordonnateur de chimie-physique, Commission des écoles catholiques de Montréal
André Beaudoin, Éducation et affaires étudiantes, ministère de l'Éducation
Paul Bélec, professeur, Centre de recherches urbaines et régionales (INRS), Université du Québec
Louis Berlinguet, vice-président à la recherche, Université du Québec
Roger Blais, professeur de physique, CEGEP de Sainte-Foy
Claude Boucher, professeur de mathématiques, Université de Sherbrooke
Maurice Brossard, vice-recteur à l'enseignement et à la recherche, Université du Québec à Montréal
Yvan Chassé, professeur, Département de physique, Université Laval
Pierre Dansereau, directeur, centre de recherche écologique de Montréal (CREM)
Jacques Desnoyers, professeur de chimie, Université de Sherbrooke
Guy Dufresne, directeur des projets spéciaux, Consolidated Bathurst
Pierre Dumas, chercheur, Société Radio-Canada
André Fournier, responsable de l'enseignement des sciences au secondaire, ministère de l'Éducation
Serge Fradette, étudiant, Université de Montréal
Jean-Claude Gauthier, étudiant, Collège Bourget, Rigaud
Gordín Kaplan, professeur de biologie, Université d'Ottawa
Paul Laurent, Service d'information, relations publiques, Hydro-Québec
Guy Rocher, professeur de sociologie, Université de Montréal
Jacques Sicotte, étudiant, CEGEP Bois de Boulogne
Guy Simard, étudiant, CEGEP du Vieux-Montréal

SOMMAIRE

- 2 **Vous dites?**
- 4 **Éditorial: CROISSEZ ET MULTIPLIEZ-VOUS**, par Jean-Marc Gagnon
- 5 **CROISSEZ MAIS NE VOUS MULTIPLIEZ PLUS**, par Jean-Jacques Treyvaud
Une analyse percutante des sombres perspectives d'avenir de la planète des hommes.
- 9 **DU FER À L'ACIER**, par Rémi Tougas
Comment on fabrique l'acier.
- 10 **LE QUÉBEC EST ENTRÉ DANS LE «CLUB DE L'ACIER»**, par Jean-Marc Fleury
A l'opposé de la Chine, le Québec est en train de réussir un grand «bond en avant» en mettant en marche l'aciérie la plus moderne au monde.
- 11 **LES MALADIES DU LANGAGE**, par Nicole Gacis et Michel Roulin
Le dossier complet des troubles du langage et leurs correctifs.
- 16 **L'ORTHOPHONIE AU QUÉBEC**, par Nicole Gacis
Une réponse urgente à des problèmes pressants.
- 18 **L'AVENTURE DU SYSTÈME DÉCIMAL**, par Louise Martin
Alors que les Romains auraient utilisé 42 lettres pour écrire 702 884, il ne nous en faut que 8.
- 23 **RADIOACTIVITÉ ATMOSPHÉRIQUE ET VIE QUOTIDIENNE**, par Jean Guimont et Jean-Claude Roy
Le bilan de toutes les explosions nucléaires de 1945 à 1972 et les effets de la radioactivité sur l'homme.
- 28 **Flash**, par Jean-Marc Fleury
En l'an 2 000, l'ordinateur sera aussi intelligent que l'homme; Vénus perd ses secrets.
- 30 **L'expérience du mois: L'AQUARIUM ÉCOLOGIQUE**, par Michel Boudoux
Comment fabriquer votre propre mini-écosystème.
- 33 **Échec et Maths, LES NAUFRAGÉS**, par Claude Boucher
- 34 **Voulez-vous lire?**

croissez et multipliez-vous

À l'inverse de l'ensemble de notre planète, QUÉBEC SCIENCE doit croître tout en multipliant le nombre de ses lecteurs (sans pour autant risquer de provoquer une croissance démographique galopante!). Notre récent sondage, auquel 463 lecteurs ont répondu, nous indique clairement que de vouloir scruter l'actualité à travers une lentille scientifique constitue la bonne façon d'intéresser le public à la science et à la technologie.

Nous croyons fermement qu'un tel message mérite une large audience et peut contribuer à faire comprendre le sens de l'évolution du Québec. Si de plus en plus de gens s'y intéressent et s'acharment, dans la mesure de leurs moyens à vouloir maîtriser leur environnement — tout en le respectant et en comprenant les lois qui le régissent —, la science marquera un grand pas. Car son influence réelle ne peut s'exercer que si elle parvient à transmettre son message à toutes les couches de la société.

Les lecteurs de QUÉBEC SCIENCE sont de ceux-là. Et c'est dans cette optique de l'évolution horizontale de la science que nous travaillons. L'opinion des répondants à notre sondage ne fait pas l'ombre d'un doute: 92% réclament des dossiers portant sur les implications scientifiques, techniques et sociales des problèmes d'actualité. Ils attendent de QUÉBEC SCIENCE non pas un complément d'étude, mais une révision de leurs connaissances à partir de la vie même, et ce, même si près de 80% des répondants vivent en milieu scolaire. Ils s'intéressent, par ordre d'importance, aux découvertes scientifiques québécoises, à l'actualité scientifique internationale, à la recherche au Québec, aux activités des jeunes scientifiques et, enfin, aux problèmes de la politique scientifique. Preuve qu'on peut n'avoir que 25 ans et moins (77% des répondants) et s'intéresser à des choses fort sérieuses. Preuve qu'un magazine peut être sérieux tout en rejetant l'austérité et l'hermétisme des revues scientifiques traditionnelles.

QUÉBEC SCIENCE a donc décidé de continuer dans la voie suivie jusqu'à présent, en essayant d'accentuer encore davantage la place de l'actualité au sein de ses pages. Afin de seconder les efforts de son personnel permanent et d'étendre son champ d'activité, QUÉBEC SCIENCE s'est attaché les services d'un Comité de rédaction composé de scientifiques et de quelques-uns des trop rares journalistes scientifiques qualifiés au Québec. De plus, nous sommes en train de mettre en place un réseau de collaborateurs-correspondants couvrant tous les secteurs de la recherche et toutes les régions du Québec.

C'est dire que QUÉBEC SCIENCE aura des «antennes» partout et sera à même de poser toutes les questions nécessaires à la compréhension du public.

En parcourant ce premier numéro du volume 11, vous constaterez certains changements mineurs. Ces modifications concernent surtout l'espace attribué aux rubriques. Même si certaines chroniques disparaissent en tant que telles, nous parlerons chaque mois d'environnement, présenterons des carrières nouvelles (ce mois-ci: l'orthophonie) et accorderons toute la place requise aux articles rédigés par des jeunes. De plus, une bonne demi-douzaine de «dossiers» sont en préparation. Leur parution s'échelonnara sur toute l'année.

Parce que nous croyons que le Québec ne peut se payer le luxe de voir se multiplier les revues d'information et de vulgarisation scientifique, nous comptons aussi éditer à quelques reprises au cours du présent volume, des cahiers spéciaux, en collaboration avec des organismes scientifiques. Peut-être parviendrons-nous ainsi de façon progressive à répondre tant aux besoins de ceux qui oeuvrent dans le secteur scolaire, les loisirs ou la politique scientifique, qu'à ceux du public en général. Les très nombreux lecteurs qui considèrent insuffisants le nombre de pages et la fréquence de parution du magazine verront en même temps leur appétit satisfait.

Si l'avenir du Québec repose en grande partie sur son effort scientifique et technologique, cet effort mérite de connaître la diffusion la plus large possible, avis que partagent 85% des lecteurs qui ont déjà recommandé la lecture de QUÉBEC SCIENCE.

Jean-Marc Gagnon

RÉSULTATS DU SONDRAGE

463 lecteurs ont répondu à notre sondage. Les 42 questions posées se subdivisaient et atteignaient un total de 277. Le nombre des réponses à compiler représentait donc 128 251 (277 x 463). Il a fallu recourir aux bons offices de l'ordinateur central (CDC-6400) du Siège social de l'Université du Québec (où loge QUÉBEC SCIENCE) pour les compiler. La chose fut d'autant plus facile que le questionnaire avait été codifié au préalable, de façon à permettre une perforation rapide des cartes.

Restait l'analyse des résultats. Le nombre des corrélations théoriquement possibles s'élevait à 277! (factoriel), soit: 277 x 276 x 275 x 274 x 273 et ainsi de suite, jusqu'à zéro. Nous avons choisi parmi ces innombrables corrélations, celles qui nous semblaient les plus opportunes. Combien? 350 jusqu'à présent. Mais nous n'estimons pas avoir terminé. Bien des questions surgissent encore à notre esprit. Nous comptons bien avant d'arrêter le contenu de chaque numéro, recourir à cette inestimable banque de données et interroger notre ordinateur sur les opinions émises dans le sondage.

De plus, de très nombreux lecteurs ont accompagné leurs réponses de commentaires personnels. Il va sans dire que nous essaierons d'en tenir compte dans toute la mesure du possible. Vos suggestions seront toujours prises sérieusement en considération.

Afin de permettre aux lecteurs curieux de satisfaire leur soif de statistiques, voici les résultats les plus significatifs:

- 60% des répondants sont abonnés à QUÉBEC SCIENCE;
- 52% le sont depuis un an;
- 49% ont de 16 à 20 ans de scolarité;
- 77% ont moins de 25 ans;
- 77% sont de sexe masculin;
- Ils proviennent de toutes les couches sociales, mais plus de 25% sont fils de salariés;
- 60% ne font partie d'aucune association;
- 20% environ lisent d'autres revues à caractère scientifique;
- 91% se déclarent satisfaits de la présentation graphique;
- 92% réclament des dossiers portant sur les implications scientifiques des questions d'actualité;
- 92% lisent soit tous les articles, soit un peu de tout;
- La biologie et l'astronomie constituent leurs principaux centres d'intérêt;
- 21% ont déjà réalisé en tout ou en partie des expériences proposées dans l'Expérience du mois ou le Labo;
- 55% ont déjà lu des livres proposés dans QUÉBEC SCIENCE;
- 70% trouvent les textes faciles à comprendre;
- 56% désirent plus de reportages;
- 57% souhaitent que les principaux articles soient rédigés par des chercheurs;
- 77% trouvent le nombre de pages et de numéros insuffisants;
- 62% trouvent que QUÉBEC SCIENCE accorde un espace raisonnable à la publicité;
- 85% ont déjà recommandé la lecture de QUÉBEC SCIENCE.

croissez mais ne vous multipliez plus



par Jean-Jacques Treyvaud

Un livre: «*The limits to Growth*»,* vient de sortir de presse aux États-Unis et, malheureusement, sa publication est presque passée inaperçue. Les grands chroniqueurs financiers et autres n'ont pas semblé attacher d'importance à ce volume qui constitue pourtant la première contribution du Club de Rome à la planification mondiale de la croissance économique et démographique.

Le Club de Rome est un organisme privé fondé grâce à la générosité d'un industriel italien, le docteur Aurelio Peccei, économiste et futurologue averti. Le Club a pour but de réunir d'éminents hommes de science sans tenir compte de leur nationalité, de leur croyance ou de leur appartenance politique, mais en mettant l'accent sur leurs compétences dans des disciplines variées. Le but de l'exercice pratiqué par le Club de Rome est d'essayer de dresser une vision d'ensemble de l'avenir de notre planète,

compte tenu des développements actuels et des projets mis en route par les nations qui l'occupent.

Le Canada a l'honneur de figurer parmi les participants de ce collège invisible et, en 1968, le premier ministre nommait le docteur J.R. Whitehead représentant de notre pays auprès de ce prestigieux organisme. Le Dr. Whitehead est actuellement sous-secrétaire du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie. Aujourd'hui, cinq Canadiens sont membres du Club de Rome; en plus de la présence du Dr. Whitehead, nous y retrouvons le Sénateur Maurice Lamontagne, le docteur Pierre Gendron, le docteur R.J. Uffen ainsi que M. Ronald Ritchie. Les premières réunions du Club de Rome ont immédiatement conduit ses membres vers un problème majeur: celui de l'impasse dans laquelle se trouve l'humanité à l'aube du vingt-et-unième siècle.

La phase 1 du projet de recherche a pris forme en 1970, lors d'une réunion du Club à Berne, en Suisse. Le professeur Forrester du Massachusetts Institute of Technology (MIT) présenta à l'assemblée le premier modèle global qui permettait une identification claire et nette des différents éléments de la problématique de la croissance.

L'équation du futur ○ Grâce à ce modèle, une équipe internationale de chercheurs placée sous la direction du professeur Meadows a entrepris l'examen des cinq facteurs de base qui composent l'équation de la croissance économique et démographique, et qui, finalement, limiteront la croissance sur notre planète. Ces cinq facteurs sont les suivants:

- la population
- la production agricole
- les ressources naturelles renouvelables et non renouvelables
- la production industrielle
- la pollution

L'équipe de recherche du professeur Meadows vient de terminer ses travaux et le livre qu'elle a publié: *The Limits to Growth*, fait état des premières découvertes scientifiques dans le domaine de la futurologie, cette nouvelle science qui accapare de plus en plus les économistes de tous les pays.

Depuis l'aube des temps modernes, l'homme s'interroge sur l'avenir de l'humanité. Le dix-huitième siècle a vu naître et croître un système capitaliste. Le dix-neuvième siècle a connu l'apogée d'un capitalisme bourgeois qui a débouché

RÉFÉRENCE

* Meadows, D.L. "The Limits to Growth" Potomac Associates Bohm, 1707 L Street Northwest N.W., Washington, D.C., 20036, 1972

Dissez mais ne vous multipliez plus crois

finalement sur les deux grandes options du vingtième siècle, le capitalisme de masse, tel qu'on le connaît aujourd'hui en Occident et le socialisme marxiste-léniniste ou le maoïsme, tel qu'on le pratique dans les pays du bloc socialiste.

Le premier point important soulevé par l'équipe de recherche du Club de Rome est que les cinq facteurs identifiés et mentionnés plus haut s'avèrent valables autant dans un régime socialiste que dans un régime capitaliste. Qu'on le veuille ou non, les problèmes que les nations auront à affronter d'ici la fin du siècle constituent des problèmes sans frontières.

Un espace restreint ○ Le second point réside dans le fait qu'évoluer dans un espace limité impose à l'humanité certaines contraintes. En effet, les ressources naturelles, même celles qui se renouvellent comme l'eau, l'air, les marées, ne peuvent supporter une croissance sans limite de la population ou de la productivité.

L'équipe du Club de Rome démontre combien les limites de l'écologie nous enserrent et combien un gaspillage désordonné de nos ressources pourrait compromettre à tout jamais nos chances de survie au sein d'un monde équilibré.

Jusqu'à présent, la plupart des économistes et des industriels se sont préoccupés de la croissance linéaire de l'économie et de la productivité industrielle, c'est-à-dire de l'accroissement procentuel du PNB (Produit National Brut) ou de la production par rapport à celle de l'année précédente.

Il faut désormais introduire dans ce concept de la croissance des cinq facteurs de base, l'accroissement non plus linéaire, mais exponentiel. Ce qui revient à dire que l'on doit tenir compte des *intérêts composés* de la croissance, que ce soit de la croissance de la productivité, de la population ou de la pollution.

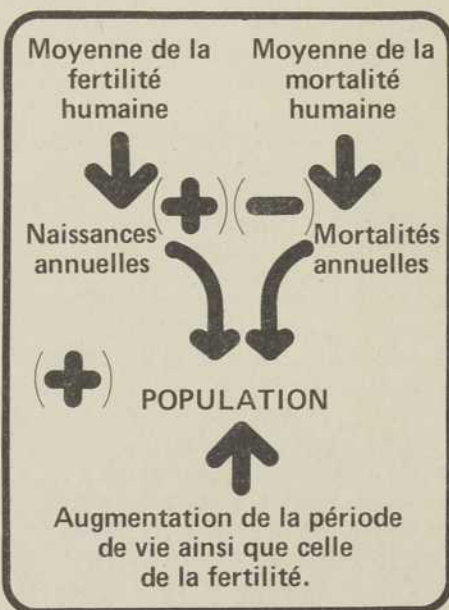
Par exemple, pour l'intérêt bancaire composé, la croissance exponentielle d'une somme de cent dollars placée à un taux annuel de 7% et dont les intérêts s'accumulent, un moment viendra où la croissance du placement atteindra ce que les futurologues ont appelé le *doubling time*, c'est-à-dire le moment où la somme en question doublera. Pour notre 100 dollars, ce *doubling time* arrivera lorsque la somme initiale aura atteint une masse suffisante, grâce aux intérêts composés et accumulés, pour doubler la valeur du capital initial.

Sur la période qui suivra le moment du *doubling time*, nous ne possédons aucun contrôle. La croissance atteindra alors des proportions infinies dans un temps défini, puisque, si l'on poursuit notre exemple du 100 dollars, on ne peut plus chiffrer la croissance, cette dernière tendant à l'infini après la cinquantième année.

C'est là le principe de base qui a permis la première approche de la futurologie économique. Le moment critique de toute croissance est celui où elle parviendra à la période du *doubling time*. Après avoir atteint cette période critique, la croissance des cinq facteurs énumérés au début de cet article deviendra incontrôlable et causera une distorsion telle que seule une catastrophe écologique majeure pourra permettre le rétablissement d'un équilibre.

Les dirigeants mondiaux n'ont commencé que très récemment à se préoccuper de cette forme globale de croissance. Et, il faut l'avouer, seul un nombre très restreint de pays sont en mesure d'évaluer avec précision quelles seront les conséquences dramatiques d'une croissance exponentielle hors de tout contrôle.

7 milliards d'hommes en l'an 2000 ○ Le premier facteur majeur étudié par l'équipe de recherche du MIT est celui de la croissance de la population. Nous avons vu que le simple fait de prendre en considération uniquement une croissance linéaire, c'est-à-dire le taux d'accroissement procentuel d'année en année, ne permettait pas d'avoir une vision claire de l'avenir. Il fallait en arriver à considérer la notion de croissance exponentielle. De fait, la population du globe ne s'accroît pas uniquement à cause du plus grand nombre de naissances que de mortalités. D'autres facteurs interviennent et l'on pourrait en arriver à la situation suivante:



Le schéma ci-dessus aide à comprendre pourquoi, en 1650, la population terrestre atteignait environ un demi-milliard d'individus, avec un taux de croissance de 0,3% par année, ce qui permettait de

prévoir qu'il fallait environ 250 ans pour doubler le chiffre de la population de l'année 1650. En 1970, la population du globe se chiffrait à 3,6 milliards et le taux de croissance, à 2,1% par année; le *doubling time* est passé de 250 ans à 33 ans.

En 1650, la moyenne de la durée de la vie était de 30 ans environ; en 1970 la moyenne est de 53 ans et cette moyenne augmente sans cesse. Ce qui veut dire que si l'humanité continue à améliorer la longévité au taux actuel sans trouver de moyens plus efficaces que ceux dont nous disposons actuellement pour contrôler la fertilité, nous atteindrons une population d'environ 7 milliards d'hommes en l'an 2000. Et, dans soixante ans, l'humanité comptera quatre individus pour chaque personne vivant à l'heure actuelle.

En elle-même, cette croissance constitue un facteur de déséquilibre. Les membres du groupe de recherche du MIT qui ont travaillé à l'élaboration du livre *The Limits to Growth*, ont étudié quelles pourraient être les conséquences d'une telle augmentation de la population terrestre. Si le facteur de la population comporte, comme nous l'avons vu, un *feedback* positif, c'est-à-dire que les éléments de la croissance font en sorte que cette dernière est exponentiellement positive, le facteur de la croissance de la productivité industrielle l'est aussi.

De plus en plus pauvres ○ La croissance économique suit la même tendance positive que celle de la population. Mais les éléments de cette croissance économique s'avèrent beaucoup plus fragiles et plus difficiles à cerner. Par exemple, même si la croissance globale est positive, son taux varie d'un pays à l'autre. A première vue, on pourrait croire qu'un taux de 7% est satisfaisant, si on le compare au taux de croissance de 2,1% de la population. Il ne faudrait cependant pas croire que la croissance actuelle, qui prend place dans les pays les plus industrialisés, permettra aux pays les plus démunis de combler leur retard quant au niveau de vie. Bien au contraire, on s'aperçoit que les pays dits à *démographie galopante* sont justement ceux où la croissance économique est la plus lente. Le phénomène se manifeste aussi en sens inverse, puisque les pays les mieux nantis sont ceux qui démographiquement croissent le moins vite.

Deux facteurs de la croissance globale de notre monde peuvent donc être relativement bien définis. La croissance exponentielle de la population et du capital industriel permettant la croissance économique ont été toutes deux cernées. Si nous voulons connaître notre futur, il faut aller plus loin et poser d'autres questions qui permettront d'établir les facteurs interactifs modifiant la structure de base de la croissance exponentielle.

Crois ne vous multipliez plus croissez mc



La terre ne nourrira plus ○ Comme notre planète est un monde fini et que toute croissance ne peut être contrebalancée que par des effets contraires, il faut nécessairement étudier quelles sont les contraintes qui nous obligent à revoir notre ensemble de données touchant la croissance exponentielle.

Selon les dernières évaluations de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), environ 50 à 60% de la population des pays en voie de développement, soit environ le tiers de la population du globe, ne se nourrit pas de façon adéquate, selon des standards internationaux établis à 75 grammes de protéines et 2750 calories par jour et par personne.

Le nombre d'acres de terre arable requis pour produire ce nombre de protéines et de calories devrait être d'environ 0,4 hectares de terre cultivable par personne (1,44 milliards d'hectares au total) pour assurer une nutrition conforme à ces standards. Des études récentes indiquent que les ressources en terre arable de la planète s'élèvent à environ 3,2 milliards d'hectares, soit environ 7,86 milliards d'acres. Nous retrouvons malheureusement là une croissance exponentielle des coûts du développement de ces terres arables qui sont passés au cours des dernières années (depuis les années 50), de 215 à 5275 dollars par hectare. Un récent rapport de la FAO déclare qu'il est désormais devenu inutile d'accroître la surface de terre cultivable à cause des coûts déraisonnables de conversion et de développement des terres incultes.

Grâce à ces calculs, on peut s'attendre avant l'an 2000 à une crise majeure et une course effrénée des nations du globe vers les terres arables disponibles.

Le rapport Meadows en arrive à la conclusion que, de deux choses l'une, ou nous arrivons à doubler ou à quadrupler le rendement actuel des terres arables d'ici dix ans, ou le prix des denrées atteindra des coûts tellement astronomiques que la famine s'installera dans le monde. Si l'on se rapporte à la théorie du *doubling time*, le professeur Meadows et son équipe constatent qu'il faut environ trente ans de croissance exponentielle pour

arriver au *doubling time* de la production agricole et alimentaire, tandis qu'il faut seulement dix ans pour atteindre le *doubling time* de la croissance exponentielle de la population.

Le tableau est donc particulièrement noir et les surplus agricoles que nous connaissons maintenant disparaîtront d'ici les cinq prochaines années, qu'on le veuille ou non. D'autre part, on s'aperçoit que les dépenses augmentent d'une façon telle, qu'elles atteignent une croissance exponentielle tendant à l'infini avant même d'atteindre le pourcentage souhaité d'augmentation de la productivité.

L'épuisement des ressources ○ Il faut se poser dès maintenant le problème de la croissance de la population terrestre dans le cadre de ces limites. Quelle est la population maximale qui peut être nourrie à même les ressources de la terre? Quelles sont les innovations rentables, économiquement parlant, qui pourraient nous aider à combler ce déficit prévisible au chapitre de la nourriture? Le rapport Meadows est malheureusement sans réponse...

Plus grave encore est le tableau que dresse le groupe du MIT au sujet du tarissement des ressources naturelles non renouvelables. En effet, au taux actuel de consommation annuelle et selon la croissance exponentielle de la consommation globale, certains minéraux seront épuisés définitivement avant l'an 2050.

Voici quelques chiffres tirés du rapport Meadows:

Date d'épuisement
au taux actuel de
consommation des
réserves connues:

Aluminium	55 ans
Cuivre	48 ans
Mercure	41 ans
Gaz naturel	49 ans
Pétrole	50 ans
Zinc	50 ans
Nickel	96 ans
Plomb	64 ans

On peut donc prévoir que, dans environ 57 ans, certaines des ressources naturelles non renouvelables seront définitivement épuisées. Ce facteur économique supplémentaire vient assombrir davantage ce tableau. En effet, on peut affirmer qu'aujourd'hui, les principales découvertes minières et pétrolières ont été faites. Nous exploitons à travers le monde les ressources qui sont actuellement les moins coûteuses. Au fur et à mesure, les coûts de production augmenteront d'une façon de plus en plus forte pour atteindre eux aussi une croissance exponentielle qui tendra vers l'infini.

Ainsi, le groupe du MIT peut déjà prévoir, et je cite:

"Que si l'on considère actuellement le taux de consommation des ressources naturelles non renouvelables et la projection de ces taux au cours des prochains cent ans, on peut constater que le coût de ces ressources tendra vers l'infini après l'an 2075."



Par la faute de l'homme ○ Le rapport Meadows fait donc figure de précurseur en lançant un sévère avertissement aux tenants de la consommation à outrance et du gaspillage systématique. Surtout que la situation actuelle nous mène irrémédiablement à réviser notre optique en ce qui concerne les contraintes écologiques et sociales que le rapport Meadows traite au chapitre des nécessités sociales.

G. Evelyn Hutchinson a écrit en 1970 la phrase suivante publiée dans le magazine *Scientific American*:

"De nombreux savants concluent que, sur la base de preuves de plus en plus évidentes, la durée de la vie dans la biosphère jusqu'à ce que cette dernière devienne totalement inhabitable, se mesure désormais en décennies et non plus en centaines de millions d'années. Et ceci par la faute de l'espèce humaine."

Le problème de la pollution est un problème complexe puisque l'on n'a pas encore réussi à dresser un tableau complet des conséquences de la pollution et que l'on ne possède qu'un nombre encore fort restreint de données. On peut cependant constater, grâce à ces premières données, que la pollution possède aussi un facteur de croissance exponentielle, même si nous n'avons aucune connaissance des limites extrêmes de tolérance de l'espèce humaine et de l'écologie en ce qui concerne

vous multipliez plus croissez mais ne

cette croissance. Il est donc impossible de prévoir à coup sûr les effets de chaque facteur de pollution ou de la combinaison de différents agents polluants sur la qualité de la vie.

Le rapport Meadows précise seulement que, si le facteur de pollution globale que nous connaissons actuellement augmente au même rythme que la croissance de la population, on peut prévoir que la croissance exponentielle de la pollution sera multipliée par 10 d'ici la fin du présent siècle.

Il est donc évident que la pollution sera un facteur décisif de la limite de la croissance, puisqu'il viendra directement en collision avec les quatre autres facteurs que nous avons décrits jusqu'à présent. Comme l'a fait le professeur Meadows, il est donc possible de dire aujourd'hui que la pollution et le coût du combat que l'on va engager pour la contrôler, constituent des facteurs directs qui plaident dès aujourd'hui en faveur d'une limitation de la croissance globale.

A la recherche de l'équilibre ○ Nous avons vu, jusqu'à présent, quelles étaient les composantes de la croissance et des conséquences auxquelles nous nous attendons si les nations du monde continuent de croître d'une façon aussi anarchique que maintenant. L'équipe du professeur Meadows en est venue à prévoir un cataclysme majeur vers les années 2050 si aucune mesure n'est prise pour rétablir un équilibre désiré de la croissance exponentielle.

Dans le livre du Club de Rome, le professeur Meadows suggère que l'on établisse immédiatement des contraintes à la croissance et qu'on limite immédiatement les naissances à une moyenne de deux enfants par famille. Si ces contraintes sont imposées à l'échelle mondiale avant 1975, il y a une chance que notre planète soit encore vivable en l'an 2100. La pollution ne dépassera pas un niveau acceptable et les ressources naturelles pourront encore assurer à l'homme un avenir prometteur.

Mais si les contraintes ne sont imposées qu'en l'an 2000 par exemple, l'équilibre ne sera atteint que vers l'an 2100 et ne pourra être acquis qu'après de graves désordres dus au manque de nourriture et de ressources naturelles.

Il ressort du livre de Meadows que si l'on ne s'impose aucune contrainte d'ici le prochain quart de siècle, l'humanité toute entière aura à subir un chaos dont les plus forts seulement s'en réchapperont et ces plus forts ne seront pas nécessairement les mieux munis matériellement parlant.

Le professeur Meadows constate donc qu'une des règles fondamentales qui émerge de ses recherches réside dans le

précepte suivant: dans un modèle mondial dynamique, les deux forces opposantes sont celles qui poussent la population et le capital à augmenter (quand nous parlons de capital il s'agit en fait d'un ensemble qui comporte les services, l'industrie et l'agriculture) et celles qui contraignent la population et le capital à décroître. C'est-à-dire d'un côté, un taux exagéré d'investissements, un taux exagéré de natalité résultant d'un mauvais contrôle de la contraception et, d'autre part, une diminution de la production alimentaire, une augmentation de la pollution et une élévation du taux de dépréciation et de désuétude des investissements.

On peut conclure, comme le fait l'équipe du MIT, que l'état d'équilibre est celui où la population et le capital sont stables et où les forces qui contribuent à augmenter ou à diminuer ces deux éléments sont soigneusement contrôlées.

Selon le groupe du professeur Meadows, il faut donc dès maintenant s'atteler à la transformation globale de notre économie planétaire, et ainsi passer d'un état de croissance exponentielle plus ou moins équilibré à un état d'équilibre global de la façon la plus ordonnée possible. ■

L'auteur est conseiller scientifique à la Division internationale du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie.

LE REMÈDE MANSHOLT



Juste au moment où nous écrivons ces lignes, une voix s'élève: celle de Sicco Mansholt, hollandais socialiste et économiste, membre de la Communauté économique européenne (CEE) et artisan de la politique agricole du Marché Commun. Loin de traiter les membres du Club de Rome d'illuminés comme l'ont fait certains économistes occidentaux, et de minimiser les résultats de l'étude de Meadows, Sicco Mansholt s'est lancé dans une nouvelle croisade; il propose dès aujourd'hui des solutions à la crise prévue par l'équipe du MIT.

Ainsi, Sicco Mansholt, président de la Commission de Bruxelles, a proposé un

programme en treize points pour en arriver à l'équilibre décrit par Meadows, programme dont le caractère nettement révolutionnaire fera trembler même les tenants les plus acharnés de l'orthodoxie marxiste.

Voici donc le remède Mansholt:

- nationalisation du sol, des ports maritimes, des entreprises dont les produits entraînent des coûts sociaux élevés, des grandes banques et des industries-clés (sidérurgie, énergie, chimie);
- programmation à long terme de la production, de la consommation et des investissements;
- possibilité pour le gouvernement d'intervenir dans les investissements concernant la recherche, l'introduction de nouveaux produits, les normes de production, les implantations industrielles;
- échange des actions contre des bons du Trésor; maintien des taux d'intérêt à des niveaux peu élevés;
- contrôle de la distribution des bénéfices des entreprises privées et des gains des professions libérales;
- obligation de conclure des conventions collectives pour relever les bas salaires, réduire les plus élevés, maintenir les rémunérations moyennes;
- améliorations du niveau de vie moins sous forme d'augmentation des salaires que sous forme d'avantages sociaux ou de réduction de la durée du travail;
- hausse des prix des biens de consommation et baisse des tarifs publics;
- freinage de l'immigration de main-d'œuvre étrangère;
- redistribution de la fortune par une élévation des droits de succession; impôt sur la propriété et les revenus du capital;
- introduction de la *codétermination* (sorte de *cogestion*) dans les entreprises;
- politique d'aide au Tiers-Monde, avec rejet total de toute forme de colonialisme;
- réduction de la natalité par les méthodes anticonceptionnelles et réduction des prestations familiales; on pourrait même donner une prime aux couples sans enfant.

Sicco Mansholt n'y va pas par quatre chemins. Et même si certaines des solutions présentées par celui qu'on a appelé *l'homme vert* de Bruxelles semblent brutales et draconiennes, on s'aperçoit que désormais rien n'est plus tout à fait comme avant.

La société industrielle s'est mise en déséquilibre et notre avenir ne sera plus prolongement du passé. Il va falloir que notre imagination se mette à courir. ■

Figure: une structure atomique, un réseau cristallin, les faces d'un réseau et la structure péruvienne.

du fer à l'acier

par Rémi Tougas

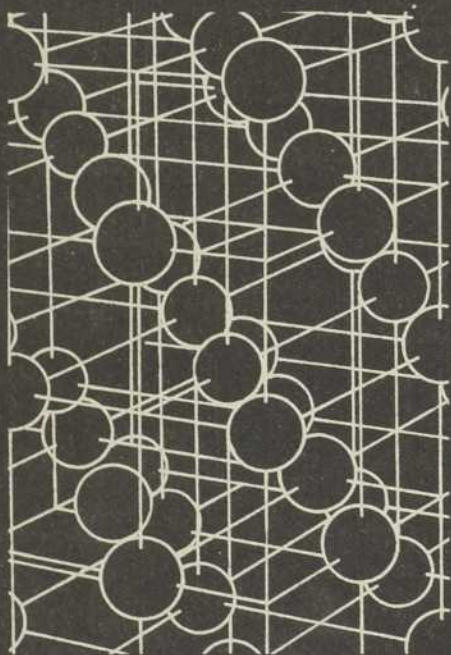


Figure 1 — A l'état solide, tout métal possède une structure cristalline qui lui est propre; ses atomes sont redistribués dans l'espace suivant un réseau tridimensionnel régulier. Le réseau illustré ici représente l'arrangement « cubique à faces centrées » — un atome à chaque point du réseau et au centre des six faces du cube. C'est la structure caractéristique du fer à haute température.

Nous vivons quotidiennement avec les automobiles, les boulons et une foule d'objets en acier. Pourtant, pour la majorité d'entre nous, l'acier représente un parfait inconnu. De quoi sont faits les aciers inoxydables? Pourquoi certains outils sont-ils si résistants? En quoi l'acier d'un pont diffère-t-il de celui d'un stylo? Pour répondre à ces interrogations, inutile de démonter votre grille-pain et d'en faire l'analyse. L'article qui suit devrait satisfaire votre curiosité. L'auteur nous apporte quelque lumière sur la composition de l'acier des grands ensembles et des petits objets. Il nous parle des aciers trempés, des alliages et du rôle de la sidérurgie dans notre économie.

L'acier dans le monde d'aujourd'hui est un peu comme l'air que nous respirons. Il nous enveloppe de sa présence constante et nous ne le voyons plus. Pourtant, tout comme l'air (même pollué), si l'usage de l'acier nous était retiré, notre civilisation cesserait pratiquement d'exister. De l'avion au sous-marin, du véhicule spatial à l'automobile, du gratte-ciel au stylo à bille, du simple ouvre-boîte au plus complexe laminoir, nous retrouvons l'acier partout. Les applications de l'acier dans notre civilisation sont presque innombrables.

QU'EST-CE QUE L'ACIER? L'acier est fondamentalement un alliage de fer et de carbone. Les atomes de carbone, à cause de leur taille relativement petite, peuvent s'insérer entre les atomes de fer pour former une solution solide. D'autres éléments peuvent aussi entrer en solution solide dans le fer; mentionnons le silicium, le chrome, le nickel, le manganèse, le molybdène. De taille imposante, ces atomes ne peuvent entrer en solution solide dans le fer qu'en remplaçant des atomes de fer dans leur réseau cristallin. (figure 1) Tous ces atomes, en solution d'insertion ou de substitution, donnent au fer des caractéristiques intéressantes.

Les interactions fer-carbone varient en fonction de la température et de la teneur en d'autres éléments présents. Il est donc possible de conférer toutes sortes de caractéristiques à l'acier. Naturellement assez rigide, l'acier peut être rendu plus ou moins résistant à toute déformation permanente suivant les traitements thermiques qu'on lui fera subir. A titre d'exemple, les figures 2 et 3 illustrent deux structures bien différentes du même acier (eutectoïde). Dans le cas de la figure 2, l'acier fut refroidi très lentement: on a obtenu une structure presque d'équilibre. Dans l'autre cas (figure 3) l'acier a été trempé, c'est-à-dire refroidi très rapidement à partir d'environ 850°C. On a obtenu une structure martensitique de très grande dureté.

LES ACIERS ORDINAIRES Les aciers ordinaires au carbone (de 0,02 à 1,7% carbone) sont les plus employés. Plus leur teneur en carbone est élevée, plus ils sont durs; par contre, ils deviennent plus fragiles. Voici quelques applications des aciers au carbone par ordre croissant de dureté, c'est-à-dire de teneur en carbone: tôles à emboutir (0,1% carbone), profilés de structure, boulons, essieux, rails (0,5% carbone), câbles, outils à bois, ressorts, scies à bois, haches (1,0% carbone), cisailles, filières, limes, lames de rasoir, outils pour métaux, (1,5% carbone).

Les aciers ordinaires au carbone peuvent être durcis par trempe; la dureté des aciers trempés est d'autant plus élevée



Figure 2 — Micrographie électronique d'un acier refroidi très lentement.

que la teneur en carbone est élevée. L'addition de certains éléments d'alliage à l'acier permet d'améliorer d'une façon sensible la susceptibilité à la trempe. Il améliore également la trempabilité des aciers ordinaires au carbone.

Nous prendrons seulement quelques exemples bien connus pour illustrer l'influence marquée de certains éléments d'addition sur les propriétés de l'acier.

● **aciers inoxydables**: les aciers inoxydables sont fortement alliés. Le chrome est l'élément d'alliage essentiel; souvent, il lui est adjoint d'autres éléments, surtout le nickel. Ces aciers résistent remarquablement bien à la corrosion dans de nombreux milieux. Exemple: fer 18% chrome — 8% nickel.

● **aciers à outils**: ces aciers résistent particulièrement bien à l'usure. Pour les outillages de précision et les matrices, par exemple, on utilisera les aciers « indéformables » (composition typique: fer — 1% carbone; 1% chrome, 1% molybdène, 2% manganèse). Si l'outil doit travailler à haute température ou lorsqu'il s'échauffe au cours du travail, il doit être capable de conserver ses propriétés mécaniques. L'acier suivant: fer — 0,7% carbone, 4%

chrome, 18% tungstène, 1% vanadium peut encore couper même au rouge! Pour résister au choc, on ajoute à l'acier surtout du silicium, du chrome, du molybdène et du tungstène. Voici quelle pourrait être la composition d'un acier servant à la fabrication de marteaux: fer — 0,5% carbone, 2% silicium, 0,4% molybdène. Les aciers à 12% de manganèse (aciers Hadfield) sont reconnus pour leur grande résistance à l'usure. Ils servent à la fabrication des dents de godets pour pelles mécaniques, des lames d'attaque de bulldozer, des aiguillages de chemin de fer.

Et la liste pourrait ainsi s'allonger presque indéfiniment; il existe en effet des dizaines de milliers de nuances d'acier, chacune avec ses caractéristiques particulières.

AU SORTIR DU FOUR ○ L'acier est ordinairement produit à partir de fonte et de ferraille dans des proportions variables suivant le mode d'élaboration et les disponibilités de ferraille. L'acier neuf provient généralement de la fonte du haut-fourneau. Celle-ci est essentiellement un alliage de fer et de carbone (environ 4%) contenant aussi du silicium, du manganèse et quelques autres éléments de moindre importance. Une oxydation limitée de la fonte donne l'acier. A titre d'exemple, voici des compositions courantes (en pourcentage-poids) de fonte de haut-fourneau et d'aciers ordinaires:

	FONTE(%)	ACIER(%)
Carbone	4	0,05 à 1,5
Silicium	0,5 à 2	0,6
Manganèse	1	0,5
Phosphore	0,1 à 2	0,05
Soufre	0,1	0,05

Plusieurs types de fours peuvent être utilisés pour la fabrication de l'acier. Le four électrique (à arc) est particulièrement bien adapté pour les aciers spéciaux et alliés. Les procédés dits de réduction directe prennent aussi de plus en plus d'importance. Ils permettent, grâce aux fours électriques, d'obtenir de l'acier directement du minerai de fer sans passer par le haut-fourneau. C'est dans ce sens que s'est orientée la sidérurgie du Québec. SIDBEC a construit une nouvelle aciérie électrique à Contrecoeur. Cette aciérie d'une capacité annuelle de 600 000 tonnes a coûté environ \$36,000,000. Elle est en opération depuis juin 1972. ■

L'auteur était jusqu'en juin dernier, directeur du département de génie métallurgique de l'École Polytechnique de Montréal; il est maintenant le directeur des services de l'enseignement de cette école d'ingénieurs.

le Québec est entré dans le «club de l'acier»

Par Jean-Marc Fleury



Figure 3 — Micrographie optique d'un acier refroidi très rapidement (trempe).

Il y a une quinzaine d'années, la Chine tentait d'effectuer le "grand bond en avant" en suscitant la construction de petits hauts-fourneaux pour augmenter sa production d'acier. On se souvient que le "grand bond" se termina en catastrophe économique.

Cet été, le Québec a, quant à lui, réussi un bond qui l'a fait entrer de plein pied dans le club de l'acier. Il y est d'ailleurs entré la tête haute puisque l'aciérie inaugurée, au début de juin, à Contrecoeur, est la plus moderne au monde.

D'abord, on a préféré au tandem traditionnel hauts fourneaux convertisseurs à oxygène le procédé usine de réduction-fours électriques. Les deux nouveaux fours de SIDBEC-DOSCO pourront produire annuellement (à leur pleine capacité) 540,000 tonnes métriques de billettes et de lingots d'acier. Quant à l'usine de pré-réduction, elle alimentera les fours avec des boulettes de fer métallisé fabriquées selon un procédé utilisé avec succès pour la première fois, en 1969. Enfin, l'édifice lui-même va au delà de toutes les normes acceptées jusqu'ici pour combattre le bruit, la poussière et la fumée. Les systèmes d'élimination des fumées et des gaz nocifs constituent à eux seuls une dépense de \$750,000.

En juin, c'est l'usine de réduction électrique directe qui a été inaugurée officiellement. Et d'ici novembre, la compagnie Midland-Ross, de Cleveland, Ohio, qui a inventé le mode de fabrication des boulettes de fer métallisé, devrait mettre en marche l'usine de pré-réduction, située à une centaine de mètres des fours électriques. Cette usine aura une capacité annuelle d'environ 400,000 tonnes métriques de fer métallisé (94% Fe) et pourra voir éventuellement sa capacité doubler.

Présentement, les fours électriques sont alimentés par de la ferraille achetée aux marchés locaux ou importée de l'étranger. Ce sont d'ailleurs les coûts exorbitants de cette ferraille qui ont été la principale cause des pertes d'exploitation de SIDBEC-DOSCO, selon son président-directeur général, M. Jean-Paul Gignac.

Grâce à l'entente avec la Midland-Ross, la sidérurgie québécoise pourra s'affranchir des fluctuations du marché de la ferraille. La compagnie de Cleveland s'est en effet engagée à ériger, mettre en marche et exploiter l'usine de pré-réduction qui sera la propriété de SIDBEC. Cette usine, en plus d'avoir nécessité des investissements moins élevés, pourra être ali-

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

LE THOMAS, P.-J., *La Métallurgie*, Paris, Editions du Seuil, 1963, Le rayon de la science, 190 p.

ASSOCIATION TECHNIQUE DE LA SIDÉRURGIE FRANÇAISE, *La fonte et l'acier*, Paris, Dunod, 1970, 314 p.

CHAUSSIN, C. et HILLY, G., *Métallurgie*, tome 2, élaboration des métaux, Paris, Dunod, 1965, 268 p.

SLADE, E., *Metals in the Modern World*, Garden City, N.Y., Doubleday, 1968, Doubleday Science Series, 192 p.

À l'ère des communications à l'échelle planétaire, il peut sembler paradoxal que (selon des sources très optimistes) plus de 5% des enfants québécois d'âge scolaire soient atteints de troubles du langage. Quelles sont les causes de telles difficultés ou incapacités de communiquer? Quels sont les efforts accomplis et les remèdes découverts jusqu'à présent? Le texte qui suit, fruit d'une longue et patiente recherche, fait le point sur la question.

Tout geste est un langage. Chez l'humain, l'attitude, la posture et les gestes dans leur ensemble sont significatifs des composés biologiques et psychologiques de l'individu. Attitudes, gestes et mimiques témoignent de la quantité et de la qualité d'être face au monde et aux événements.

Le langage constitue également un geste d'un pouvoir généralisateur étonnant et infiniment supérieur au geste corporel. Comme geste, le langage représente un outil de connaissance, d'action et de réaction sur le milieu et l'environnement.

Il met en jeu un montage organique complexe: système nerveux, sensoriel et moteur. Il est l'expression d'une hérédité, d'un niveau intellectuel, d'un état affectif, de facteurs sociaux, culturels et éducatifs et se réalise au moyen d'un code linguistique propre à un milieu donné.

La fonction crée l'orthophonie ○ L'étude du langage et de ses troubles fait l'objet d'un domaine particulier de la science: l'orthophonie. L'orthophonie est, sous sa forme actuelle, à la fois une science et un art jeunes. Elle s'est constituée progressivement à partir des premières découvertes sur les mécanismes cérébraux du langage ainsi que sur les techniques de la chirurgie du larynx.

En 1861, Broca, devant la Société d'anthropologie de Paris, affirme que la perte du langage organisé découle d'une lésion cérébrale qu'il localise au pied de la 3^e frontale ascendante. Au début du XX^e siècle, apparaît la première terminologie des troubles cérébraux du langage: aphasie, *anarthrie, agraphie, alexie.*

Par ailleurs, au Congrès international de laryngologie de 1912, l'Allemand Hermann Gutzmann présente des sujets qui, bien que n'ayant plus de larynx, s'avèrent cependant capables de s'exprimer par une voix de substitution: la voix oesophagienne. Ce fut le point de départ de la rééducation vocale.

Diverses écoles se créent entre la première et la deuxième guerre mondiale en Allemagne, en Tchécoslovaquie, en Autriche et en Belgique. Le mouvement s'étend par la suite dans les pays anglosaxons. Ce n'est qu'après la deuxième guerre mondiale que les pays latins s'attellent au problème.

LES MALADIES



DU LANGAGE

par Nicole Gacis
et Michel Roulin

mentée par un super-concentré de minerai de fer provenant directement de gisements situés au Québec. (Au départ, l'usine de pré-réduction, ou de métallisation, traitera des boulettes d'oxyde de fer — environ 66% Fe — en provenance en grande partie de la Côte-Nord du Québec. C'est-à-dire que la sidérurgie québécoise devra acheter le minerai québécois d'un consortium de compagnies américaines!)

Au terme du programme d'investissements d'environ 150 millions de dollars approuvé par le gouvernement du Québec, SIDBEC aura donc érigé une sidérurgie québécoise complètement intégrée. Du minerai jusqu'aux tôles et aux clous, tout se sera déroulé à partir de ressources québécoises dont la main d'œuvre et l'électricité ne sont pas les moindres.

Le minerai brut extrait d'une mine dont SIDBEC pourrait être propriétaire, sera d'abord transformé en boulettes d'oxyde de fer dans une usine de bouletage située probablement dans la région minière. Transportées à Contrecoeur les boulettes seront introduites dans un four où elles seront exposées, au cours de leur descente, à un courant de gaz naturel chaud qui sert de réducteur dans le procédé Midrex. Ensuite, les boulettes réduites quitteront l'usine de pré-réduction pour être introduites dans un des fours électriques à réduction directe. Les fours à arcs cuiront le mélange, puisqu'on aura ajouté de la ferraille et des éléments d'alliage, avant de le couler dans la poche. Celle-ci ira vider le métal en fusion dans les lingotières ou à l'entrée de la machine à coulée continue. Dans une sidérurgie parfaitement intégrée, les lingots et les billettes de la machine à coulée continue sont ensuite laminés pour produire des tôles, des feuillards, des barres et du fil machine, dont on tire les clous, les boulons et les vis.

SIDBEC possédait déjà un four à arc, à Montréal, des laminoirs et d'autres installations de transformation, à Contrecoeur, Montréal, Ville LaSalle et Etobicoke en Ontario.

À la fin de la présente année, la production annuelle de SIDBEC-DOSCO atteindra un million de tonnes d'acier primaire. Le Québec sera donc assuré de ce nerf économique que constitue une sidérurgie dans une société industrialisée. Une sidérurgie est aussi génératrice d'industries secondaires et, par conséquent, de ces emplois dont le Québec a tant besoin. ■

Plus près de nous, dans le milieu médical, l'orthorhinolaryngologie s'est trouvée confrontée au problème des surdités et de l'absence de langage ou des troubles du langage qui en résultent. Pour l'orthodontiste, les problèmes d'articulation sont naturellement reliés aux malformations de la bouche et du visage ou à une mauvaise disposition de la denture. Le pédiatre et le médecin généraliste constatent de leur côté, dans le cadre du développement général de l'enfant, des difficultés de communication spécifiques ou associées à des déficiences physiques, motrices ou intellectuelles.

La nécessité dans laquelle on se trouve alors de traiter non plus un organe mais une fonction, a créé l'orthophonie en milieu hospitalier.

Par ailleurs, pédagogues et psychologues ont constaté, il y a longtemps déjà, qu'une inaptitude à la communication constituait une cause majeure d'échec dans l'apprentissage scolaire. C'est ainsi que les orthophonistes furent amenés à travailler au niveau des prérequis du langage ainsi qu'au niveau du langage écrit, ajoutant à leur vocabulaire technique les termes de dyslexie, dysorthographe, dyscalculie* et dysgraphie.

Une confusion bourdonnante ○ Pour le nouveau-né, la structure de base du langage ne représente, selon Gesell, qu'un milieu d'une *grande confusion bourdonnante et foisonnante*. Ce n'est qu'au cours d'un lent processus que l'enfant parvient à saisir la signification du monde sonore et visuel qui l'entoure.

Mais les premiers gestes de l'enfant ne sont pas neutres pour autant. Ils portent déjà l'empreinte de prédispositions constitutionnelles au langage. La qualité des réponses du milieu (ou de l'être qui le représente: la mère) déterminera chez l'enfant un comportement qui constitue le mode de réponse irréflecti de son organisme. Face à des situations variées, l'enfant prend une conscience diffuse et globale, mais véhémente des diverses émotions. De cette conscience résulte une action sur la régulation du tonus, un certain régime de la sensibilité qui influera sur le rythme de l'acquisition des connaissances.

La coloration mentale du premier âge résultant des rapports affectifs de l'enfant et du milieu exercera donc une action capitale sur le développement ultérieur du bébé.

Sur le plan perceptif, l'enfant parviendra à différencier des sensations qui lui sont propres (internes) de celles qui ont une origine externe. Ainsi arrivera-t-il à percevoir une différence vécue entre son être propre et son environnement. Il sortira d'un état d'indifférenciation pour prendre une première et très vague mesu-



Exercices de rythme au métronome.



Exercices de schéma corporel en séances de psycho-motricité.

re de ses limites. Au fur et à mesure que la notion de son propre corps se formera, l'organisation graduelle de ses schèmes sensoriels et moteurs se fonderont en un ensemble de plus en plus complexe et ordonné: le schéma corporel.

D'abord le corps ○ Pour l'essentiel, le schéma corporel apporte la conscience de l'existence de chaque partie du corps, de l'appartenance de ces parties à un seul tout et de la situation de chaque partie par rapport aux autres.

En ce sens, la position assise, puis la marche, constituent des étapes importantes pour l'enfant. Car elles lui permettent de contrôler d'abord son corps puis son action sur l'environnement. Son champ visuel élargi, ses déplacements, ses manipulations lui apportent ensuite une conscience, vécue mais encore informulée, des distances, des grandeurs, de l'orientation et de la perspective, parties intégrantes de cette notion d'espace général dans lequel s'insère son espace propre, caractérisé par le volume, la densité, la pesanteur et le mouvement. En outre, s'ajoutent à son rythme biologique les durées de déplacement et la découverte de la relation de cause à effet, introduisant ainsi la notion de temps. L'enfant, sans en avoir aucune conscience, organise son activité toute entière dans les axes de temps et d'espace qui délimiteront désormais son existence.

L'exposé du lent cheminement par lequel l'enfant apprend à se différencier de l'entourage, puis acquiert en les vivant les notions de temps et d'espace, ne semble pas inutile puisque c'est au niveau du vécu d'abord que l'enfant se trouve orienté ou, au contraire, reste désorienté et devient par la suite inadapté. Il arrive fréquemment qu'une rééducation du langage consiste d'abord à préciser sur le plan du vécu et du ressenti un schéma corporel insuffisant ainsi qu'à lui faire sentir les notions de temps et d'espace.

Plus de sons que toutes les langues civilisées ○ Parallèlement, l'enfant met au point sa production vocale dont la première manifestation est le cri. Le cri est un réflexe inné et provoqué par les variations du milieu interne, faim, douleur, déplaisir, etc.

La période de lallation débute vers la 6^e semaine. L'enfant commence une gymnastique articulatoire qui va en s'intensifiant pour culminer vers l'âge de 6 mois. Il s'agit de sons formés par hasard, au gré de la position et des mouvements de la langue et des cavités de résonance bucco faciales. L'Académie des sciences tchèques qui a transcrit ce matériel phonique, a découvert que l'enfant de 6 mois forme beaucoup plus de sons que n'en contiennent ensemble toutes les langues civilisées.

Entre 6 et 8 mois, l'enfant parvient à la répétition de la même syllabe par conditionnement moteur. C'est l'époque des premiers pa-pa-pa ou ma-ma-ma purement accidentels et qui réjouissent tant les parents! Après 8 mois, l'analyseur auditif se perfectionne et l'enfant parvient à reproduire des sons entendus. Il ne s'agit encore toutefois que d'un bavardage physiologique dépourvu de signification.

C'est entre 12 et 15 mois qu'apparaissent les premiers mots véritables, c'est-à-dire des combinaisons phonétiques reconnaissables et significatives se rapportant à des objets, des personnes ou des situations.

Plusieurs théories expliquent un certain nombre de faits que l'expérience nous avait enseignés. Pour l'essentiel, elles expliquent:

- les différences entre le langage actif et le langage passif, c'est-à-dire la marge que l'on constate, chez le même individu, entre sa compréhension et son expression;
- que chez l'enfant, la compréhension précède toujours, et parfois de longtemps, l'expression;
- qu'une éducation purement verbale est insuffisante et qu'il est nécessaire à l'enfant de voir, palper, soupeser, porter à la bouche et parfois de démonter ou de casser les objets pour en saisir la signification;
- qu'il est nécessaire de vivre et de revivre les situations (l'enfant les rejoue), ce que l'école active a d'ailleurs fort bien compris;
- que les enfants livrés à eux-mêmes ou surprotégés parviennent rarement à un niveau linguistique satisfaisant et, enfin,
- l'importance de l'atmosphère affective dans laquelle l'enfant effectue son long apprentissage du langage.

Où commencent les troubles ○ Il est classique de distinguer trois fonctions importantes dans le langage, au niveau desquelles peuvent apparaître les troubles que nous mentionnerons ensuite.

1. La fonction ordonnatrice, soit la capacité d'effectuer les montages cérébraux nécessaires à l'assimilation et l'ordonnement du langage. Nous sommes ici au niveau du langage intérieur, intermédiaire entre la pensée et sa mise en forme linguistique.

Les troubles de la fonction ordonnatrice apparaissent lorsque le langage demeure impossible (en compréhension ou en expression) en dehors de toute atteinte des appareils sensoriels ou moteurs. L'enfant ne parvient pas à apprendre les mots ou, encore, il ne peut les agencer de façon correcte à l'intérieur d'une phrase.

Les troubles sont évidents dans les cas d'arriération, mais peuvent se retrouver dans une incapacité totale ou partielle de l'assimilation du langage alors que l'intelligence semble intacte (audi-mutité), que l'enfant ne présente aucun trouble affectif apparent et en l'absence de déficits sensoriels (audition-vision).

2. Fonction réalisatrice, soit l'utilisation de l'appareil sensoriel (organes de l'audition, voies nerveuses afférentes, aires cérébrales de réception et d'intégration auditive) qui constitue la porte d'entrée du langage, et de l'appareil moteur (aires cérébrales motrices ainsi que l'équipement phonateur qu'elles mettent en action: larynx, bouche, langue) soit la porte de sortie du langage.

3. Fonction appétitive, soit le besoin et le désir de communiquer, en l'absence de complexes affectifs, d'inhibition ou de blocages.

Cosson et cochon ○ Parmi les troubles du langage les plus courants, l'on retrouve les troubles d'articulation (niveau moteur), de parole (niveau perceptivo-moteur) et de retard de langage (niveau de l'élaboration du langage). Mais un trouble est rarement isolé et, le plus fréquemment, on rencontre toutes ces perturbations ensemble.

Le trouble d'articulation simple porte sur certaines lettres isolées. Il s'agit d'une erreur permanente, systématique et inconsciente dans l'exécution des mouvements à faire pour produire un phonème déterminé.

L'enfant n'a pas trouvé la position convenable des organes de la phonation (larynx, langue, lèvres) d'où une mauvaise habitude motrice.

Les lettres les plus fréquemment atteintes sont les consonnes occlusives p-t-k-b-d-g et constrictives f-s-ch-v-z-j. Exemple: l'enfant prononçant s pour ch dira *sien* (chien), *cosson* (cochon), *vass* (vache).

Dans ce cas, l'erreur consiste à faire saillir la pointe de la langue entre les incisives supérieures et inférieures au lieu de la maintenir en arrière des incisives. Il s'agit d'un trouble mineur quand il est isolé.

Plus grave est le trouble d'articulation dans lequel l'enfant substitue une consonne à toutes les autres. Exemple: *totota* (chocolat), *teteu* (cheveu).

Mais un trouble d'articulation peut provenir d'une lésion organique ou neurologique. Au niveau articulaire, les lésions organiques sont celles qui affectent la région de la bouche ou du larynx: bec de lièvre, division palatine, insuffisance du voile du palais, langue trop grosse, frein de langue trop court, défectuosité de la dentition, anomalies du larynx.

Dans la plupart de ces cas, des interventions chirurgicales doivent précéder la rééducation orthophonique.

Les lésions neurologiques entraînent une paralysie grave de l'ensemble des organes de l'articulation et provoquent une impossibilité ou une lenteur excessive à effectuer les mouvements.

La rééducation de ces troubles consiste à faire acquérir les points d'articulation adéquats par des exercices moteurs, à les automatiser et à les introduire dans la chaîne parlée. On utilise au besoin des guide-langues adaptés aux divers mouvements qu'il convient de faire acquérir. Parallèlement, on procède à des exercices de souffle et au musclage de la bouche.

La durée de telles rééducations varie en raison de l'origine du trouble. Elle peut aller de dix séances à plusieurs mois, voire plusieurs années, dans les cas extrêmes d'atteintes neurologiques (enfants infirmes-moteurs cérébraux).

Des gilets bleus ○ Le trouble de parole se retrouve fréquemment chez l'enfant bavard qui communique facilement, possède un vocabulaire étendu ainsi qu'un bon niveau intellectuel, mais qui parle en déformant les mots.

Il consiste à modifier la forme des mots par remplacement, suppression ou déplacement de certains phonèmes. Exemple: "C'est de a aine pour ticoter des zié boueu". C'est de la laine pour tricoter des gilets bleus.

A l'inverse du trouble de l'articulation, il ne s'agit pas d'une erreur motrice mais d'un trouble de l'intégration auditive. L'enfant entend et comprend; mais la représentation mentale du mot entendu est floue ou fautive. De plus, la mémoire auditive est insuffisante: elle ne parvient pas à conserver la forme phonétique du mot.

Les causes de ce trouble sont encore mal définies. On admet qu'il s'agit essentiellement d'une immaturité au niveau des aires cérébrales de réception auditive, ce qui entraîne un mauvais décodage des stimuli sonores, un temps de latence excessif entre l'intégration des stimuli et la compréhension du message, et, d'une manière générale, entre l'intégration auditive et la réponse.

Ce trouble très fréquent se retrouve surtout chez des enfants qui présentent des difficultés affectives, une instabilité psychique, ou évoluent dans un milieu linguistique défavorable. Les effets de maladies auditives permanentes ou même épisodiques peuvent entraîner un trouble de parole.

La rééducation du trouble de parole consiste à développer la conscience perceptive des divers paramètres du son: hauteur, intensité, durée, rythme des bruits, puis des sons du langage.

Le matériel utilisé est varié: il va des instruments de musique aux appareils plus complexes permettant l'enregistrement visuel ou auditif de syllabes, de mots ou de phrases.

Parallèlement, une part importante doit être faite à l'éducation rythmique et mimique.

La durée de la rééducation peut varier de 3-4 mois à 1 ou 2 ans selon que le trouble est isolé ou, plus fréquemment, associé à un retard de langage. Disons d'emblée que le retard de langage est le trouble que l'on rencontre le plus fréquemment dans la pathologie du langage oral chez l'enfant (80%).

Petit nègre ○ Sous le terme de retard de langage, on peut grouper des pathologies très différentes dans leur origine et leurs manifestations. Exemple: Christian est âgé de deux ans et ne dit que quelques mots isolés. Des conseils donnés aux parents ont permis à l'enfant de parvenir à un niveau de langage normal en l'espace de quelques mois.

Sylvie, 5 ans: vocabulaire très pauvre, limité à l'expression de situations concrètes et immédiates, phraséologie sans grammaire, absence de pronoms, de mots de liaison, utilisation de quelques verbes à la forme infinitive, niveau insuffisant de compréhension. Sylvie ne présente aucun déficit auditif et l'examen psychométrique indique un niveau intellectuel non verbal moyen-normal. Un an de rééducation intensive a permis quelques acquisitions, sans pour cela combler le déficit.

Les deux cas sont représentatifs de degrés d'atteinte très différents. Dans le premier, il s'agit d'un retard d'acquisition du langage sans trouble de la compréhension. Ce genre de trouble peut découler d'une insuffisance de stimulation linguistique. Le bain de langage est pauvre lorsque l'entourage ne prête pas assez attention aux propos de l'enfant, ne l'encourage pas à s'exprimer ou, à l'inverse, est si attentif à ses besoins qu'il va au devant des désirs de l'enfant. Le langage se développe aussi mal chez l'enfant surprotégé que chez l'enfant négligé.

Une modification de l'attitude de l'entourage permet assez rapidement d'amener l'enfant à une évolution linguistique normale.

Dans le deuxième cas, l'enfant présente un retard de l'évolution du langage. L'engrammation* des significations nouvelles que sont les mots est particulièrement lente et difficile, ainsi que l'organisation des phrases traduisant le vécu de l'enfant. L'enfant vit une foule de sensations et de perceptions qu'il ne parvient pas à classer, ordonner, catégoriser puis exprimer, faute d'un langage intérieur suffisant.



Evaluation audiométrique d'une surdité.



Correction d'un point d'articulation au guide-langue.

Couler sa pensée en langage ○ Le retard simple du langage peut être défini comme étant un retard de l'apparition de l'expression du langage, sans trouble de la compréhension.

Une forme plus grave est le retard global qui affecte à la fois la compréhension et l'expression du langage. Il s'agit le plus fréquemment d'un retard de l'évolution du langage; le rythme d'acquisition se trouvant fortement ralenti, le déficit ne peut que s'accroître par rapport à un développement normal. Dans ce cas, il n'y a aucune cause organique dominante.

Le retard global du langage, presque toujours compliqué d'un trouble de parole et d'articulation, peut être par contre associé à des troubles organiques dominants: défectuosité de l'ouïe (tous les degrés de retard, du retard simple à la surdi-mutité), déficience intellectuelle, arriération, lésion des centres cérébraux du langage, maladies extra-pyramidales, * asthénie physique, * agnosie.

La rééducation vise essentiellement à améliorer le vocabulaire, l'expression et la faculté de couler sa pensée en langage. La durée varie selon la présence de facteurs organiques ou non. Il faut parfois suivre ces enfants pendant plusieurs années pour améliorer leur perception toujours déficiente de l'espace et du temps.

Les adultes aussi ○ Nous avons vu jusqu'ici les retards d'apparition ou de développement du langage ainsi que les troubles d'expression (parole et articulation) chez l'enfant. Or, on retrouve chez l'adulte des manifestations assez semblables dans les cas d'aphasie, c'est-à-dire d'altération du langage ou même de sa suppression par suite d'une atteinte cérébrale accidentelle. Cette atteinte peut affecter isolément ou tout ensemble la compréhension du langage, ou son expression à tous les niveaux. On retrouve tous les degrés de gravité, de la simple altération articulaire à la désorganisation complète des processus mentaux.

Les termes de dyslexie et dysorthographe sont de plus en plus utilisés. La dyslexie peut se définir comme étant une difficulté durable dans l'apprentissage de la lecture et l'absence d'acquisition de son automatisme chez des enfants normalement intelligents et parfois surdoués, ne présentant aucun trouble sensoriel.

Cette difficulté se manifeste par des confusions de lettres de forme voisine (ex: b d p q — m n) le remplacement ou l'inversion dans l'ordre des lettres (ne-en, oi-io, etc), par l'incapacité de déchiffrer les ensembles graphiques et, à un niveau plus élevé, par l'incompréhension du texte lu.

Le vrai dyslexique présente toujours des troubles associés au niveau des prérequis du langage: schéma corporel, latéra-

lité (différenciation de la gauche et de droite), connaissance de l'espace et du temps. On note souvent un retard de langage ou un trouble de parole ou, quelquefois, les deux se trouvent associés.

Il s'agit d'un trouble complexe dont la rééducation, parfois longue, nécessite d'abord le renforcement des structures de base avant la rééducation de la lecture proprement dite. Il est en effet inutile, par exemple, d'entreprendre une rééducation de la lecture si l'enfant n'a pas acquis l'automatisme du sens gauche-droite ou, plus profondément, s'il n'a pas assuré le *socle* corporel par la claire conscience du corps, de ses postures et de ses mouvements.

Il est certain que la majorité des enfants qui présentent des difficultés dans l'apprentissage de la lecture ne sont pas de vrais dyslexiques. Leurs problèmes d'apprentissage découlent de causes extérieures (méthodes de lecture inadéquates, changements de méthode en cours d'apprentissage, absence de motivation et apprentissage trop précoce dans le cas d'enfants insuffisamment préparés).

Méthodes de lecture inadéquates ○ De fait, certaines méthodes de lecture dites *globales*, n'accordent presque pas ou trop peu d'attention au mécanisme fondamental de la lecture, à savoir: combiner ou associer des signes graphiques représentatifs de sons, dans le but de décoder ces ensembles phonétiques significatifs que constituent les mots.

D'autre part, un programme d'école maternelle étendu sur 2 ou 3 ans comme il en existe dans la plupart des pays européens, permettrait à la majorité des enfants d'atteindre un niveau de maturité psychomotrice, perceptive et linguistique suffisant pour entreprendre avec succès l'apprentissage de la lecture. Un autre avantage serait la possibilité de dépister et de traiter précocement les cas plus pathologiques.

Le trouble de lecture s'accompagne presque inévitablement de dysorthographe où l'on retrouve les mêmes confusions qu'en lecture, ainsi que l'écriture en miroir (ex: p-q, b-d, etc), l'impossibilité d'appliquer les règles grammaticales et de différencier les mots qui ont le même son.

Exemples:

- Sa mais t'écale qu'il s'annague.
(ça m'est égal qu'il s'ennuie)
- Elle ses caséla jambe.
(elle s'est cassé la jambe)
- Li a souaffe.
(il a soif)
- Lar moire (l'armoire).
- Jè chette des fleurs. (j'achète des fleurs)
- Le facheur (le facteur)

L'enfant sourd ○ Chez l'enfant atteint de surdité se retrouvent tous les problèmes du langage oral et écrit dont il a été question jusqu'ici, mais des difficultés particulières s'y ajoutent. Pour cette raison, l'éducation du langage de l'enfant sourd représente un travail de longue haleine qui exige une spécialisation à l'intérieur même de la profession d'orthophoniste.

Les degrés de surdité sont très variables selon leurs causes et leur étendue. La surdité peut être légère et épisodique (processus infectieux des voies nasales, obstruction tubulaire, otites à répétition, etc), ou stable et moyenne, soit la demi-surdité (causes héréditaires: maladies infectieuses de la mère pendant la grossesse, accidents néo-nataux, etc.) ou stable profonde ou totale (atteintes congénitales surtout). L'atteinte du langage étant proportionnelle au degré de surdité, elle peut aller du trouble simple de parole et d'articulation à l'absence totale de langage. Dans ce dernier cas, l'audiologiste s'efforce d'utiliser les restes auditifs en les amplifiant au moyen de prothèses. On entreprend alors, une éducation auditive à partir des bruits et des sons, pour en arriver aux sons du langage et à la démutisation. Cette étape franchie, il convient d'installer les premiers mots et les premières phrases. Des années de travail permettront d'atteindre, selon les cas, un niveau de langage plus ou moins bien constitué.

Le bégaiement ○ Bien qu'il se rencontre moins fréquemment que les autres troubles du langage, le bégaiement est un phénomène connu de tous.

Il se présente sous des formes et à des degrés tellement divers que chaque bégaiement constitue un cas particulier. Il est dit *clonique* lorsque le bégue répète certaines syllabes de façon convulsive. (Ex: *Il faut pa-pa-pa-partir*) ou lorsqu'il introduit une *cheville de remplissage*. (Ex: *On se promène sur la que-que-que... terrasse*). On l'appelle *tonique* lorsqu'il y a blocage en début de phrase ou de mot, rendant impossible l'émission d'un son.

Le bégaiement est un trouble fonctionnel affectant le dynamique de la parole, caractérisé par ses aspects spasmodiques.

On peut y inclure divers troubles du débit de la parole tels que le *bredouillage*: le sujet parle beaucoup trop vite ce qui l'amène à déformer les mots au point de rendre parfois sa parole incompréhensible.

De son côté, le *bafouilleur* présente une altération de l'ordonnement des mots, sans trouble de l'articulation. Cette difficulté à couler la pensée en langage amène le sujet à couper et à reprendre sa phrase. Ex: cité par Mme Borel-Maisonny: *M... le maître d'hôtel a pré-*

senté... enfin a t'apporté... a... enfin... avait des... longs... jaune et verte... bon Dieu! ... blanc (il modèle d'un geste quelque chose de cylindrique s'effilant au bout) *...enfin...vous voyez bien...endive.*

Le bafouilleur malmené ○ La fréquence de ce trouble peut varier considérablement: 2% en milieu scolaire en Belgique, 1% aux États-Unis. (J.L. Despert Règle générale, il se retrouve plus fréquemment chez les garçons que chez les filles, dans une proportion de 3 pour 1, et chez les enfants de moins de 10 ans. La majorité des bégues ont présenté un trouble du langage dans leur petite enfance (51% selon les statistiques de Mme Borel-Maisonny). On note également, dans de nombreux cas, le caractère familial du bégaiement, des membres de la famille du bégue ayant présenté bégaiement ou trouble du langage. Gaucherie ou mauvaise latéralisation se retrouvent fréquemment dans ce cas (selon Ajurriaguerra, 68% des sujets normaux sont droitiers, alors que 30% des bégues seulement sont franchement droitiers). Une dysorthographe, ainsi que de fréquentes difficultés émotionnelles (sentiment d'insécurité, relation parentale perturbée, anxiété maternelle, etc) se trouvent fréquemment associées au bégaiement.

La rééducation du bégaiement est habituellement longue et complexe. Il faut développer parallèlement la fonction linguistique, c'est-à-dire la capacité de couler facilement et sans latence excessive la pensée en langage, la fonction réalisatrice, soit la réadaptation du geste vocal, respiratoire et phonatoire ainsi que la régulation du débit et, enfin, la fonction communicative, soit la possibilité d'établir un contact verbal normal avec autrui, en amenant d'une part le sujet à une prise de conscience de ses possibilités et en modifiant d'autre part les attitudes de l'entourage à son endroit.

Soulignons enfin que le bégue est fréquemment un *bafouilleur qui a été malmené*. Aussi, il convient d'évoquer le bégaiement primaire qui n'est pas en fait un bégaiement, mais la difficulté que peut éprouver le très jeune enfant à trouver les mots pouvant traduire sa pensée, son langage se trouvant alors en pleine élaboration. Les manifestations sont celles du bégaiement clonique, mais sans caractère spasmodique.

Le bégaiement primaire disparaîtra de lui-même lorsque l'enfant possèdera un bagage linguistique plus abondant. À ce stade, les parents peuvent aider l'enfant à acquérir le langage qui lui manque sans chercher à combattre les symptômes ce qui aurait pour effet de les fixer. Si ces manifestations persistent après 4 ans, il convient alors d'engager une rééducation.

La voix de son squelette ○ La rééducation vocale est une spécialité importante, encore que peu pratiquée, de la pratique orthophonique.

Elle a débuté en Allemagne dans les années 1920 par la découverte et l'enseignement de la voix oesophagienne aux laryngectomisés, c'est-à-dire aux personnes ayant subi l'ablation du larynx à la suite d'un cancer étendu aux cordes vocales.

Cette opération entraîne la perte totale de la voix. Car l'ablation du larynx prive le patient de l'organe permettant la mise en vibration de l'air pulmonaire. D'autre part la relation entre les voies aériennes supérieures (bouche, nez, fosses nasales, pharynx) et les poumons se trouve interrompue, le laryngectomisé respirant directement par un orifice pratiqué à la base du cou. La voix oesophagienne est donc une voix de remplacement produite par éruption. Diverses méthodes permettent de faire pénétrer un certain volume d'air dans la partie supérieure de l'oesophage et de l'expulser en articulant les sons de la parole. Parfois rapide, parfois long et laborieux, l'apprentissage de la voix oesophagienne exige travail et tenacité de la part du patient.

De la voix oesophagienne, le domaine du phoniatre s'est étendu aux aphonies et aux dysphonies fonctionnelles, c'est-à-dire aux pertes totales ou partielles de la capacité vocale, indépendamment de toutes les affections organiques: malformations vasculaires infectieuses ou autres, qui ressortent strictement de l'art médical.

La production vocale exige la mise en action d'un équipement anatomique et physiologique complexe, à tel point qu'on peut prétendre que chaque individu possède la voix de son squelette et de son développement musculaire, de son système nerveux, endocrinien, respiratoire, de la qualité et des dimensions de son larynx, des cavités pharyngées et bucconasales ainsi que son mode articulaire.

La voix est donc le résultat d'un *geste vocal* d'une grande ampleur concernant le corps en son entier. Remarquons, en plus, qu'elle varie selon les états affectifs de l'individu, et qu'elle tend à traduire ses valeurs, sa culture, ses goûts et ses désirs.

L'examen fonctionnel de la voix consiste à apprécier les éléments constitutifs de la fourniture vocale que sont la hauteur, l'intensité, la durée, le mode respiratoire et les déficiences éventuelles de posture de la colonne vertébrale. Les dispositions affectives du patient lorsqu'il parle, doivent également être éclaircies: trac, excitation, abatement, timidité, etc. étant susceptibles de gêner dans une forte mesure la production vocale.

La thérapie vocale consistera à adapter et harmoniser les *gestes* qui concourent à la production de la voix. Elle doit permettre au patient de trouver ou recouvrer sa voix, c'est-à-dire celle qui correspond à son sexe et aux particularités de sa personne. Le résultat est atteint lorsque disparaissent les bruits (enrouement, sifflements, craquements) qu'on perçoit dans une voix malade et lorsque le patient peut enfin parler longuement et sans effort d'une voix soutenue.

Ces thérapies varient fortement en fonction des troubles à corriger. Elles comportent presque toujours une réadaptation du geste respiratoire, la relaxation et la pause de la voix. D'habitude, quinze à vingt thérapies hebdomadaires s'avèrent nécessaires.

Par sa situation au carrefour des Sciences humaines, l'orthophonie s'enrichit continuellement des découvertes réalisées dans des domaines aussi divers que la médecine, la psychologie, la linguistique et la phonétique, ainsi que des recherches effectuées dans les secteurs de pointe de la cybernétique et des communications.

Voilà pourquoi elle est appelée à occuper une place de plus en plus importante dans l'évolution vers une *société de communication*. ■



L'ORTHOPHONIE AU QUÉBEC

par Nicole Gacis

L'orthophoniste est l'aide médical chargé de poser le diagnostic et d'effectuer la rééducation des troubles de la communication qui se manifestent par l'absence, la déformation ou l'inadéquation de la parole et du langage écrit.

Au Québec, l'orthophonie se pratique dans deux secteurs distincts: le secteur hospitalier et le secteur scolaire.

Le secteur hospitalier accueille une clientèle diverse référée surtout par les médecins, les écoles, les unités sanitaires ou les autres services de l'hôpital même. Le personnel y possède la compétence clinique nécessaire pour faire face à l'évaluation et à la rééducation des troubles du langage dans leur ensemble, quelle que soit leur complexité.

Disons tout de suite que les équipements techniques permettent une grande variété de soins. La possibilité de travailler en collaboration avec d'autres services (psychologie, psychiatrie, O.R.L., audiologie, pédiatrie, neurologie) permet des examens approfondis et des diagnostics précis.

En milieu scolaire, l'activité de l'orthophoniste comporte deux aspects principaux: la thérapie des troubles du langage écrit et leur prévention aux niveaux de la maternelle et de l'élémentaire.

140 orthophonistes au lieu de 550 ○ Le bilan de la situation orthophonique dans la province de Québec en 1972 met en évidence l'insuffisance du personnel à un point alarmant. Cette pénurie est d'ailleurs fortement ressentie aux États-Unis et en Europe dans les pays déjà mentionnés.

Dans un récent bulletin du Comité des relations professionnelles et économiques de la Société des orthophonistes et audiologistes de la Province de Québec (S.O.A.P.Q.), il est établi qu'environ 5% de la population scolaire et de 1 à 2% de la population adulte requièrent les services d'orthophonistes et/ou d'audiologistes.

Par ailleurs on considère qu'il faut 1 orthophoniste-audiologiste par 10 000 habitants, ce qui suppose 550 spécialistes. Or, la S.O.A.P.Q. n'en compte à l'heure actuelle que 140, soit 1 orthophoniste-audiologiste pour 38 000 personnes.

C'est dire d'une part, la surcharge des cliniques, d'autre part la longueur des listes d'attente (de 200 à 800 patients selon les hôpitaux) et les délais beaucoup trop longs entre la demande de consultation et le moment où l'enfant peut être vu.

De plus, les centres cliniques actuels étant groupés dans les villes les plus importantes, il s'ensuit que de larges régions de la Province ne sont pas desservies.

Il devient possible d'augmenter les cadres des cliniques d'orthophonie par l'engagement de personnel étranger, mais la pénurie de locaux, le manque de matériel et la difficulté d'obtenir l'ouverture de nouveaux postes limite l'expansion des services.

Des besoins urgents ○ De plus en plus connue, la profession d'orthophoniste répond à des besoins tels qu'actuellement, aucun des centres d'orthophonie n'est en mesure de répondre aux demandes de consultation dans des délais raisonnables. Dans l'immédiat, la situation ne peut qu'empirer, portant préjudice aux personnes dont l'état nécessiterait un traitement au plus tôt, ainsi qu'aux orthophonistes eux-mêmes qui, dans ces conditions, ne peuvent poursuivre de travaux de recherche.

Il devient urgent d'ouvrir de nouveaux centres de formation dans les universités et les Centres hospitaliers universitaires qui disposent d'ores et déjà de personnel professoral qualifié. Il conviendrait aussi d'élargir l'implantation de centres dans toutes les localités de moyenne importance et d'embaucher des rééducateurs du langage dans chaque commission scolaire. Il serait souhaitable également que la pratique orthophonique tende de plus en plus à se diversifier et qu'on assiste au développement simultané d'une orthophonie spécialisée dans le domaine pédagogique et d'une orthophonie *lourde* ou hospitalière, traitant les cas plus complexes dans une optique de recherche. ■

Nous tenons à remercier les orthophonistes-audiologistes de la Province de Québec qui nous ont fourni des renseignements quant au fonctionnement et aux problèmes propres à leur milieu de travail. Cette précieuse collaboration nous a permis de faire le point de façon précise sur la situation de l'orthophonie au Québec.

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

BOREL-MAISONNY, SUSANNE, *Langage oral et écrit*. 2 tomes. Editions Delachaux-Niestlé, 4e édition, Paris, 1966.

LEIF, JOSEPH et DELAY, JEAN, *Psychologie et éducation*. Tome 1. Editions Fernand Nathan, Paris, 1965.

LENNON, E.J., *Le bégaiement: Thérapeutiques modernes*. Editions G' Doin et Cie, Paris, 1962.

MUCHIELLI, ROGER et BOURCIER, ARLETTE, *Dyslexie, maladie du siècle*. Editions Sociales Françaises, 4e édition, Paris, 1968.

LES MOTS

* **Agnosie auditive**: perte de la signification des sons normalement entendus.

* **Alexie**: incapacité de déchiffrer les signes du langage écrit.

* **Aphasie**: perte ou altération du langage oral ou écrit.

* **Asthénie physique**: état de fatigue constitutionnel entraînant l'altération de certaines fonctions (mémoire, attention, langage).

* **Dyscalculie**: difficulté dans l'acquisition du langage mathématique et l'utilisation de chiffres et de nombres pour effectuer des opérations mathématiques.

* **Dysphonie**: altération de la voix dans sa qualité ou son volume (fatigue, enrouement, raucité, modification du timbre).

* **Engrammation**: trace neurologique dans le cortex cérébral où sont contenues toutes les expériences sensorielles relatives à un objet ou une situation.

* **Maladie extra-pyramidale**: ensemble de troubles provoqué par l'altération du système extra-pyramidal (modification de la tonicité musculaire, des mouvements involontaires et automatiques. Ex: maladie de Parkinson).

Michel Roulin est responsable du Service d'orthophonie au Centre hospitalier de l'université Laval (CHUL) et Nicole Gacis, orthophoniste à ce même Centre.

POUR DEVENIR ORTHOPHONISTE

Formation École de réadaptation de la Faculté de Médecine
1290, est Rue Jean Talon, Montréal 329

fondée avec l'aide financière des ministères de la Santé fédéral et provincial et l'assistance technique de l'Université de Toronto.

Pré-requis Diplôme d'études collégiales dans un champ de spécialisation en sciences biologiques ou son équivalent. Bonne connaissance de la langue française.

Durée des études 3 ans pour l'obtention du baccalauréat en Sciences avec cours théoriques et pratiques, travaux dirigés et stages cliniques. 4e année pour l'obtention de la maîtrise en orthophonie et audiologie.

Principaux centres d'orthophonie et d'audiologie du Québec

1. Secteur clinique

Montréal (secteur francophone):

Institut Albert-Prévost
Hôpital Marie-Enfant
Hôpital du Sacré-Coeur
Hôpital Ste-Justine
Hôpital Rivière-des-Prairies
Hôpital Marie-Clarac
Hôpital Notre-Dame
Hôpital Santa Cabrini
Institut de Réhabilitation

St-Jérôme:

Hôtel-Dieu de St-Jérôme
Centre Psycho-Social

Trois-Rivières:

Clinique pour enfants handicapés
Hôpital St-Joseph

Sherbrooke:

Hôpital St-Vincent-de-Paul
Centre Médico-Psychologique

Québec:

Hôtel-Dieu de Québec
Centre de l'Ouïe et de la Parole
Hôpital St-François d'Assise
Hôtel-Dieu du Sacré-Coeur

Chicoutimi:

Hôpital de Chicoutimi

Maria (Gaspésie):

Hôtel-Dieu de Maria

Rivière-du-Loup:

Hôtel-Dieu de Rivière-du-Loup

2. Secteur scolaire

Montréal (secteur francophone):

Commission des Ecoles Catholiques de Montréal (CECM)
Institut des Sourdes et Muettes

Lachine:

Commission scolaire du Très-Saint-Sacrement
Commission scolaire de Lachine

Pointe-Claire:

Commission scolaire régionale Baldwin-Cartier

Laval:

Commission scolaire régionale Maisonneuve

Ste-Rose:

Commission scolaire régionale des Mille-Iles

3 Centres d'enseignement et de recherche

Montréal:

Université de Montréal
Université du Québec à Montréal
McGill University

Sherbrooke:

Centre hospitalier de l'Université de Sherbrooke (CHUS)

Québec:

Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL)

l'aventure du système décimal

par Louise Martin

Notre vie de tous les jours exige l'utilisation d'une quantité incroyable de chiffres. Indiquer l'heure, faire nos achats, composer un numéro de téléphone ou consulter un volume, autant d'actions basées sur l'usage de chiffres et de nombres. D'où nous viennent les chiffres? Sans eux, la science aurait-elle évolué de cette façon?

L'auteur de cet article nous montre qu'il n'en a pas toujours été ainsi. Notre système décimal ne s'est pas bâti en un jour. Des siècles ont été nécessaires pour l'élaborer, durant lesquels son emploi fut très contesté. L'article qui suit nous fait connaître les «aventures» de notre système décimal au cours de ces années, les difficultés qu'il a dû surmonter pour parvenir jusqu'à nos jours et devenir un instrument indispensable à la recherche scientifique et à la vie quotidienne.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Ces chiffres tyrannisent l'homme moderne: ils marquent l'heure, servent à évaluer un examen, indiquent un prix, etc. Ils sont intégrés à notre vie, si bien qu'on peut les imaginer connus et maniés depuis des milliers d'années, mais il n'en est rien. L'histoire nous apprend que les principes de notre système décimal ont été établis entre le IV^e et le VIII^e siècle après J.-C. et que notre écriture numérale a atteint, vers le XV^e siècle, son actuel degré de perfectionnement. De ce perfectionnement même dépend l'essor prodigieux des domaines scientifique, industriel et commercial. La science en serait encore au Moyen-Âge sans la découverte et la vulgarisation du système décimal. C'est lui qui aida l'homme dans la maîtrise de son environnement. Retraçons-en l'histoire longue et ardue, histoire à laquelle collaborèrent les peuples de plusieurs cultures et que nous pouvons considérer comme l'une des plus magnifiques manifestations de l'intelligence.

L'âge de pierre ○ Les nomades de l'âge de pierre, si l'on en juge par certaines peuplades vivant aujourd'hui en Australie, en Nouvelle-Guinée et en Amazonie, utilisaient en tout trois expressions numériques correspondant à «un», «deux» et «beaucoup». Ils n'effectuaient aucun calcul, n'enregistraient aucun résultat, du moins le suppose-t-on. Vers l'an 10 000 avant notre ère, ils s'installent sur une terre fertile; ils cultivent le sol, élèvent des animaux, bâtissent et commercent. Dès lors surgissent de multiples problèmes pour lesquels on doit élaborer une numération plus raffinée: d'abord en comptant sur les doigts des mains et des pieds, puis en gravant des entailles sur des bambous ou des os, ou en manipulant des cailloux (cette dernière méthode donne naissance au boulier compteur).

Le principal problème résolu par l'homme est d'avoir établi un système lui permettant de dénombrer une collection d'objets, de calculer sans être esclave de

ses doigts ou d'un boulier compteur et d'enregistrer de façon permanente les résultats obtenus. Cette période de création et de perfectionnement de l'écriture numérale dura plus de trente siècles et, vers la fin du Moyen-Âge, l'usage du système décimal se répandit. Il constitue l'aboutissement d'une lente évolution à laquelle collaborèrent les Égyptiens, les Babyloniens, les Grecs, les Romains, les Indiens et les Arabes. (figures 1 et 2)

La naissance des chiffres ○ Les Phéniciens, plusieurs siècles avant notre ère, et ceci à cause des exigences de leur commerce, firent le premier pas pour établir un système de numération adéquat: ils inventèrent une nouvelle méthode dite à lettres numérales. Ainsi ils auraient écrit le nombre sept cent deux mille huit cent quatre-vingt-quatre à l'aide de sept caractères différents à peu près de la façon suivante: 7c 2m 8c 8d 4, alors que les Romains auraient utilisé quarante-deux lettres.

Figure 1: Quelques systèmes de base 10

	ÉGYPTIEN	GREC (système attique)	GREC (système ionien)	ROMAIN
1	I	I	α	I
2	II	II	β	II
3	III	III	γ	III
4	IIII	IIII	δ	IIII
5	IIII		ϵ	V
6	IIII	I	ς	VI
7	IIII	II	ζ	VII
8	IIII	III	η	VIII
9	IIII	IIII	θ	VIII
10		Δ		X
100		H	ρ	C
1000		X	α	M
10000		M		XM

Dans le système décimal, un nombre x s'exprime comme une somme de puissances de 10, c'est-à-dire $x = a_n(10^n) + a_{n-1}(10^{n-1}) + a_{n-2}(10^{n-2}) + \dots + a_1(10)$

+ a_0 (où les coefficients a_i sont des symboles désignant les unités) et il s'écrit $a_n a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0$. Ainsi le nombre deux mille sept cent quarante-cinq est la som-

00,000,

me $2(10^3) + 7(10^2) + 4(10) + 5$ et il s'écrit 2745. Remarquons qu'alors le rang occupé par un chiffre dans un nombre à plusieurs chiffres décide de sa valeur. Le premier chiffre à partir de la droite a sa valeur propre, le second a une valeur dix fois supérieure, le troisième vaut cent fois sa valeur, etc. Ainsi dans 7803, 7 représente 7000 et 8 vaut 800. D'où les chiffres 7803 et 8703 sont différents. Nous disons que le système décimal satisfait au principe de position. Une extension de ce principe permet de représenter des nombres autres que des entiers. Un point appelé «point décimal» sépare la partie entière du nombre de sa partie fractionnaire. Les chiffres placés à droite du point représentent un dixième, un centième, etc... de leur valeur; ainsi dans 345.68, 8 vaut un centième de sa valeur, 6, un dixième, 5 a sa valeur, 4 vaut dix fois sa valeur et 3 représente 100 fois sa valeur. Les systèmes primitifs égyptien, grec et romain utilisent plutôt le principe de répétition des symboles. Il consiste à faire le signe de chaque puissance de 10 autant de fois qu'elle figure dans le nombre. Ainsi 2523 est écrit par un Egyptien par un Grec XXΓΔΔΙΙΙ (système attique) ou βφκγ (système ionien), et par un Romain MMDXXIII.

Figure 2: Le système babylonien de base 60

1	▼	7	▼▼▼▼▼▼
2	▼▼	8	▼▼▼▼▼▼▼
3	▼▼▼	9	▼▼▼▼▼▼▼▼
4	▼▼▼▼	10	◀
5	▼▼▼▼▼	60	▼
6	▼▼▼▼▼▼	100	◀◀

Le grand avantage du système babylonien est l'économie de symboles. En effet, le scribe peut écrire tous les entiers uniquement à l'aide de 2 encoches en utilisant une règle de position. Par exemple 7322 (égal à $2(60^2) + 2(60) + 2$) est noté ▼▼▼▼▼▼▼. Mais ce système admet une certaine confusion: 1 et 60 sont représentés par le même symbole; de même 122 (égal à $2(60) + 2$) et 7202 (égal à $2(60^2) + 2$) sont représentés par ▼▼▼▼. Ce n'est que très tard, probablement au temps des conquêtes d'Alexandre le Grand qu'on inventa le signe ▲ analogue à notre zéro.

Les Indiens prolongèrent la découverte des Phéniciens et coordonnèrent les efforts de tous les peuples pour donner forme à notre système de numération. Ils remplacèrent les groupes de symboles répétés par un nouveau signe qu'on appelle aujourd'hui «chiffre». Des marques distinctives furent donc créées pour chacune des 9 premières unités, chacun des 9 premiers multiples de 10 et plusieurs puissances entières de 10; de sorte que tous les nombres plus petits que 1 000 s'écrivent à l'aide de 3 symboles ou moins (un pour les unités, un autre pour les dizaines, un troisième pour les centaines). L'étape suivante fut d'une importance capitale: il s'agissait de reconnaître que par leur position dans un nombre, les chiffres représentant les unités peuvent symboliser les multiples de 10 ou les puissances de 10. D'où, tous les chiffres au-dessus de 9 deviennent inutiles. Deux siècles plus tard, soit vers 600 après J.-C., les Indiens imaginèrent dans une dernière étape, de figurer par un point la colonne du boulier compteur dont aucun des jetons n'était utilisé. Ce caractère spécial (qui deviendra plus tard notre zéro) porte le nom de «sunja», mot qui signifie vide. Dès lors, notre système de numération pour les entiers se trouva complété.

Cette nouvelle méthode se répandit avec difficulté. Au début du IX^e siècle, le mathématicien arabe al-Khowarizmi contribua à la propager par son traité sur les nombres indiens. Il en recommanda l'emploi. Vers 1100, Adélarde de Bath traduisit en latin cet ouvrage qu'il appella Algorismus et fit ainsi connaître aux Occidentaux un système dont les conséquences sont inestimables. Mais, habitués aux numérations romaines, les Occidentaux ne furent pas immédiatement séduits par les avantages de cette nouvelle méthode et c'est, avec difficulté, que le système décimal s'implanta en Occident. Vers la fin du XIII^e siècle, à Florence, les gouvernants édictèrent des lois contre l'usage de cette numération. En France, ce n'est qu'au XVIII^e siècle que la Cour des Comptes abandonna les chiffres romains.

000,1

Maîtriser les nombres ○ Le système indo-arabe présente de nombreux avantages. Le premier est la possibilité de représenter sans ambiguïté tous les nombres imaginables, grands ou petits, entiers ou fractionnaires. Le second est l'économie de symboles: dix chiffres (base 10) seulement sont à mémoriser de sorte qu'un enfant de 5 ans peut les apprendre.

Certes, le choix d'une base plus petite permet d'écrire un nombre avec moins de symboles. Par exemple: 7 803 en base 7 s'écrit 31 515 et en base 2 se note 1111001111011. Mais cette économie de symboles s'effectue au détriment de la concision, avantage qui découle du principe de position dont nous concevons difficilement l'importance, tellement il nous est familier aujourd'hui. L'adoption d'une base plus grande permet donc une représentation plus concise des nombres mais oblige à mémoriser plus de symboles.

Le système décimal offre aussi la possibilité d'effectuer rapidement toutes les opérations arithmétiques: addition, soustraction, multiplication et division, qui pour les Anciens présentaient des difficultés à peine surmontables. Au Moyen-Âge, elles étaient réservées à des experts. Notons ici la pauvreté et la stérilité du symbolisme des autres systèmes de numération: ils n'étaient en somme qu'une sténographie sans mode opératoire (figure 3). De plus la base 10 représente un avantage sur des bases plus élevées telles 20 ou 60 qui obligeraient à apprendre des tables d'addition et de multiplication beaucoup plus imposantes.

Le système indo-arabe est facile à maîtriser. Même l'étudiant le plus borné peut s'en servir assez aisément.

Figure 3

Pour multiplier LXVI (66) et XI (11), les romains multipliaient chaque chiffre contenu dans le nombre LXVI (66) par chacun des chiffres contenus dans le nombre XI (11) pour ensuite additionner les résultats.

- L fois XI:
L fois X donne D
L fois I donne L
- X fois XI:
X fois X donne C
X fois I donne X
- V fois XI:
V fois X donne L
V fois I donne V
- I fois XI:
I fois X donne X
I fois I donne I

On a donc la somme: (D+L) + (C+X) + (L+V) + (X+I) dont le résultat est DCCXXVI (726.)

La base du savoir ○ Avec le recul du temps, la découverte du système décimal prend des proportions gigantesques. Ne mentionnons ici que certaines de ses conséquences dans le domaine scientifique. Pour les Anciens, le nombre se dressait comme un obstacle insurmontable. En chiffres romains, par exemple, la distance de la Terre à la Lune s'écrit CCXXX-MMMMMMMMDCCCLVII (238 857) milles. Un Grec de l'époque platonicienne n'écrit pas facilement le nombre représentant la quantité d'électrons pouvant remplir une sphère comparable à la Terre, nombre qui est de l'ordre de 10^{63} . Ces constatations devraient nous laisser songeurs quant aux super-civilisations de la Préhistoire et quant aux secrets mirifiques présumément révélés par des visiteurs de l'espace. Il aurait été si simple et si profitable de nous doter alors d'un système numérique à la fois concis, économique, facile à manier et à maîtriser.

Les hommes n'ont pas saisi immédiatement la grande portée de l'invention du système décimal. Certains ont même fait obstruction à son implantation et à sa vulgarisation sous prétexte de protéger les honnêtes citoyens contre les faussaires pouvant trop aisément transformer les 0, les 6 et les 9. Ne devrait-on pas s'interroger sur les difficultés qu'ont les hommes d'innover, même à leur profit? Le rocher stable de leur routine ne s'effrite qu'avec les innombrables vagues du progrès. ■

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

BOLL, Marcel, *Histoire des mathématiques*, P.U.F., 1968.
BOYER, Carl B., *A History of Mathematics*, Wiley, 1968.
MENNIGER, Karl, *Number Words and Number Symbols*, M.I.T. Press, 1969.
HOBGEN, Lancelot, *L'univers des nombres*, Éditions du Pont-Royal, 1962

L'auteur est directrice du Département de mathématiques de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

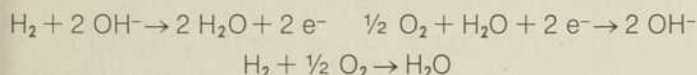
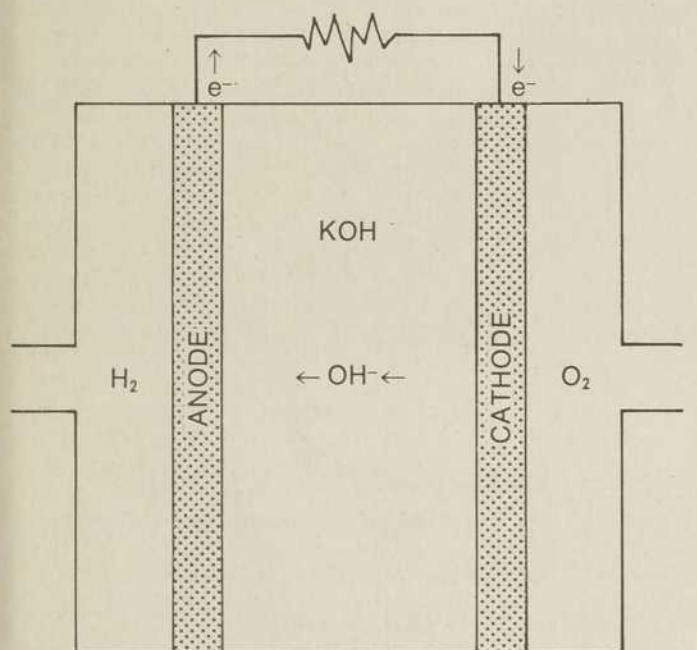
La pile à combustible

La pile à combustible est un système électrochimique qui transforme directement et de façon continue de l'énergie chimique en énergie électrique.

Le principe de la pile à combustible a été clairement démontré par Grove, en 1839. Les difficultés technologiques rencontrées pour réaliser une pile efficace n'ont pu être surmontées pendant plus d'un siècle.

Les progrès ont véritablement commencé avec la pile de Bacon, mais surtout au cours de la dernière décennie. Au début des années 60, en effet, la NASA (National Aeronautic and Space Agency) décidait de développer une pile H_2-O_2 comme source principale d'énergie à bord des vaisseaux Gemini et Apollo. La recherche a grandement bénéficié de cet effort.

Schéma de principe de la pile hydrogène-oxygène



Le fonctionnement d'une pile à combustible peut s'expliquer simplement dans le cas de la pile H_2-O_2 .

La pile élémentaire se compose de deux compartiments à gaz, de deux électrodes et d'un compartiment à électrolyte.

Sur chaque électrode se produit une réaction électrochimique élémentaire:

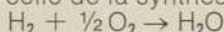
Électrode à hydrogène — anode:



Électrode à oxygène — cathode:



La réaction globale qui correspond au fonctionnement d'une telle pile est celle de la synthèse de l'eau:



Dans ce cas l'électrolyte est basique (KOH) et le catalyseur peut être un métal noble: platine et alliage ou des substituts: par exemple, Nickel de Raney, Nickel bore pour l'anode; argent et spinelle pour l'oxygène de l'air.

Avantages

En tant que source d'énergie électrique, une pile à combustible offre les principaux avantages suivants:

- Elle possède un rendement théorique élevé. Par exemple la pile H_2-O_2 possède un rendement théorique de 94% à une température de 25°C.
- Elle ne produit pas de pollution de l'air et consomme très peu de combustible au repos.
- Une pile possède une construction modulaire. Cette caractéristique permet, à partir d'un module unitaire de base, d'adapter la puissance totale de la pile à la puissance à installer, beaucoup plus facilement que dans le cas du moteur diesel.
- Elle est silencieuse, car elle ne comporte pas de pièces en mouvement et, par conséquent, son entretien est facile.
- Elle est capable de supporter des surcharges, c'est-à-dire qu'elle peut fonctionner à une puissance supérieure à sa puissance nominale, pendant une durée déterminée.

Difficultés

La recherche s'efforce de résoudre quatre difficultés techniques pour mettre au point une pile économique et commercialisable.

- La production limitée et le coût élevé de certains composants de la pile.
- Il faudra réduire les polarisations des électrodes, en particulier celle de l'électrode à oxygène pour améliorer le rendement.
- L'électrolyte alcalin engendre un problème de décarbonatation. Il faut donc recourir à un électrolyte acide, ce qui entraîne des difficultés de stabilité des matériaux.
- La durée de vie des électrodes doit être améliorée.

Perspectives d'avenir

La pile à combustible pourra devenir une source avantageuse d'électricité, lorsque les progrès de la recherche permettront de réduire son prix de revient par kilowatt et, par suite, le coût par kilowattheure.

On prévoit néanmoins que les premières applications commerciales de la pile se feront dans les domaines où une basse puissance est requise (20 à 300 watts).

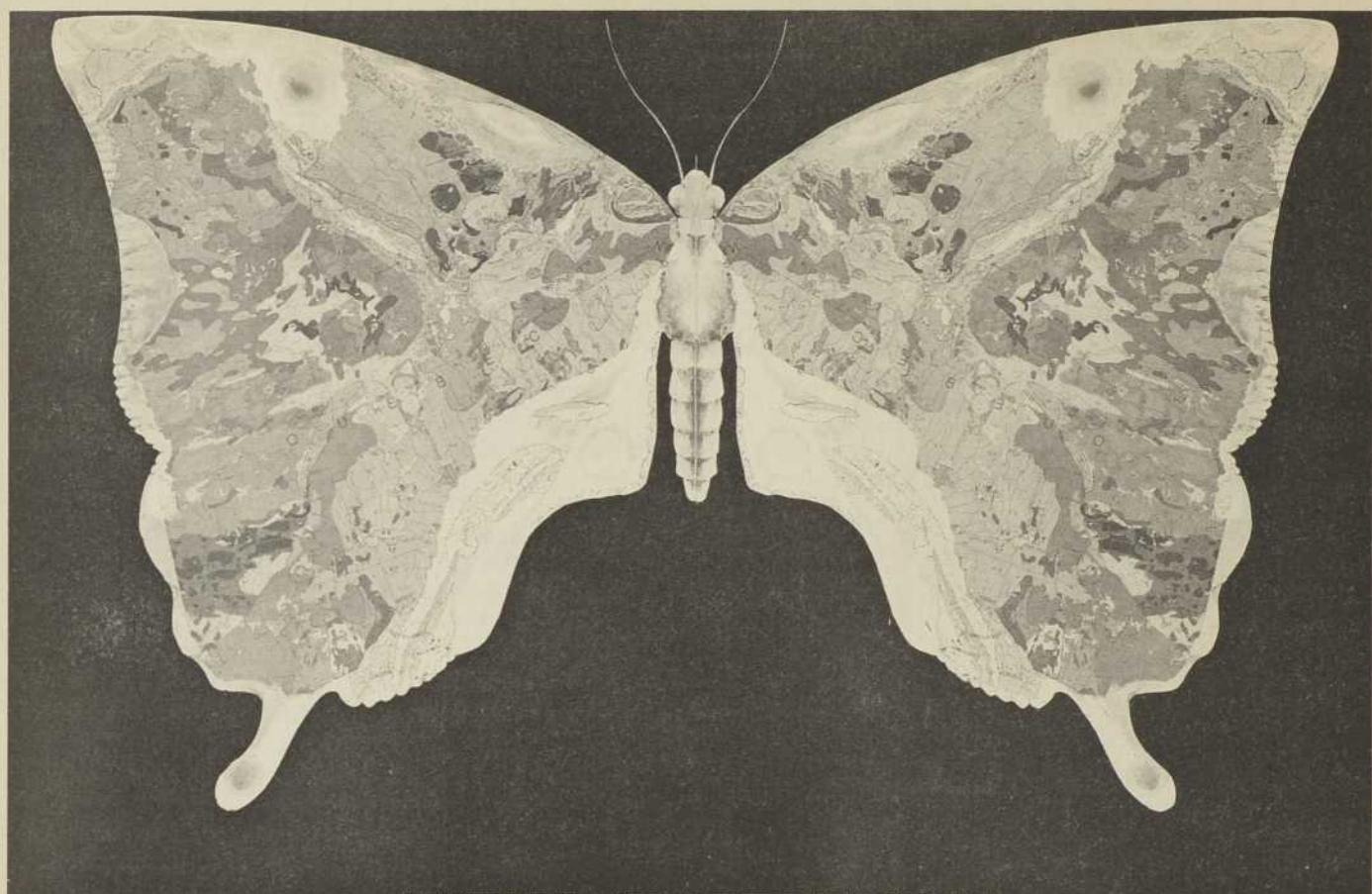
C'est le cas des bouées, des relais de télévision et de l'instrumentation isolée.

Comme source d'électricité à moyenne et à grande puissance, la pile pourrait être utilisée pour l'exploration spatiale et l'océanographie. On pense aussi au véhicule électrique, qui serait une solution efficace à la pollution de l'air et au bruit causés par le moteur à combustion interne.

Comparable à une centrale électrique, la pile à combustible électrifierait les régions isolées et remplacerait le groupe diesel électrogène. On entrevoit même l'utilisation de cette source d'énergie pour fournir l'électricité à des habitations.



Hydro-Québec



Reproduction à échelle réduite et en noir et blanc du poster en couleurs de format 2 pieds x 3 pieds conçu à partir de la carte géologique du Québec.

Non! Vous ne pouvez pas capturer ce lépidoptère avec un filet à papillons. Cette famille n'existe qu'en deux dimensions et ne compte qu'un spécimen. Devenu rarissime depuis sa parution en couverture de QUÉBEC SCIENCE, le Papillon géologique vient de sortir de son cocon après deux ans de métamorphose. O merveille! QUÉBEC SCIENCE est parvenu à développer des papillons géants (2 pieds par 3 pieds), prêts à déployer leurs ailes multicolores et à s'envoler aux quatre coins du Québec. Vous pouvez vous procurer le splendide poster en couleurs Papillon géologique en envoyant \$2 à QUÉBEC SCIENCE (Ce prix comprend 15¢ de taxe provinciale et les frais de livraison), Case postale 250, Sillery, Québec 6 ou en vous adressant à votre coopérative étudiante.

On ne peut pas non plus s'abonner ou se réabonner à QUÉBEC SCIENCE avec un filet à papillons. Il suffit tout simplement d'utiliser l'enveloppe-réponse insérée à cette fin dans le présent exemplaire.

radioactivité atmosphérique et vie quotidienne

par Jean Guimont et Jean-Claude Roy

Depuis que la radioactivité atmosphérique naturelle a été mise en évidence au début du siècle, quelques années après la découverte de la radioactivité par Becquerel, elle a été l'objet d'un intérêt constant de la part de nombreux chercheurs. Au début des années 1940, cet intérêt s'est accru considérablement à la suite de la découverte de plusieurs radioisotopes produits par l'interaction du rayonnement cosmique avec les atomes présents dans les hautes couches de l'atmosphère; de plus, le développement de l'énergie atomique a eu pour conséquences l'introduction de plusieurs radioisotopes artificiels dans l'atmosphère. Et la question est revenue au premier plan de l'actualité, cet été, quand le Green Peace s'est opposé à la campagne d'essais nucléaires français dans le Pacifique.

D'une part, l'évolution et la distribution des radioisotopes dans l'air et à la surface du globe font constamment l'objet de contrôles et de mesures à travers le monde à cause des implications biologiques chez l'homme, les animaux et les végétaux. D'autre part, les météorologistes ont trouvé que la présence des radioisotopes artificiels et naturels constituent des indicateurs sans pareil pour étudier différents phénomènes atmosphériques: les retombées radioactives, le mouvement des masses d'air et le mécanisme de transfert des gaz d'une région à l'autre de l'atmosphère. En outre, les chimistes ont très tôt réalisé que la production de certains radioisotopes dans l'atmosphère offrait la possibilité d'évaluer l'âge de divers spécimens sur une base allant de quelques années à des dizaines de milliers d'années. Comme l'utilisation des radioisotopes à ces fins requiert, entre autres choses, la connaissance de leur taux de production en divers points de l'atmosphère, de leur temps d'existence dans ce même milieu, et de leur mécanisme d'échange avec le réservoir terrestre, plusieurs chercheurs, appartenant à différentes disciplines scientifiques, consacrent leurs efforts à l'étude de la radioactivité atmosphérique et à la pollution radioactive de l'air, tandis que d'autres s'intéressent aux effets des rayonnements ionisants chez l'homme.

Dans cet article, les auteurs traitent des sources de radioactivité atmosphérique et des doses de rayonnements absorbés par l'homme à la suite d'exposition aux divers rayonnements qui font partie de la réalité de tous les jours.

La présence dans le sol, les roches et le béton, d'isotopes d'uranium et de thorium qui ont des périodes radioactives (la période radioactive est le temps requis pour qu'un radioisotope perde la moitié de son intensité radioactive) de plus de 10^9 années (un milliard), soit l'uranium 238 et le thorium 232, constitue la cause principale de la radioactivité atmosphérique dans nos régions. Ce ne sont pas ces isotopes eux-mêmes qui contribuent à la radioactivité atmosphérique, mais les isotopes des gaz nobles émanant de la transmutation radioactive de l'uranium 238 et du thorium 232, selon le schéma de désintégration présenté au tableau 1.

Les isotopes des gaz nobles diffusent dans l'atmosphère. La plus grande partie du radon (radon 222), avec sa période radioactive de 3,8 jours, réussit à se répandre dans l'atmosphère avant de s'y désintégrer, tandis que le thoron (radon 220) avec une période radioactive de 54 secondes, a beaucoup moins de chance de s'éloigner de son lieu d'origine. À leur tour le radon et le thoron se désintègrent selon le schéma du tableau 1; une grande

partie de la radioactivité que l'on mesure est due aux isotopes du plomb 214 et de bismuth 214 qui s'attachent aux poussières en suspension dans l'air.

A Sainte-Foy Par filtration de l'air, ces poussières radioactives sont facilement retenues sur des papiers filtres dont on mesure la radioactivité par des détecteurs appropriés. C'est la méthode que nous avons utilisée pour mesurer la radioactivité d'origine terrestre au niveau du sol à la Cité universitaire à Sainte-Foy. Le tableau 2 montre nos résultats ainsi que ceux obtenus par d'autres chercheurs en différents points du globe. On peut noter que la radioactivité moyenne à Ste-Foy due à la présence du radon et du thoron, est du même ordre de grandeur que celle qu'on mesure à d'autres endroits continentaux. Par contre, la radioactivité d'origine terrestre est beaucoup plus faible au-dessus des îles, de la surface de la mer, et des pôles qu'au-dessus des continents. Cette situation s'explique par le fait que l'eau, la neige et les glaces sont des obstacles à la diffusion du radon et thoron dans l'air.

Tableau 1 — Schéma de désintégration de la série de l'uranium 238 et de la série du thorium 232. Les séries ne sont pas complètes; les points noirs représentent des noyaux intermédiaires de courtes périodes radioactives par rapport à leurs voisins et seuls sont indiqués les radioisotopes importants pour l'interprétation de la radioactivité atmosphérique. Les lignes verticales indiquent l'émission de particules alpha; les diagonales, l'émission de particules bêta.

Z	élément	Série de U 238	Série de Th 232
92	Uranium	U 238 $4,5 \times 10^9$ a	U 234 $2,5 \times 10^5$ a
91	Protactinium	↓	↓
90	Thorium	Th 234 24 j	Th 230 $7,5 \times 10^4$ a
89	Actinium	↓	Th 232 $1,4 \times 10^{10}$ a
88	Radium	Ra 226 1620 a	↓
87	Francium	↓	Ra 228 7 a
86	Radon	Rn 222 3,8 j	↓
85	Astate	↓	Th 228 2 a
84	Polonium	Po 218 3 m	↓
83	Bismuth	↓	Ra 224 3,6 j
82	Plomb	Pb 214 27 m	↓
81	Thallium	↓	Rn 220 54 s
		Bi 214 20 m	↓
		Pb 210 22 a	↓
			Pb 212 11 h

La quantité moyenne de radon (radon 222) qui s'échappe de la croûte terrestre est de l'ordre d'un atome par seconde par centimètre carré. Une autre source de radon dans l'air provient de la combustion du charbon; sa contribution à la radioactivité atmosphérique, quoique non négligeable, est de beaucoup inférieure à la radioactivité d'origine terrestre.

L'interaction du rayonnement cosmique, en particulier des protons et des neutrons, avec les noyaux des atomes présents dans les hautes régions de l'atmosphère peut produire tous les noyaux stables et instables qui ont des masses inférieures à celles des noyaux cibles, essentiellement de l'argon, de l'oxygène et de l'azote. Actuellement, 21 isotopes produits par ce genre d'interaction ont été identifiés; l'un d'entre eux est stable, l'hélium 3, les autres sont radioactifs.

Déterminer l'âge des fossiles ○ La découverte du premier isotope de cette catégorie, le carbone 14, fut faite par Libby en 1946. Le carbone 14, qui provient de l'interaction avec les noyaux d'azote des neutrons secondaires du rayonnement cosmique, s'échange avec les atomes stables de carbone des molécules de l'anhydride carbonique dans l'air. Les molécules de CO_2 radioactif sont absorbées par les plantes, puis par les animaux qui se nourrissent des plantes, et enfin, par l'homme.

Au total, le règne animal et le règne végétal ne contiennent qu'une très faible proportion de carbone 14; Libby a montré que la concentration de carbone 14 dans les bois frais, les sédiments marins récents et les tissus vivants est la même, quel que soit le lieu, pour l'ensemble de la Terre. Donc, si l'on supprime l'apport du carbone 14, soit en coupant le végétal ou par la mort de l'organisme vivant, sa concentration diminue selon une exponentielle de période égale à 5 530 ans. Ensuite, par dosage du carbone 14, on peut déterminer l'âge où l'objet fossile a été coupé du cycle du carbone. Cette méthode a été appliquée avec beaucoup de succès pour déterminer l'âge des bois et de produits les plus divers: par exemple, le dosage de carbone 14 d'échantillons de

bois venant des tombes des pharaons, a permis de déterminer que l'âge de ce bois coïncide de façon remarquable avec les dates de décès de ces derniers.

Les explosions nucléaires, sources intenses de neutrons, ont contribué à augmenter la concentration du carbone 14; cette concentration, qui n'est plus constante d'un point à l'autre du globe, peut atteindre en certains points plusieurs fois la valeur existant avant les essais nucléaires. On peut donc se demander si, pour les archéologues de l'an 5 000, la méthode du carbone 14 s'avérera valable.

En plus d'applications chronologiques, les autres isotopes de cette catégorie sont utilisés comme indicateurs pour l'étude de phénomènes atmosphériques; il ne sont pas produits en quantité suffisante pour amener des implications biologiques dans notre milieu.

La radioactivité provoquée par l'homme

○ Les détonations nucléaires et thermonucléaires, les réacteurs atomiques, les usines de traitement de combustibles nucléaires, les injections volontaires de radioisotopes dans l'atmosphère et les accidents nucléaires contribuent à la radioactivité artificielle de l'air.

Les détonations nucléaires constituent la plus importante source de radioisotopes artificiels qui proviennent, d'une part, de la fission de l'uranium 235 et du plutonium 239 et, d'autre part, de la capture par le milieu ambiant, y compris

les débris de l'engin nucléaire lui-même, des neutrons émis en quantité énorme par une explosion nucléaire. L'importance des radioisotopes artificiels comme agents contaminants dépend du type et de l'énergie des particules émises lors de leurs désintégrations, de leurs périodes radioactives et de la façon dont ils sont métabolisés une fois absorbés par l'organisme humain.

Du point de vue de la santé publique, on considère le strontium 90 comme le plus dangereux parce que, d'abord, il représente 5% des atomes issus de la fission, possède une période radioactive très longue et des propriétés chimiques semblables à celles du calcium. Le strontium 90 est donc facilement absorbé par les organismes vivants; il finit par s'introduire chez l'homme par l'intermédiaire des aliments, puis, comme le calcium, il se dépose dans les régions osseuses et provoque le cancer des os. L'iode 131, avec sa période radioactive de 8,1 jours, représente également un danger à cause de sa volatilité et de sa forte tendance à se concentrer dans la glande thyroïde qui peut peser moins d'un gramme chez un enfant; parce que concentrée au même endroit, même une petite quantité d'iode 131 peut fournir une dose élevée d'irradiation.

Bilan des explosions nucléaires ○ Jusqu'en 1954, les engins nucléaires étaient relativement petits et la contamination produite se limitait à la troposphère. Mais

Tableau 2 — Radioactivité atmosphérique d'origine terrestre au niveau du sol en différents endroits du globe.

Endroits	Plomb 214	Plomb 212
	Picocurie* par mètre cube d'air.	
Ste-Foy, P.Q. Can.	23	< 0,5
Chicago, E.U.	24	1,8
Washington (D.C.) E.U.	47	2,0
San-Francisco, E.U.	10	0,5
Memphis, E.U.	17	1,9
Lima, Pérou	22	1,4
Chacaltaya, Bolivie	40	0,3
Yokosuka, Japon	44	0,5
Iles Marshall, Océan Pacifique	0,3	
Iles Mariannes, Océan Pacifique	0,8	
Kodiak, Alaska	8	0,004
Pôle Sud	0,6	0,007

* Un picocurie est égal à 2,2 désintégrations par minute.

de 1954 à 1963, plusieurs détonations de forces explosives équivalentes à plusieurs millions de tonnes de TNT se sont produites; le tableau 3 dresse le bilan de ces explosions. Elles ont contribué à augmenter de façon importante le niveau de la radioactivité dans l'atmosphère: depuis ces détonations, les hautes régions de l'atmosphère sont devenues un réservoir de produits de fission d'où ils retombent continuellement sur la surface de la terre. Il en découle que toutes les substances biologiques formées durant la dernière décennie renferment des quantités très faibles, mais mesurables, de certains produits de fission, notamment le strontium 90 et le césium 137.

En 1963, d'un commun accord, l'URSS, la Grande-Bretagne et les États-Unis ont mis un terme aux essais nucléaires dans l'atmosphère, mais non aux essais souterrains. Ceux-ci n'ont d'ailleurs pas contribué de façon significative à la radioactivité atmosphérique. Depuis 1960, la France a procédé à plus d'une vingtaine d'essais et, depuis 1963, la Chine en a ajouté douze autres; ces dernières expériences n'ont pas encore augmenté de façon appréciable le niveau de la radioactivité atmosphérique, mais comme ces deux nations font maintenant l'essai d'engins thermonucléaires de plus en plus puissants, une légère augmentation du niveau de la radioactivité artificielle est à prévoir d'ici quelques années.

À moins d'un accident ou d'une défec-

tuosité dans le revêtement des barres de combustibles nucléaires, les réacteurs nucléaires ne sont pas une source importante de contamination radioactive. Ceux qui sont refroidis à l'air sont le seul type de réacteur susceptible d'introduire des radioisotopes dans l'atmosphère par la formation de l'argon 41, issu de la capture neutronique de l'argon 40, présent dans l'air. Comme l'argon 41 a une courte période de 1,8 heure, on peut s'en débarrasser facilement en le diluant dans l'atmosphère au moyen d'une haute cheminée.

Parmi d'autres contributions à la radioactivité artificielle, on peut mentionner l'injection volontaire par les chercheurs américains des radioisotopes de tungstène 185 ($t_{1/2} = 75$ jours), de cadmium 109 ($t_{1/2} = 450$ jours) et de rhodium 102 ($t_{1/2} = 105$ jours) à basses et hautes altitudes en vue d'étudier la circulation de l'atmosphère. L'utilisation de générateurs thermoélectriques chauffés aux radioisotopes comme source d'énergie pour l'alimentation des appareils de mesure et de transmission peut constituer une source possible de contamination radioactive. En effet, un tel appareil, SNAP-9A, un générateur de 25 watts, chauffé au plutonium 238, un émetteur alpha ayant une période radioactive de 86 ans, a brûlé complètement au-dessus de l'Océan indien lors de sa rentrée dans l'atmosphère. On n'a trouvé que des traces de plutonium 238 dans la région où la combustion s'est

produite et, en se basant sur ces résultats, on considère que la contribution de ces générateurs à la radioactivité atmosphérique n'approchera jamais celle produite par les essais nucléaires.

L'homme est radioactif ○ L'homme a été continuellement exposé aux rayonnements ionisants d'origine naturelle provenant d'une part des rayons cosmiques et d'autre part de la radioactivité terrestre. L'homme lui-même est radioactif; car le corps humain contient une quantité relativement importante de radioisotopes sous forme de potassium 40, de carbone 14, de radium (et ses produits de désintégration) et de tritium. Le tableau 4 décrit la contribution de chacune de ces sources de radioactivité à la dose d'exposition reçue par l'être humain. Il est évident que le corps humain s'est ajusté à l'absorption de doses restreintes de rayonnements puisqu'il a été de tout temps exposé à ces derniers. Il est fort probable qu'ils ont joué un rôle significatif dans l'évolution biologique depuis l'émergence des formes les plus primitives de vie sur la Terre, il y a quelque 2 milliards d'années.

La question qui se pose maintenant, est de savoir quelle est la dose maximale à laquelle l'homme peut être exposé sans dommages biologiques à long et à court termes. L'unité de mesure des rayonnements ionisants est appelé *roentgen*; comme les radiations sont de différents types (rayons X et gamma, neutrons, particules

Tableau 3 — Forces explosives des détonations nucléaires de 1945 à 1972.

Années	Mégatonnes de TNT	Remarques
1945-51	1	
1952-54	60	
1955-56	28	
1957-58	85	
1961	120	
1962	217	
Sous-total	511	Essais effectués par les États-Unis, l'U.R.S.S., et la Grande Bretagne.
1963-1972	13	Essais effectués par la Chine.
1960-1972	20 (estimé)	Essais effectués par la France.
TOTAL	544	

bêta, particules alpha), une échelle de l'effet de ces différents rayonnements sur l'homme a été définie en terme d'une unité équivalente, appelée le *rem* (roentgen equivalent man). La Commission internationale de protection contre les rayonnements recommande que la dose maximale admissible soit de 0,5 rem par année pour la population en général, et de 5,0 rems par année pour les personnes qui travaillent avec des rayonnements ionisants.

Les rayons X, plus dangereux que les détonations ○ En plus des rayonnements d'origine naturelle, l'homme est exposé à d'autres sources de rayonnements dont il est le responsable. Contrairement à ce que l'on pense, les doses les plus importantes d'exposition ne proviennent pas des centrales nucléaires et des retombées radioactives émanant des explosions nucléaires, mais plutôt des rayons X, utilisés d'une part pour fins de thérapie et de diagnostic, et engendrés, d'autre part, par beaucoup d'appareils d'usage courant dans l'industrie, les laboratoires et même dans nos maisons. Comme on peut le constater au tableau 4, les rayonnements émanant d'une centrale nucléaire sont extrêmement faibles; les rayonnements dus aux retombées radioactives ont donné une dose d'exposition de 0,020 à 0,025 rem par année à leur plus haut niveau, soit entre 1959 et 1963, dose qui est maintenant de 0,004 à 0,005 rem par année et

qui se maintiendra à cette valeur pendant de nombreuses années. Par contre, on estime qu'un Canadien reçoit de 0,025 à 0,100 rem de rayonnement à la suite de prises de radiographies chez le médecin ou le dentiste. Comme les effets biologiques des rayonnements sont cumulatifs, c'est-à-dire qu'ils croissent de façon linéaire avec la dose totale accumulée durant la vie de l'homme, il faut éviter les radiographies trop prolongées et trop nombreuses. Il faut insister pour que l'usage des rayons X pour fins médicales soit fait avec un équipement des plus modernes sous la surveillance d'un personnel qualifié. C'est heureusement le cas dans nos hôpitaux. Il faut certainement proscrire les radiographies inutiles, comme celles que tout passant pouvait effectuer dans les machines à essayer les chaussures qui étaient en usage dans plusieurs magasins du Québec il n'y a pas si longtemps, et qui le sont encore dans plusieurs villes des États-Unis. Mais, peut-être, les conséquences les plus dangereuses des rayons X pour fins de diagnostics résultent de l'exposition des femmes enceintes et des organes génitaux. De telles irradiations peuvent causer des dommages génétiques à l'embryon déjà conçu ou aux rejetons à venir.

Dans les laboratoires et les grandes industries, plusieurs appareils constituent des sources possibles de rayons X. Signalons comme exemple les nombreux appareils à rayons X identifiés comme tels, les microscopes électroniques, les tubes ca-

thodiques, les klystrons et, de façon générale, tout appareil opérant à une tension plus élevée que 10 kilovolts sous un vide partiel. Dans nos maisons, les téléviseurs en couleurs qui opèrent sous des tensions de l'ordre de 25 kilovolts donnent naissance à environ 0,001 rem de rayonnement à une distance de 2 pouces.

En conclusion, il ne faut pas s'affoler lorsqu'on parle de centrales nucléaires, d'essais souterrains, de radioactivité atmosphérique et de rayons X. Il faut surtout comprendre qu'ils font partie de notre environnement et qu'ils sont la conséquence du progrès accompli par l'homme. Il faut se rappeler que les rayonnements constituent une source de bienfaits et de bien-être pour une large fraction de la population. Il est surtout important d'apprendre à les utiliser de façon judicieuse et de prendre les mesures de protection nécessaires lorsqu'on s'en sert pour divers usages. ■

LES MOTS

ion: atome, ou groupe d'atomes, chargé d'électricité

isotopes: nom donné aux atomes ayant le même numéro atomique — donc occupant la même place dans la classification périodique — et des poids atomiques différents.

M. Jean-Claude Roy est professeur au Département de chimie de l'Université Laval et M. Jean Guimont, professeur de chimie au Couvent Jésus-Marie de Sillery.

Tableau 4 — Doses de rayonnement absorbées par l'homme à la suite d'irradiations dans la vie de tous les jours.

I- Sources de rayonnement d'origine naturelle.

a) Externes

rayonnement cosmique	mrem/année *
radioactivité naturelle	30 à 50 30 à 100

b) Internes

potassium 40	20 à 25
carbone 14	1
tritium	< 1
radium	≈ 5

II- Sources de rayonnement d'origine artificielle

	mrem/année *
retombées radioactives (1959-1963)	20 à 25
retombées radioactives en 1972	4 à 5
rayons X pour fins médicales	25 à 100
centrales nucléaires	2

*Note: Un mrem est un millièrme de rem, unité de rayonnement ionisant donnant le même effet biologique qu'un roentgen de rayons X.

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

LAL, D. et SUESS, H.E., *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, 1968, 18, 407

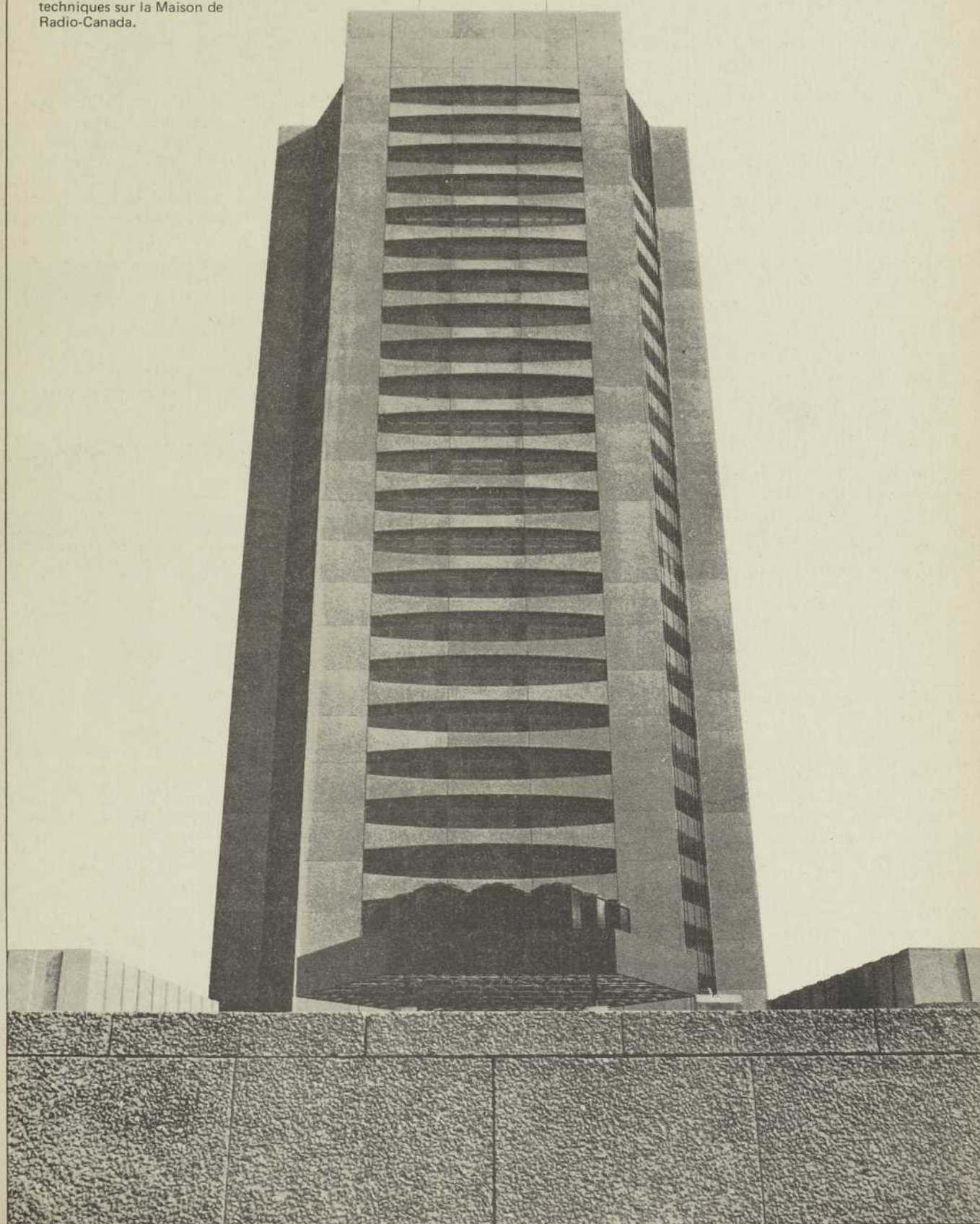
LAL, D. et PETERS, B., *Handbuch der physik*, 1967, XLVI/2, 551

LOCKHART, L.B. jr, dans *The Natural Radiation Environment*, 1964, Univ. of Chicago Press, Chicago, 111., J.A.S. Adams et W.M. Lowder, pp. 331 à 344

EISENBUD, M., *Air Pollution*, volume 1, 2ième édition, Academic Press, New York, 1968, A.C. Stern, pp. 121 à 147

Radio-Canada, plus que jamais au carrefour du Canada français

A compter de la prochaine livraison, les lecteurs de QUÉBEC SCIENCE pourront prendre connaissance de la première d'une série de 10 fiches techniques sur la Maison de Radio-Canada.





par Jean-Marc Fleury

LES FUTURS VAISSEaux SPATIAUX SOVIÉTIQUES ET AMÉRICAINS SERONT COMPATIBLES

L'entente intervenue entre la NASA et l'Académie des sciences de l'URSS en octobre 1970, a été considérablement étendue lors de la visite à Moscou du président Richard Nixon, au mois de mai dernier.

Elle prévoit maintenant la coopération des deux pays en météorologie, étude de l'espace; dans l'étude de l'environnement terrestre; dans l'exploration du proche espace, de la Lune et des planètes ainsi qu'en biologie et en médecine spatiale.

Le directeur adjoint de la NASA, M. George Low, a aussi déclaré devant une commission du Congrès américain, que les prochaines générations de vaisseaux habités soviétiques et américains comporteraient des systèmes de rendez-vous et d'arrimage compatibles.

Les deux pays se sont aussi engagés à promouvoir la coopération internationale pour régler les questions de droit spatial.

Enfin, pour vérifier la compatibilité des systèmes d'arrimage, une cabine de type Apollo se réunira à un véhicule Soyuz, en 1975, au cours d'un vol qui sera avant tout symbolique. Cet été un groupe de 25 Soviétiques est venu aux États-Unis pour préparer la rencontre spatiale de 1975.

L'ORDINATEUR AUSSI INTELLIGENT QUE L'HOMME D'ICI À L'AN 2000

Le professeur Irving John Good, dans le dernier numéro d'Impact — Science et société — publication de l'Unesco — prédit que l'ordinateur sera intellectuellement l'égal de l'homme moyen d'ici à l'an 2000.

Après avoir examiné divers aspects de l'activité mentale, le professeur Good, un statisticien américain, spécialiste de

LE RAYON LASER PEUT DÉTECTER LES POLLUTIONS

La Compagnie générale d'électricité (CGE) de France, troisième manufacturier international de lasers, a mis au point un laser ultra-violet dont les impulsions peuvent atteindre une puissance de pointe de 105 watts.

Grâce au rayonnement que réémet une molécule lorsqu'elle est éclairée par un laser, les chercheurs de la CGE disent qu'il est possible



La basse vallée de la rivière du Gouffre dans Charlevoix occasionne un abaissement subit du relief dans cette région montagneuse. Le brouillard de mer flottant au-dessus du Saint-Laurent emprunte cette brèche orographique et recouvre Baie-Saint-Paul d'une langue brumeuse venant du sud-est, en dépit de la circulation atmosphérique générale de l'ouest prévalant ce jour-là. Le relief joue un rôle déterminant dans la définition du microclimat de cette ville. (Phénomène observé et photographié par Yves Tessier).

l'informatique au Virginia Polytechnic Institute and State University, expose dans son article une théorie sur le fonctionnement du cerveau. À partir de ce qu'il appelle l'activité ultra-parallèle de cet organe, il émet l'idée que l'on pourra réaliser une machine intelligente conçue de manière à simuler, ne fût-ce que grossièrement, l'agencement du cerveau humain et capable à son tour de concevoir une machine ultra-intelligente, grâce à laquelle s'ouvrirait peut-être une ère de paix universelle.

d'identifier les pollutions. En effet, le rayonnement réémis est caractéristique de chaque espèce de molécules. Ainsi, les pollutions gazeuses pourraient être identifiées sans aucune manipulation chimique.

On peut aussi tout simplement utiliser la diffusion du rayon laser par les particules solides ou les aérosols pour en mesurer la quantité dans l'air. On dispose ainsi d'un instrument capable de mesurer à la fois la composition chimique d'un milieu gazeux et le taux de particules en suspension.

PIONIER-10: NEUF CHANCES SUR DIX DE S'EN SORTIR

Il suffirait que l'objet de fabrication humaine à s'être aventuré le plus profondément dans l'espace rencontre une seule particule d'un cinquantième de pouce (un demi-millimètre) de diamètre pour être complètement hors d'usage.

Officiellement, c'est le 15 juillet que Pionier-10 est entré dans la ceinture des astéroïdes, un beigne de 3 milliards de kilomètres (1,8

milliards de milles) de circonférence, 280 millions de km (175 millions de milles) de largeur et 80 millions de km (50 millions de milles) d'épaisseur qui entoure le Soleil, entre Mars et Jupiter. Puisque l'anneau de débris, dont la grosseur varie entre celle des grains de poussière et celle de mini-planètes grosses comme le Québec, est assez épais pour qu'il soit prohibitif de passer par dessus, tous les voyages rentables vers les planètes extérieures devront inclure sa traversée. Il faudra sept mois à la sonde américaine pour le franchir complètement.

Lors de son entrée dans la barrière des astéroïdes, Pioneer-10 était à 620 millions de milles (1 milliard de km) de la Terre et voyageait à la vitesse de 56,000 milles à l'heure (25 km à la seconde). C'est d'ailleurs à cause de sa grande vitesse qu'une collision avec un astéroïde d'un demi-millimètre de largeur suffirait à le démolir.

Pionier-10 compte déjà des résultats scientifiques à son actif puisqu'il a rencontré moins de poussière spatiale lorsqu'il a coupé l'orbite de Mars. La gravité des planètes agit donc comme une sorte d'aspirateur de particules et contribue à nettoyer ce qu'on a appelé le vide spatial.

L'AVENIR S'ANNONCE MEILLEUR POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES CANADIENS

Avec la fin de la construction d'une première partie de l'usine d'eau lourde de Bruce, Ontario, et le comportement toujours satisfaisant des réacteurs de la centrale de Pickering, de l'Hydro-Ontario, les perspectives s'annoncent bonnes comme elles n'ont jamais été pour la filière nucléaire canadienne.

Le Canada peut donc maintenant se vanter d'être un des rares pays qui a réussi à mettre au point un type de centrale nucléaire qui peut être comparé aux centrales américaines.

Depuis ses débuts, le programme de réacteurs CANDU, de l'Énergie atomique du Canada, a connu beaucoup de difficultés, la dernière étant une pénurie d'eau lourde telle qu'il a fallu stopper plusieurs réacteurs dont celui de l'Hydro-Québec, à Gentilly. De plus le rapport du sénateur Maurice Lamontagne sur la politique scientifique n'a pas été tendre pour le programme et la presse, en général, s'est toujours montrée sceptique quant à la volonté du Canada de s'affirmer avec succès dans un domaine jusqu'ici réservé aux géants.

Récemment, le Ministre d'État aux sciences et à la technologie, M. Allastair Gillespie, a amorcé une campagne de réhabilitation en affirmant que le programme canadien d'énergie nucléaire est appelé à devenir l'une des réalisations techniques les plus importantes de notre pays.

Si la prédiction de M. Gillespie se confirme, le programme nucléaire canadien sera probablement la première réussite d'un grand programme de recherche canadien, après les échecs du missile *Velvet Glove*, de l'avion *Arrow* et de bien d'autres.

LES NUAGES ONT ÉCLIPSÉ LE JEU DE LA LUNE AVEC LE SOLEIL

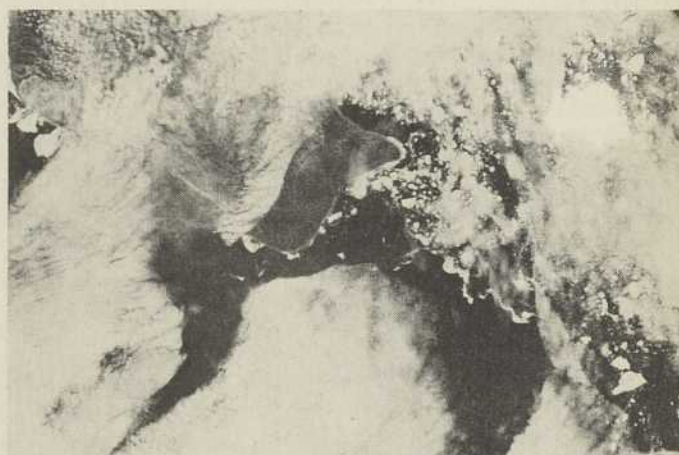
Pour observer l'éclipse totale de Soleil du 10 juillet dernier, il fallait être braqué devant son appareil de télévision ou bien s'être rendu dans les environs de New Carlisle, en Gaspésie. Partout ailleurs au Québec, le ciel était bouché par les nuages.

L'équipe du Goddard Space Flight Center de la NASA, installée à Cap-Chat, en Gaspésie n'était d'ailleurs pas trop fâchée. Le voyage au Québec constituait en quelque sorte un exercice avant l'observation de l'éclipse totale qui se produira en Afrique, l'an prochain. Et, qui sait, si

celle du 10 juillet dernier avait parfaitement réussi, cela aurait probablement fait une bonne raison de plus pour que la direction de l'agence spatiale américaine annule ce voyage en Afrique, à cause des difficultés budgétaires que connaît présentement la NASA.

VENUS PERD D'AUTRES SECRETS

Pour la seconde fois, l'Union soviétique a réussi, au mois de juillet dernier, à déposer une sonde spatiale sur la surface brûlante de la planète Vénus.



LA BAIE D'HUDSON VUE PAR ERTS-1 — Cette photographie de l'extrémité orientale de l'île Southampt, au nord-ouest de la baie d'Hudson, est une des premières transmises par ce qu'on a appelé le «premier satellite écologique». ERTS-1 (pour «Earth Resources Technology Satellite») est en effet le premier satellite tourné vers la Terre non seulement dans un but météorologique, mais aussi pour aider dans la planification de l'utilisation de ses ressources. Sur cette photo on voit très bien les bancs de glace et de nuages poussés par les courants marins et aériens. (Photo NASA)

Pendant 50 minutes, le vaisseau automatique Vénus-8 a résisté à une température de plus de 900 degrés fahrenheit et à des pressions d'une centaine d'atmosphères terrestres. En analysant les renseignements transmis par Vénus-8, les savants soviétiques devraient apporter d'importants détails supplémentaires sur cette planète à surface volcanique et au ciel rempli de nuages d'acides. D'autant plus que la sonde transportait un détecteur de rayons gamma pour étudier la structure et la composition de ce brûlant voisin de la Terre.

Domage qu'on ne sache pas fabriquer d'automobiles qui puissent résister à des collisions de 5 milles à l'heure.

LE PAYS INONDÉ DE SCIENTIFIQUES

Pendant un mois, en août, la population canadienne des géologues a doublé pour dépasser la dizaine de milliers. À l'occasion du Congrès géologique international, en effet, plus de 5000 géologues d'une centaine de pays se sont réunis à Montréal. Cette rencontre constitue le plus important congrès scientifique jamais tenu au Canada.

Par ailleurs, cette gigantesque migration de géologues

ne fut pas la seule invasion de scientifiques au Canada cet été.

En effet, du 10 au 17 août, le Congrès international de géographie a rassemblé quelque 2,500 spécialistes de cette discipline à l'Université de Montréal. Le congrès de l'Association cartographique internationale a rassemblé des centaines de cartographes à Montréal. Il y a eu aussi le congrès d'électronique quantique à Montréal, la conférence sur la culture des leucocytes à La Malbaie, le symposium sur les lasers haute puissance à Québec, etc. Bref, le Canada a été l'hôte d'un nombre record de rencontres scientifiques internationales en 1972.



l'aquarium écologique

par Michel Boudoux

S'il est une science dont la renommée croît de jour en jour, c'est bien l'écologie. Totalement inconnue du grand public il y a une dizaine d'années, elle n'était, au sein des milieux scientifiques, pratiquée que par un nombre très restreint de spécialistes. Ceux-ci, de formation assez diversifiée, eurent le mérite — mais aussi la tâche ardue — de commencer par définir ce que devrait être cette nouvelle science, quels seraient son objet propre, ses méthodes et ses limites.

Grâce au travail acharné de ces précurseurs, l'écologie a aujourd'hui droit de cité. Parallèlement, une prise de conscience de plus en plus aigüe des problèmes que pose la préservation de la qualité de l'environnement a forcé les pouvoirs publics à tenir compte d'une série de nouvelles contraintes: il ne suffit plus d'exiger qu'une nouvelle entreprise soit rentable pour ses actionnaires comme au bon vieux temps. Aujourd'hui, l'opinion publique et les mass media s'inquiètent avant tout de savoir quel sera l'impact de cette entreprise sur le milieu environnant.

Le bonheur national brut ○ N'est-il pas surprenant, dans la seconde moitié du XX^e siècle, d'entendre le plus célèbre peut-être des économistes européens, Sico Mansholt, déclarer qu'il y aurait peut-être lieu de reconsidérer totalement les principes d'organisation de nos sociétés occidentales et de remplacer le critère du PNB (produit national brut) d'une population par un estimateur du BNB (bonheur national brut)? Signifiant par là que l'optique qui prévaut actuellement n'est pas forcément la meilleure et que si Monsieur Thiers, de sinistre mémoire, a pu donner comme mot d'ordre aux Français il y a quelque cent ans: "Enrichissez-vous", cette conception de la vie en société doit être radicalement modifiée. Produire plus dans nos sociétés technologiquement avancées ne signifie plus grand chose, sauf pour les financiers, bien sûr!

Ce qu'il faut aujourd'hui c'est arriver, non à un maximum de production, mais à un optimum. C'est-à-dire définir un taux de productivité et de croissance économique qui, tout en conservant un standard

de vie acceptable par l'ensemble de la population, tient compte d'une série de contraintes impératives, essentiellement de deux ordres: assurer le bonheur des hommes et respecter les exigences du milieu. Soit dit en passant, la lutte contre la pollution qui préoccupe tant l'opinion publique ne constitue en fait qu'un aspect très mineur de cette approche globale. Rien ne sert de lutter de façon partielle contre certaines pollutions tant qu'on ne sera pas décidé, une fois pour toutes, à considérer la protection globale du milieu comme une nécessité absolue.

Un zèle inutile ○ À ce propos, une anecdote me vient à l'esprit: il y a une dizaine d'années un groupe de personnes aussi zélées que naïves s'était formé en Société de protection de la Forêt de X. Cette forêt, sise à proximité d'une grande ville, recevait chaque fin de semaine un nombre assez imposant de visiteurs, avec tous les petits inconvénients mineurs que cela peut représenter pour le milieu forestier. Aussi, ces personnes, — admirables au demeurant — avaient-elles décidé de prendre l'affaire en main et de faire pression sur les pouvoirs publics pour que diverses mesures soient prises, telles que le ramassage des déchets, la réglementation de la circulation automobile, etc.

Bref, une série de mesures partielles. Durant le même temps, un complexe industriel se portait acquéreur de terrains près de la forêt et y bâtissait une usine de produits chimiques de grande envergure, ce dont personne ne crut devoir se soucier puisque l'usine n'était pas dans mais à côté de la forêt. Je ne vous apprendrai certainement rien en vous disant qu'à l'heure actuelle, les émanations de gaz sulfureux produits par cette usine compromettent assez sérieusement l'existence de la dite forêt.

L'approche de cette Société de protection avait donc été essentiellement partielle. Voulant lutter contre des pollutions déterminées, elle avait négligé de considérer l'aspect global du problème *protection de la forêt* et ne possédait sans doute pas les outils scientifiques pour le faire.

Les outils existent ○ À l'heure actuelle ces outils existent et c'est principalement l'écologie qui nous les a fournis et continuera à nous les fournir.

En fait, l'écologie en tant que science s'occupe des relations entre les êtres vivants et leur milieu, d'une part, et des relations entre les êtres vivants entre eux, d'autre part. Son nom vient du grec *oikos* qui signifie maison, habitat au sens large, et *logos*: discours, explication. Un des aspects les plus importants de cette science consiste en l'étude des écosystèmes.

Qu'est-ce qu'un écosystème? On peut le définir comme étant un ensemble d'êtres vivants (animaux et végétaux) formant une communauté fonctionnant suivant un cycle biologique *fermé* dans des conditions de milieu déterminées. Par exemple, un lac, dans la forêt boréale, constitue un écosystème: entouré par une forêt résineuse, il possède sa propre flore et sa propre faune et est encerclé par un microclimat bien défini. Pour étudier un tel écosystème, l'approche d'un botaniste consisterait à inventorier toutes les plantes aquatiques qu'on y trouve, tandis que le zoologiste, lui, s'inquiéterait des poissons, des crustacés, etc.

Par contre, l'écologiste étudiera le phénomène d'une manière beaucoup plus globale: une fois en possession des différentes informations fournies par les spécialistes dont nous parlions plus haut, il va tenter de déterminer quels sont les cycles biologiques qui régissent cet écosystème.

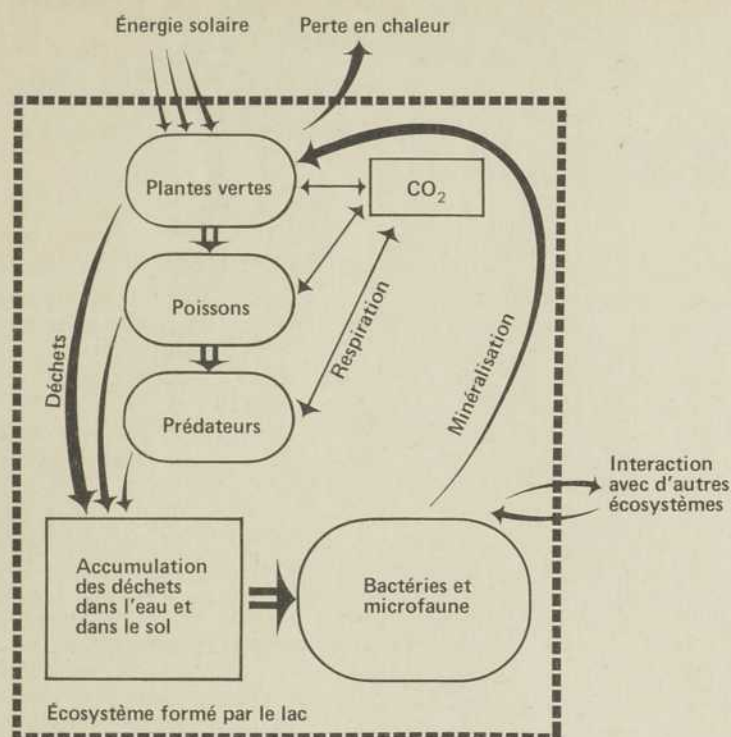
Par exemple, à la figure 1, on trouvera un cycle biologique de nourriture dans un tel lac.

Remarquons tout de suite que cet écosystème, symbolisé par son cycle trophique, n'est pas à proprement parler un cycle *fermé* au sens où l'entendent les thermodynamiciens.

Un cycle indéfini ○ D'abord, cet écosystème est, comme tout ce qui vit, essentiellement tributaire de l'énergie solaire et d'autre part, ce cycle perd régulièrement de l'énergie sous sa forme la plus dégradée: la chaleur. Néanmoins ses échanges avec le milieu extérieur sont mesurables. Voici de façon fort simplifiée comment fonctionne le cycle.

Les plantes vertes (algues chlorophylliennes, plantes ripuaires, etc.) emmagasinent l'énergie solaire, le CO₂ et les sels minéraux, pour bâtir des composés organiques plus complexes. Ces plantes servent de nourriture aux poissons qui, à leur tour, deviennent la proie des prédateurs. Ces trois niveaux successifs d'organisation: plante, poisson, prédateur libèrent le CO₂ par respiration ainsi qu'un certain nombre de déchets accumulés dans les eaux du lac puis dans le sol. L'action de certaines bactéries les minéralise et ensui-

Figure 1: Chaîne trophique simplifiée



te, les plantes s'en nourrissent, bouclant ainsi le cycle.

On peut imaginer que, sous certaines conditions, ce cycle se renouvelle indéfiniment ou, du moins, pendant très longtemps, ce qui arrive bien souvent quand la nature reste à l'état vierge.

Supposons un instant que quelqu'un décide d'abattre la forêt qui entoure le lac et fasse une coupe rase (ça se pratique encore, malheureusement). Que va-t-il se passer? Les arbres abattus, le régime hydrique de la région s'en trouvera complètement modifié. La circulation des vents aussi.

Dégradation et équilibre ○ Peu de temps après, cela va se refléter sur l'écosystème. Il suffit parfois d'une variation de quelques degrés centigrade dans la température de l'eau pour que les poissons ne pondent plus, ou encore que certaines bactéries indispensables à la minéralisation des déchets disparaissent. Imaginons ce dernier cas: aussitôt, les déchets s'accumulent, les poissons se raréfient, les prédateurs s'en vont ailleurs, les plantes vertes occupent de plus en plus d'espace. Comme ces plantes fournissent beaucoup de déchets, le processus de dégradation s'accélère et ce qui était jadis un lac limpide devient vite un marais nauséabond, paradis des moustiques et autres marins-gouins. Il aura suffi pour cela d'une malencontreuse intervention de l'homme. Certes, il ne faut pas toujours dramatiser.

La dégradation que nous venons de décrire n'est pas nécessairement inéluctable mais néanmoins possible. D'autres alternatives auraient pu être envisagées. Par exemple, il aurait pu se faire que les plantes aquatiques prenant de l'expansion et attirant d'avantage les insectes, la population des poissons augmente et qu'un **nouvel équilibre** s'installe.

Ceci démontre bien qu'une action, quelle qu'elle soit, sur le milieu amène une série de répercussions en chaîne qui tendent soit vers une dégradation irréversible du milieu, de l'écosystème, soit à un nouvel équilibre. Et c'est là que l'écologiste peut être amené à jouer un rôle de première importance. Sa connaissance des lois et des règles qui régissent les écosystèmes (connaissance qui va s'agrandissant de jour en jour) lui permet de prévoir avec plus ou moins de précision l'impact de telle ou telle mesure sur le milieu.

Construisez votre écosystème ○ Cette science qu'est l'écologie, vous pouvez aisément en prendre conscience au moyen d'expériences très simples. Prenons le cas d'un aquarium, par exemple. Vous avez certainement déjà visité un magasin où, pour des sommes assez élevées, l'on propose aux amateurs des systèmes d'aquariums des plus sophistiqués: éclairage artificiel, adoucisseurs d'eau, filtres chimiques et autres gadgets.

Ca marche ou ça ne marche pas. De toutes façons, ça coûte cher et l'on en retire

peu de satisfaction. Moi, je vous propose autre chose. Fabriquez-vous un aquarium (ou achetez-le, si ça vous amuse) de forme parallélépipédique, quelques cornières (coins) de métal, de la vitre et du mastic suffisent. Je ne vous donne pas de plan pour le réaliser; QUÉBEC SCIENCE n'est pas une revue de bricolage. Faites preuve d'imagination! Les dimensions idéales semblent être 70 x 25 x 35 cm. mais ce n'est pas un dogme.

Prenez de l'eau dans une mare, ou un lac, ou une rivière près de chez vous et emportez en même temps un peu de vase et de sable trouvés sur place, ainsi que quelques plantes aquatiques qui vous semblent jolies.

À présent, comment équiper votre aquarium? Placez la vase au fond, puis enfouissez-y les racines des plantes aussi profondément que possible. Sur la vase, étendez une couche de sable. Versez ensuite l'eau naturelle le plus doucement possible, en évitant de remuer la vase. Au besoin, coupez le jet d'eau avec votre main. Ceci fait, placez votre aquarium près d'une fenêtre ensoleillée et attendez. Attendre quoi? Attendre qu'un équilibre se crée dans le mini-écosystème que vous venez d'installer: les plantes vont reprendre, effectuer des échanges gazeux avec l'eau, et les bactéries vont se développer dans la terre. Quand l'eau sera devenue claire, on parlera de poissons. J'allais oublier: mettez le plus de plantes possible (sans exagérer, bien sûr!).

Posez-vous des questions et tentez d'y répondre en expérimentant. C'est ça l'expérimentation. Quel intérêt y a-t-il à vous proposer de mélanger un corps A à un corps B, de porter le tout à 120°C et de vous certifier que vous obtiendrez à tout coup un nouveau corps C après 10 minutes?

Certaines de ces plantes ne résisteront pas à la transplantation, d'autres, par contre, vont reprendre avec vigueur et croître. Il n'y a pas de règles établies: c'est **votre** écosystème, c'est à vous de le surveiller attentivement chaque jour. Si vous pensez que l'eau devient trop chaude à midi, ombragez-le; si vous croyez qu'il faut changer l'eau parce qu'elle se trouble (c'est-à-dire que l'équilibre n'a pas encore été atteint), changez-la et ainsi de suite.

Les jours ont passé et vous pensez avoir atteint le fameux équilibre recherché. Tant mieux. Que va-t-il se passer si vous modifiez quelque peu cet équilibre en introduisant une nouvelle plante plus prolifique, par exemple? Ou en diminuant l'insolation? Voilà autant de questions anodines en apparence, mais dont l'étude vous permettra de mieux saisir les mécanismes d'interaction qui régissent votre écosystème.



Une fois tout cela terminé, vous pourrez alors introduire des poissons dans l'aquarium, en d'autres mots rendre l'écosystème plus complet. Je ne vous conseille pas l'achat de poissons exotiques aux noms aussi rares qu'est fragile leur santé. Prenez plutôt d'honnêtes guppies (*Lebistes reticulatus*). Un mâle adulte et quelques femelles suffiront amplement.

Ce poisson étant très prolifique, après un certain temps, vous aurez la joie de voir votre aquarium se peupler d'un grand nombre d'alevins. Mais attention! Dans certains cas, les femelles guppies ont la déplorable habitude de manger leur progéniture. Ce sera à vous de régler la densité de poissons que vous souhaitez dans votre aquarium, en isolant les jeunes durant leurs premières semaines. En augmentant, en réduisant ou même en supprimant l'apport de nourriture étrangère vous pourrez aussi observer certains changements dans l'écosystème: que deviendront vos plantes aquatiques si la population de poissons augmente ou si vous introduisez des escargots?

Au fur et à mesure des jours et des semaines vous pourrez ainsi suivre l'évolution (ou la stabilisation) d'un mini-écosystème.

Mais souvenez-vous que la nature est extrêmement sensible et qu'une modification un peu trop brutale peut détruire en quelques heures un équilibre que vous aurez mis des semaines à obtenir.

C'est d'ailleurs ce qui se passe continuellement sous nos yeux mais que nous n'avons pas (ou plus) appris à percevoir, obnubilés que nous sommes par les découvertes technologiques qui représentent bien peu de choses si on les considère à l'échelle du temps géologique. ■

L'auteur est chargé de recherche en biologie au Centre de Recherche des Laurentides au Ministère canadien de l'Environnement à Québec.

le cinéma
qui se fait
au québec

cinéma québec

revue mensuelle

dans chaque
numéro:
informations
critiques
analyses
documents

abonnement (10 numéros)
canada: \$6.50, étudiant \$5.00
étranger: \$9.00, étudiant \$7.00

cinéma/québec
c.p. 309, station outremont,
montréal 154
québec, canada
(514) 272-1058



Magazine Québécois de Bandes Dessinées

ÉCHEC ET MATHS

**PARTICIPEZ À
«ÉCHEC ET MATHS»
ET GAGNEZ L'UN DE CES
VOLUMES OFFERTS PAR**

**LES ÉDITIONS DE
L'HOMME**

1. **La Météo**
par Alcide Ouellette
2. **Apprenez la Photographie**
par Antoine Désilet
3. **Technique de la photo**
par Antoine Désilet
4. **Apprenez à connaître vos médicaments**
par René Poitevin
5. **Les Poissons du Québec**
par E. Juchereau-Duchesnay
6. **Les Mammifères de mon pays**
par J. St-Denis Duchesnay
7. **La Bourse**
par Albert Lambert
8. **Premiers pas sur la Lune**
par Neil Armstrong, Michael Collins,
Edwin E. Aldrin
9. **La Taxidermie**
par Jean Labrie
10. **Une culture appelée québécoise**
par G. Turi

**GAGNANTS DU CONCOURS
«ÉCHEC ET MATHS», problème no 11**

Rosanne Lévesque	Yvon Caouette
St-Valère, Arthabaska	St-André Avellin
Guy Bonin	Michel Labbé
Ste-Foy	Québec
Raoul G. Ricard	Christine Fortin
Trois-Rivières	Sherbrooke
Mario Lamontagne	
Roberval	

Chaque mois un jury impartial choisira 10 gagnants parmi les réponses reçues.

Postez votre réponse dès aujourd'hui (en mentionnant le titre du volume de votre choix) à: Québec Science, C.P. 250, Sillery, Québec 6.

Problème numéro 14:

LES NAUFRAGÉS

Trente naufragés sont perdus sur un radeau. Quinze d'entre eux appartiennent au clan des bons et les quinze autres au clan des méchants. Comme il n'y a pas suffisamment de nourriture, la moitié des occupants doivent être jetés à la mer pour permettre aux autres de survivre. Pour choisir qui sera sacrifié, on convient de placer tout le monde en cercle et, en comptant dans le sens des aiguilles d'une montre, d'enlever chaque sixième personne jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que quinze. Ceux qui resteront dans le cercle seront sauvés. Si vous étiez le chef du clan des bons, comment disposeriez-vous vos membres et par qui feriez-vous commencer le décompte si vous vouliez faire en sorte que tous les bons soient sauvés?

Solution du problème no 13:
LA MOISSON EST ABONDANTE,
MAIS...

Soit x le nombre de cultivateurs et y l'aire moissonnée par un cultivateur en une journée. En une demi-journée, l'aire moissonnée par le groupe tout

entier sera $x \times \frac{y}{2} = \frac{xy}{2}$; par conséquent l'aire moissonnée en une demi-journée par la moitié du groupe sera $\frac{xy}{4}$. On en conclut que l'aire du grand champ sera $\frac{3xy}{4}$ et celle du petit $\frac{xy}{4}$ + y . Si on pose l'équation

$$\frac{3xy}{4} = 2 \left(\frac{xy}{4} + y \right)$$

la variable y qui n'est qu'une variable auxiliaire se simplifiera et l'on arrivera à la solution $x = 8$.

ÉTUDIANTS

Nous vous proposons un abonnement au DEVOIR. Aussi nous vous invitons à compléter ce coupon et à nous le faire parvenir dès maintenant accompagné de votre chèque ou mandat de poste payable à l'ordre de LE DEVOIR, C.P. 6033, Montréal 101, P.Q.

Les tarifs sont les suivants:

DURÉE	CANADA	ÉTATS-UNIS
6 mois	\$19.00	\$22.00
9 mois	\$27.00	\$31.00
12 mois	\$35.00	\$40.00

LE DEVOIR

Ci-inclus \$..... pour un abonnement de mois à partir du 1972.

Nom.....

Adresse.....

S.O.S. BIOSPHERE: POLLUTION

Clément H. Rondeau, T.D., B.Sc., Éditions Hurtubise / HMH, Montréal, 1972.
155 pages, \$3.00
En vente dans les librairies

Ce volume présente un tableau assez vivant mais quelque peu alarmiste du problème de la pollution atmosphérique. «Pour comprendre la pollution atmosphérique» est un titre qui aurait été plus adéquat pour cet ouvrage. À l'aide de plusieurs citations tirées d'articles de journaux d'information et d'émissions de radio, l'auteur explique quelques aspects chimiques, biologiques, économiques et esthétiques de la pollution. Cette constatation amène à déplorer le peu de références qu'on fait aux travaux québécois concernant ce sujet. En effet, la plupart des chiffres et des situations décrivent ce qui se passe ailleurs et, dans bien des cas, l'auteur n'hésite pas à affirmer que nous vivons au Québec une situation semblable. Dans ce domaine comme dans bien d'autres, il est téméraire de faire des généralisations hâtives sans prendre en considération tous les facteurs locaux. Qu'il suffise de mentionner, à titre d'exemple, une différence fondamentale entre ce qui se passe ici et ce qui se produit aux États-Unis. Dans ce dernier pays, la production d'énergie électrique par l'huile et le charbon contribue pour 40 pour cent du dégagement d'anhydride sulfureux (p. 31) tandis qu'au Québec ce pourcentage est très faible, étant donné que l'électricité provient en presque totalité des ressources hydroélectriques.

Le chapitre discutant des additifs chimiques dans les aliments apparaît comme un cheveu sur la soupe. Il s'agit dans ce cas particulier d'additions volontaires de la part des fabricants d'aliments et non de contaminants qui seraient dus à la pollution de l'environnement.

Il est clair que l'auteur cherche à provoquer le lecteur, mais on ne peut que s'étonner (les gens qui ne sont pas spécialisés pourront même prendre panique) lorsqu'il affirme sans aucune nuance que "... aux jeux olympiques de 1976, ici, à Montréal, les athlètes tomberont asphyxiés dans une ville qui se mourra de pollution!" (p. 32).

Il nous est apparu comme un tour de force remarquable que l'auteur soit parvenu à condenser en vingt pages les quelques 450 pages de l'imposante compilation de *Annals of the New York Academy of Science* sur les effets biologiques de l'oxyde de carbone. À notre avis, on a souligné à juste titre la contribution importante de la cigarette à ce genre de pollution. Cependant, on a donné relativement trop d'importance au CO par rapport au SO₂. Rappelons que dans le premier cas, les effets sont réversibles tandis que dans le second cas, ils sont irréversibles. Bien entendu, on s'en tient aux concentrations que ces deux polluants atteignent dans l'air ambiant des villes.

À part quelques anglicismes involontaires et certains néologismes douteux, on peut recommander l'ouvrage comme texte de formation générale. Il y aurait quelques restrictions à faire concernant l'inclusion des formules développées, des mécanismes de réaction et des expressions trop strictement chimiques qui apparaissent nettement au-dessus du niveau général de l'ouvrage.

Si les milliers de personnes qui travaillent dans le monde entier à diminuer la pollution atmosphérique ne voyaient pas un jour leurs efforts aboutir à une amélioration sensible de la qualité de l'air, la situation serait aussi catastrophique que le laisse supposer M. Rondeau. Consolons-nous; il y a

encore de l'espoir. Selon les praticiens, la qualité de l'air s'améliore à New York, à Chicago, à Los Angeles, à Londres, à Paris et même à Montréal.
Maurice Boulterice

Walter Brabant



LE PRIX DE LA SANTÉ

MIGUE, Jean-Luc et BÉLANGER, Gérard, Éditions Hurtubise / HMH, Montréal, 1972.
238 pages, \$5.95
En vente dans les librairies

Libres de toute émotivité, les auteurs appliquent au domaine de la santé, les instruments qu'offre l'analyse économique. Le lecteur se rend rapidement compte que «l'industrie» des services de santé, n'obéit pas toujours aux critères traditionnels d'un régime économique «libéral».

Dans un tel système, il est admis que le consommateur est le seul juge de ce qui lui convient ou pas. Cependant, pour qu'il puisse exercer librement un choix, le consommateur doit être en possession d'une connaissance suffisante des produits et services qui lui sont offerts et qu'il désire se procurer.

Or, les auteurs du livre «Le prix de la santé», se basant sur plusieurs études faites sur cette question, établissent que dans l'industrie des services de santé, et probablement là d'une façon plus prononcée que partout ailleurs, une des caractéristiques est l'insuffisance d'information du «consommateur-patient» ce qui risque de compromettre la présumée souveraineté du consommateur.

Dans le domaine de la santé, le «patient consommateur» révèle son impuissance à apprécier l'utilité ou le bien-être qu'il retire d'un produit ou d'un service. Il est donc un mauvais juge de la qualité du médecin qu'il choisit et donc du traitement qu'il reçoit.

Les auteurs analysent de nombreuses autres facettes du «commerce» de la santé notamment les relations particulières entre le producteur (médecin) et le consommateur (patient); les conséquences des différents modes de rémunération du professionnel de la santé; les différents régimes de santé; l'économie des médicaments, etc.

Les professeurs Migué de l'École nationale d'administration publique (ENAP) et Bélanger du Département d'économie de l'université Laval viennent de combler une grave lacune. Ce faisant, ils permettent au public en général, profane ou averti, d'apprécier avec des yeux différents la vaste information diffusée quotidiennement dans ce domaine. Ils lui permettent également une évaluation plus critique des changements importants qui s'annoncent au niveau de la distribution de soins médicaux en rapport avec les recommandations de la Commission Castonguay-Nepveu.

Christian Coutlée

jacques parizeau en liberté

Jacques Parizeau, le célèbre économiste du parti Québécois, rédige une chronique à caractère économique tous les dimanches dans QUÉBEC-PRESSE. Quand Jacques Parizeau parle d'économie, il en parle en expert: il a été conseiller du gouvernement québécois sous les administrations Le Sage et Johnson.



Il faut aussi lire:

- nos grands dossiers;
- nos bandes dessinées exclusivement québécoises;
- nos pages spectacles qui vont au fond des choses;
- nos chroniques destinées aux consommateurs;
- nos pages politiques qui ne ménagent personne, etc.

QUÉBEC-PRESSE

QUÉBEC-PRESSE est en vente le dimanche dans tous les kiosques à journaux. Pour recevoir votre exemplaire à domicile (Montréal et Québec) ou par le courrier, remplissez le coupon ci-dessous:

Je désire m'abonner à QUÉBEC-PRESSE

\$15 pour une année ☐

\$5 pour 4 mois ☐

Nom.....

Adresse.....

Faites votre chèque ou mandat-poste à l'ordre de QUÉBEC-PRESSE, 9670 Péloquin, Montréal 358 Tél.: 381-9936

COMITÉ DE SOUTIEN

BELL CANADA

Monsieur René Fortier, vice-président
Zone de Montréal

LA BRASSERIE LABATT LTÉE

Monsieur Maurice Legault, président

BANQUE DE MONTRÉAL

Monsieur C.W. Harris
Vice-président et secrétaire

INSTITUT DE RECHERCHE

DE L'HYDRO-QUÉBEC (IREQ)

Monsieur Lionel Boulet, directeur

Aidez-nous à soutenir
financièrement

**québec
science**

le seul
magazine
québécois
d'information
scientifique

Adressez vos dons à:

QUÉBEC SCIENCE

Case postale 250

Sillery, Québec 6

Tél. (418) 657-2435

DIX ANS SEULEMENT DU PROTOTYPE À LA CENTRALE GÉANTE

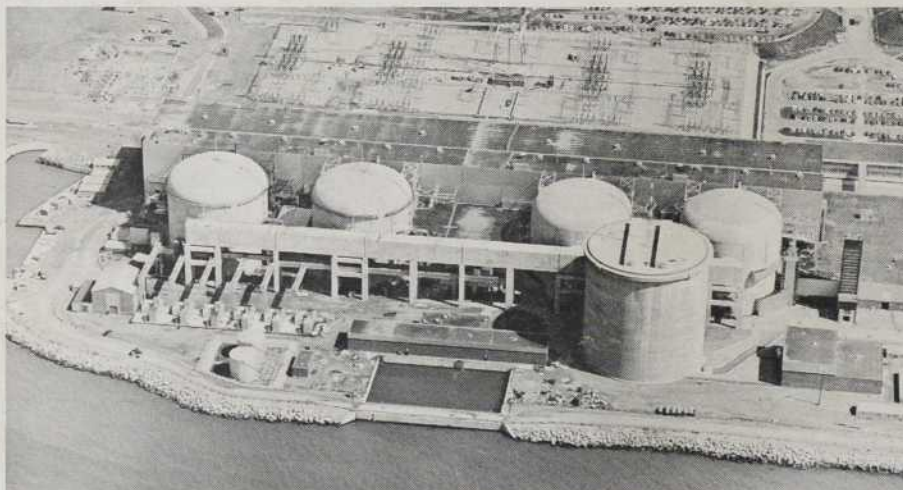


1962

NPD, la première centrale nucléaire du Canada, est entrée en service en 1962. Ce prototype de 20,000 kilowatts devait démontrer qu'il était possible de fabriquer de l'électricité avec les réacteurs de la filière CANDU dont le combustible est de l'uranium naturel et le modérateur de l'eau lourde. Seulement dix ans plus tard, des scientifiques, des ingénieurs et des techniciens canadiens ont mis en service Pickering, l'une des plus grandes centrales nucléaires du monde. Les trois premières unités de cette centrale géante, qui fonctionnent à la perfection, ont une capacité totale de 1,500,000 kilowatts, c'est-à-dire qu'elles produisent suffisamment d'électricité pour répondre aux besoins d'un million de foyers. La quatrième unité ajoutera 500,000 kilowatts à cette capacité, lorsqu'elle entrera en service en 1973.

Centrale nucléaire prototype: NPD

1972



Centrale nucléaire Pickering alimentée par quatre réacteurs



L'Énergie Atomique du Canada, Limitée

Siège social: 275, rue Slater, Ottawa, K1A 0S4

Bureau de Montréal: 1550, boulevard de Maisonneuve