

SCIENCE DIMENSION

1981/4



MODEL ICE/SIMULATION DE LA GLACE

SCIENCE DIMENSION

 National Research Council Canada Conseil national de recherches Canada

Vol. 13, No. 4, 1981

Indexed in the Canadian Periodical Index
This publication is available in microform.

CONTENTS

-
- 4 Planetary appellations**
Astronomical addressing
-
- 10 Taking the matter to heart**
Two newly-developed spreads by
Gay Lea Foods
-
- 14 Tokamak de Varennes**
Can the sun's fire be tamed?
-
- 20 Briefly. . .**
-
- 22 CO₂ increase in the
atmosphere**
Raising global temperature
-
- 26 Artificial viruses**
Safely neutralizing a hijacking of
the cell
-

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension NRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

Editor-in-chief Loris Racine
Editor Wayne Campbell
Executive Editor Joan Powers Rickerd
Editor French Texts Michel Brochu
Editorial Production Coordinator Patricia Montreuil
Photography Bruce Kane
Coordinator, Design & Print Robert Rickerd
Design Banfield Advertising Ltd.
Printed in Canada by Beauregard Press Ltd.
31159-0-0858

Pig power

In the near future, pig farmers may take advantage of an NRC development to eliminate unpleasant manure smells and at the same time offset their energy needs.

At NRC's Rideau Falls Food Technology Laboratory, anaerobic bacteria are busily digesting their way through a daily diet of pig manure. This kind of microbial digestion of waste material is a simple process, producing energy in the form of methane with the added benefit of cleaning up bothersome wastes. Pig manure was chosen as an example of a farm waste now becoming an environmental problem because of the large increases in hog population.

The advantage of the NRC-developed digester is in its retention of methane-producing bacteria from one manure batch to the next. The bacteria adhere to the surface of a film inside the digester, process the manure into acids which ultimately are turned into methane and carbon dioxide, and remain there when the digested manure is removed. By retaining the slow-growing methanogenic bacteria, (see *Science Dimension*, 1979 #3) NRC researchers are now able to replace the total volume of their 35 L digester in one day, thereby enhancing its methane-producing capabilities. Previously, the loss of bacteria meant that only a fraction of the total digester volume could be replaced daily. But the system has a trade-off. While there is a greater production of methane in reduced time, the per cent conversion of waste into biogas is lower than in the longer process.

Ultimately, it will be the farmer's requirements that determine how the system is used. If there is a steady daily need for methane, then the shorter re-

tention will be more advantageous. However, energy consumption on a farm is not often very high, especially in the summertime. While an average-sized pig farm in Quebec (2,000 hogs) could produce more methane than needed to heat the barn, house and perhaps even cook the meals through the winter, more uses could be found for the gas on the farm site, perhaps to run a generator to produce electricity. Alternatively, the gas could be shared with neighbors. At present, excess methane just isn't valuable enough to transport over long distances, but if costs should increase significantly, the additional equipment for purification and the needed transmission pumping stations might make larger scale transportation economical.

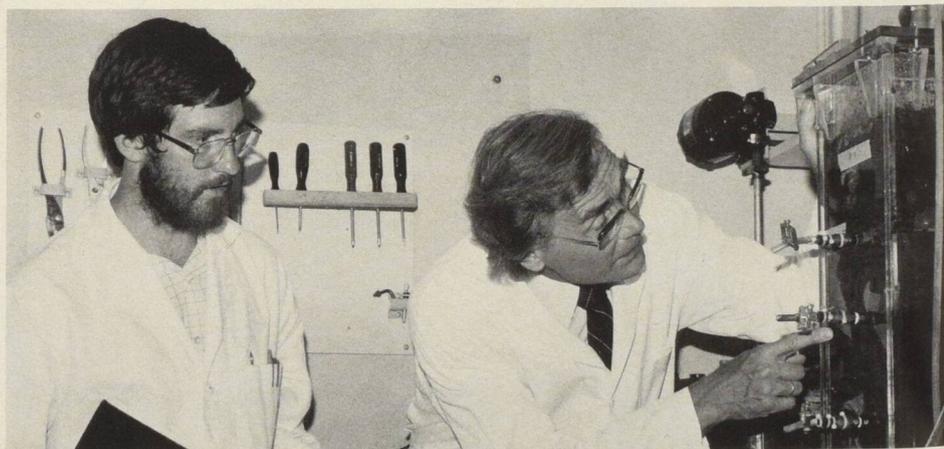
As for the material remaining after digestion, it will go back to the land (it is a slightly better fertilizer, containing more ammonia nitrogen) or it can be recycled as animal feed.

Two proposals for use of the NRC system are now under review and they could result in an operational farm-scale digester in Quebec and Ontario by 1982. This development is in close cooperation with Agriculture Canada. The need for such waste treatment was underscored by Quebec's Ministry of the Environment last June when it announced a three-year ban on new industrial pig farms in the areas of the Assomption, Chaudière and Yamaska rivers, because of heavy pollution of the waters by pig manure. □

Patricia Montreuil

NRC's David Cameron and Bert van den Berg examine the 35 L manure digester.

David Cameron et Bert van den Berg, du CNRC, examinent le digesteur.



Après le boudin, le méthane!

Les éleveurs de porcs pourraient bientôt profiter d'un système mis au point par le CNRC pour éliminer les odeurs nauséabondes du fumier et par la même occasion équilibrer leurs besoins énergétiques.

Au laboratoire de technologie alimentaire du CNRC, près des chutes Rideau, des bactéries anaérobies suivent un régime quotidien de fumier de porc. Ce processus simple de digestion microbienne de résidus, en plus de produire de l'énergie sous forme de méthane, permet l'épuration des résidus malodorants. En raison de la forte augmentation de la population porcine, l'exemple du fumier de porc illustre bien la menace que représentent maintenant les déchets organiques pour l'environnement.

L'avantage du digesteur mis au point par le CNRC est qu'il évite la perte des bactéries méthanogènes d'une cuvée de déchets à la suivante. Les bactéries adhérent à la surface interne des colonnes du digesteur et décomposent le fumier en acides qui se transforment finalement en méthane et en gaz carbonique; la digestion terminée, le fumier est retiré mais les bactéries méthanogènes, qui se développent lentement, demeurent en place (voir SD 1979/3). Les chercheurs du CNRC peuvent maintenant renouveler la charge totale du digesteur, soit 35 L, en une seule journée, augmentant ainsi sa production de méthane, alors qu'auparavant seule une fraction du volume était renouvelable quotidiennement. Le système a toutefois un inconvénient. Plus de méthane est produit en un temps de digestion réduit mais la quantité de déchets convertie en gaz biologique est inférieure à celle du processus plus lent.

Il appartiendra donc au fermier de décider de la façon d'utiliser le système

pour satisfaire à ses besoins. Une demande quotidienne et soutenue en méthane s'accommodera mieux du processus plus rapide. Par ailleurs, la consommation énergétique n'est généralement pas très élevée sur une ferme et encore moins pendant l'été. Considérant que dans le Québec un élevage de porcs de moyenne importance (2 000 porcs) pourrait produire plus de méthane qu'il n'en faut pour chauffer la porcherie, la maison et probablement cuire les repas pendant tout un hiver, les fermiers pourraient envisager d'autres utilisations de ce gaz, voire même s'en servir pour alimenter une génératrice électrique. Le gaz pourrait éventuellement être partagé avec les voisins. Pour l'instant, le prix des différents types de carburants classiques n'est pas encore suffisamment élevé pour que l'achat du matériel de purification et de pompage nécessaire au transport du méthane sur de longues distances soit justifié.

Les matières résiduelles non digérées pourront retourner à la terre sous forme d'engrais, légèrement amélioré par l'augmentation de l'azote ammoniacal, ou encore être recyclées pour l'alimentation du bétail.

Deux propositions recommandant l'utilisation du système du CNRC sont actuellement à l'étude et pourraient éventuellement mener à son emploi dans des fermes du Québec et de l'Ontario d'ici 1982. Soulignant la nécessité d'un tel traitement des déchets, le ministère de l'Environnement du Québec interdisait en juin dernier l'exploitation industrielle de nouvelles fermes d'élevage de porcs, pour une durée de trois ans, dans les bassins des rivières Assomption, Chaudière et Yamaska sérieusement polluées par le fumier de porc.

Texte français: **Suzanne R. Pellerin**

SCIENCE DIMENSION



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 13, N° 4, 1981

Cité dans l'Index de périodiques canadiens

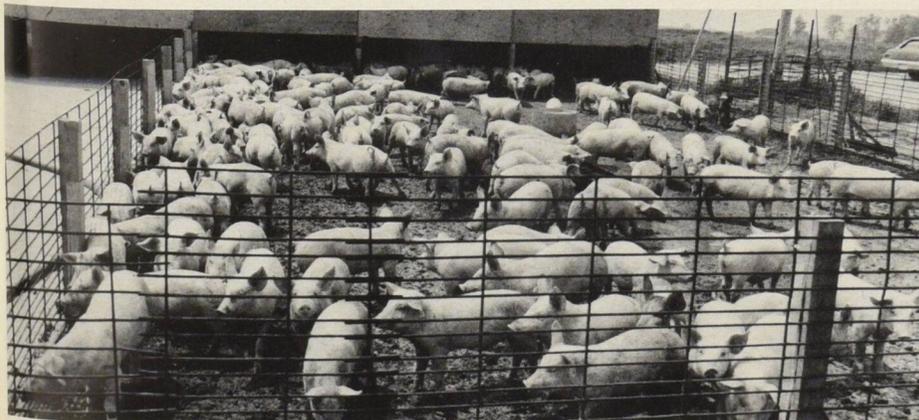
Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

-
- 5 Des noms planétaires**
Une nomenclature astronomique
-
- 11 On prend la question à coeur**
Un compagnie alimentaire suit les nutritionnistes
-
- 15 Le Tokamak de Varennes**
Apprivoisera-t-on le feu solaire?
-
- 21 En bref**
-
- 23 L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère**
Hausse de la température globale
-
- 27 Des virus artificiels**
L'assaut d'une cellule est brisé sans péril
-

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Directeur Loris Racine
Rédacteur en chef Wayne Campbell
Rédacteur exécutif Joan Powers Rickerd
Éditeur (textes français) Michel Brochu
Coordonnatrice de la rédaction Patricia Montreuil
Photographie Bruce Kane
Coordonnateur des arts graphiques et de l'impression
Robert Rickerd
Conception graphique Banfield Advertising Ltd.
Imprimé au Canada par Imprimerie Beaugard
31159-0-0858



Roll call of worlds

Planetary appellations

Shakespeare dominates the northeast corner. Perhaps, situated in temperatures that would melt lead, he broods on his sins. Does he resent the nearness of Strindberg, a fellow poet, although of a different time and place? He also brushes shoulders with the Flemish master van Eyck, but not with the intimate embrace another painter, Degas, enjoys with one of the Brontë sisters not far away. To the southeast Boethius needs all the consolation philosophy can offer in the searing heat of the equator, and half a world away Michelangelo may well ask whether his patrons couldn't have found a larger crater to reflect the scope of his genius.

Dante Alighieri peopled his Inferno with figures from his own time and the past. In turn, today's astronomers are selecting the notables of history, subjects of the myths of nations and members of their own craft to bring identity to craters, crests and chasms on the worlds revealed by exploring spacecraft. Dr. Peter Millman of NRC's Herzberg Institute of Astrophysics explains how Mercury was chosen to celebrate the famous figures from the humanities. "Mercury was the last

planetary surface that could be mapped in detail," he says, "and many names were needed. There were several choices of subject: birds, for example, commemorating the winged messenger of the gods. The committee, which was under some pressure to meet printing deadlines for maps, accepted the suggestion of the Soviet delegates that Mercury offered the last chance to honor cultural figures. There was certainly no lack of possible choices, and the idea was adopted."

Millman is in his third three-year term as president of the Working Group for Planetary System Nomenclature established in 1973 by the International Astronomical Union. The group's task was to bring organization to the problem of identifying planetary features emerging from close scrutiny by Soviet and American spacecraft. Mariners, Veneras, Vikings and Voyagers, ships

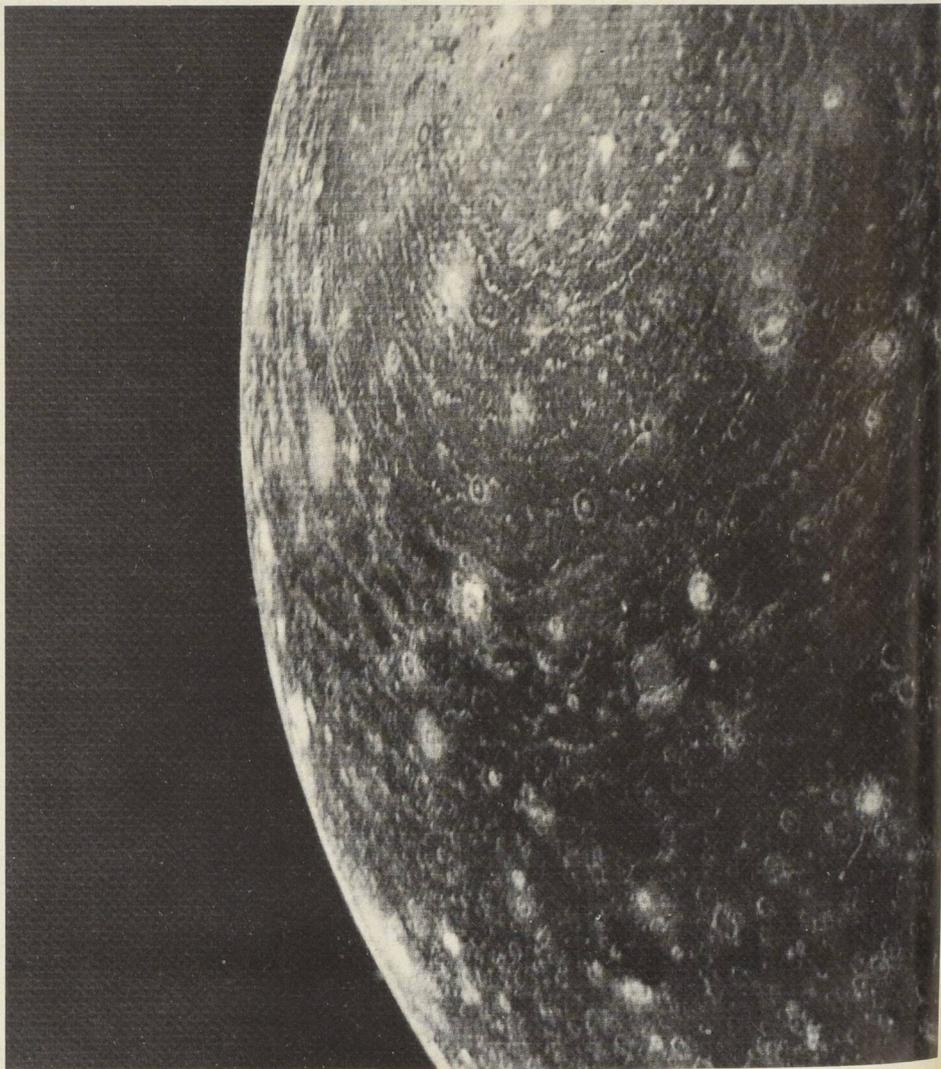
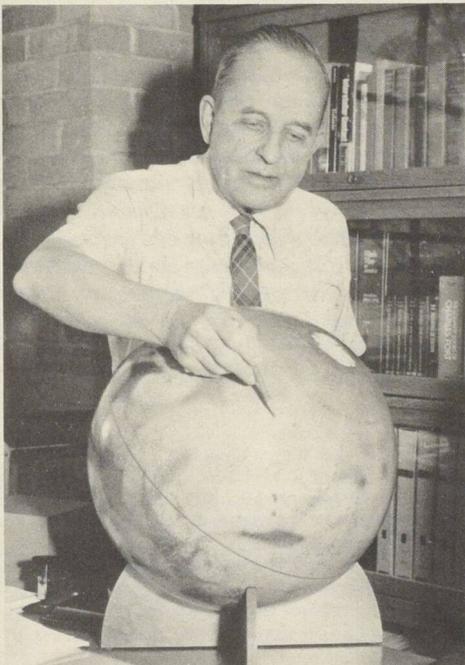
of discovery rivalling the *Santa Maria* and the *Beagle*, were bringing to humanity the first detailed glimpses of our neighbors in space. Says Millman: "Space exploration projects successfully undertaken during the '60's and '70's indicated that nearly 40 worlds would be explored before the end of the century. Guidelines were necessary simply to avoid confusion in future scientific studies. Organized nomenclature was required to provide a clear, unambiguous tool to aid further research."

Is this the oldest extant surface in the solar system? Callisto's face exhibits a large impact basin almost 600 km across bearing the name Valhalla, Odin's hall where dead heroes dwell'd. (JPL-NASA)

S'agirait-il de la plus ancienne surface planétaire du système solaire? On peut voir sur Callisto un grand bassin d'impact atteignant près de 600 km et portant le nom de Valhalla, demeure éternelle des guerriers morts en héros dont Odin est le dieu. (Photo: JPL, NASA)

Dr. Peter Millman points out one of the Martian craters named for the Newfoundland community of Nain. (Photo: Stephen A. Haines)

Le Dr Peter Millman montre l'un des cratères martiens portant le nom de Nain, village de Terre-Neuve. (Photo: S.A. Haines, CNRC)



La toponymie à la conquête de l'espace

Des noms planétaires

Shakespeare domine au Nord-Est. Sous une canicule infernale, il se repentit peut-être de ses péchés. Est-il jaloux de la proximité de Strindberg, poète comme lui bien que d'origine et d'époque différentes? Van Eyck, grand maître flamand, se trouve également à ses côtés, mais leurs coudoiements n'ont rien de comparable aux étreintes intimes qui unissent Degas, son confrère, et l'une des soeurs Brontë non loin de lui. Boëthos languit au Sud-Est, dans la chaleur ardente de l'équateur, implorant consolation à la philosophie et, dans un autre hémisphère, Michel-Ange se demande si ses mécènes

n'auraient pas pu trouver un cratère plus imposant pour refléter l'envergure de son génie.

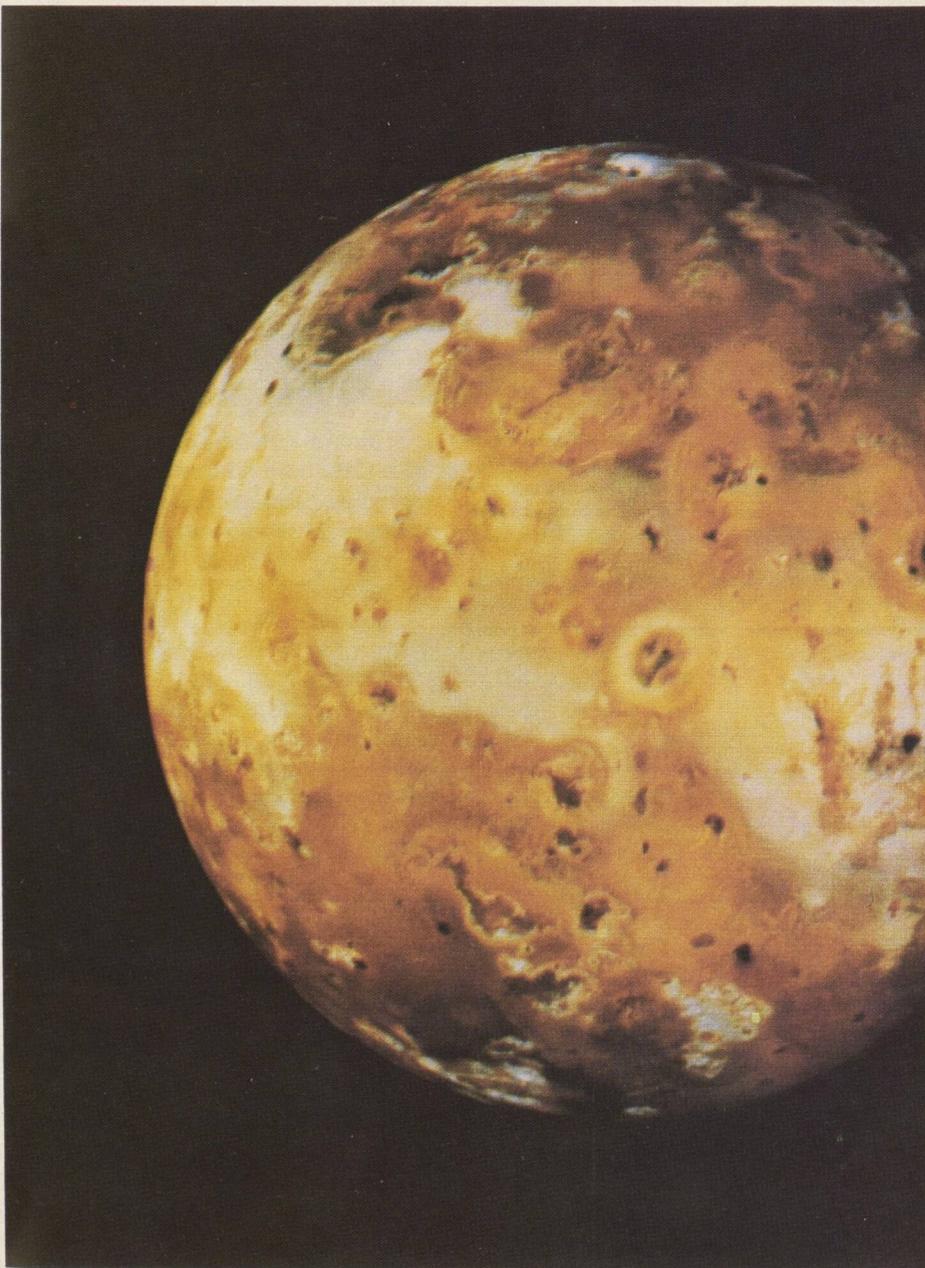
Si Dante Alighieri a peuplé son enfer de personnages de son époque et du passé, les astronomes modernes choisissent les héros de l'histoire, sujets de légendes populaires, ainsi que leurs condisciples pour donner une identité aux cratères, aux crêtes et aux gouffres des mondes que l'exploration spatiale a révélés. Le Dr Peter Millman, de l'Institut Herzberg d'astrophysique du CNRC, nous explique pourquoi Mercure a été choisi pour commémorer les personnages célèbres du monde des

humanités. "La surface de Mercure était la dernière des surfaces planétaires que l'on pouvait cartographier en détail", indique-t-il, "et il fallait trouver des noms pour désigner les divers éléments de son relief. Le choix des sujets était large et on avait notamment pensé à des noms d'oiseaux, parce qu'ils auraient rappelé les messagers ailés des dieux. Mais, le comité, pressé par les délais fixés pour l'impression des cartes, accepta la suggestion des délégués soviétiques qui jugeaient que Mercure offrait la dernière possibilité d'honorer des personnages du monde des arts. Le choix ne manquait certainement pas dans ce domaine, et cette idée fut adoptée."

Le Dr Millman assume, pour la troisième année consécutive, la présidence du Groupe de travail pour la nomenclature du système planétaire créé en 1973 par l'Union astronomique internationale. Ce groupe a pour mission de régler la question de l'identification des différents éléments du relief planétaire que nous ont révélés les sondes spatiales américaines et soviétiques. Des vaisseaux spatiaux tels que les Mariner, Venera, Viking et Voyager, émules de la *Santa Maria* et du *Beagle*, ont apporté à l'humanité les premières images détaillées de nos voisins de l'espace. "Le succès des projets d'exploration spatiale entrepris au cours des années 60 et 70", poursuit le Dr Millman, "donne à penser que près de 40 nouveaux mondes seront explorés d'ici la fin du siècle. De ce fait, il était nécessaire d'établir des directives toponymiques, ne serait-ce que pour réduire les possibilités d'erreurs dans les études scientifiques futures, et d'adopter une nomenclature officielle pour éviter toute ambiguïté dans les travaux et faciliter la recherche."

La surface d'Io ne montre aucun signe d'impact de météorites, mais les coulées de lave de ses nombreux volcans en éruption empêchent l'identification précise du relief. On peut voir le cratère Prometheus près du centre de ce satellite jovien. (Photo: JPL, NASA)

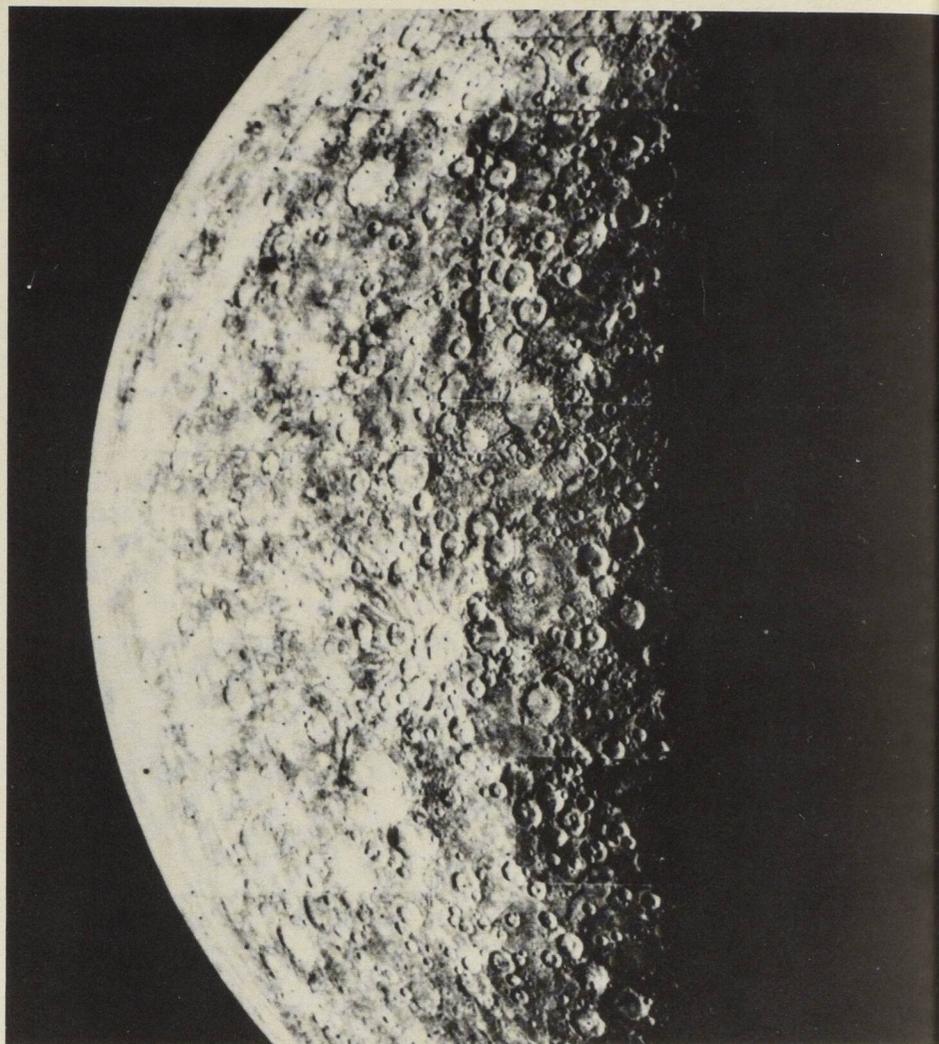
Io's surface is devoid of evidence of meteor impact and is characterized by several active volcanoes which keep the surface indistinct as the subsurface magma emerges. The crater Prometheus can be seen almost in the centre of this Jovian satellite. (JPL-NASA)



Establishment of the Working Group and its specific Task Groups early in the exploration period provided flexibility in coping with the surprises that kept surfacing. "Years of studying the moon failed to prepare us for some of the later discoveries on Venus, Mars and the Outer Planets," he notes. "Mars' extensive crater system, huge, dormant volcanoes and marks indicating ancient water flows were a bit of a shock to a generation expecting *something* like canals, simple plant life or other romantic possibilities. The Outer Planets have been even more perplexing, with hurricanes that last for centuries on Jupiter, live volcanoes on Io, complex craters on Callisto, furrow-like grooves on Ganymede. Saturn has as many moons as Jupiter and recent indications point to the existence of a companion of Pluto. These new discoveries are going to keep astrophysicists busy for years, and the Working Group's first task was to establish descriptive terms."

The earth's surface features have their counterparts on the other planets — there are mountains, valleys, plains and, of course, craters. Historically, however, there has been a dispute over the origins of these features and whether they should be named, as on earth, on the basis of classical geology. Explains Millman: "Because of the many differences in features among the planets there was a tendency to move away from the geological terms and use Latin or Greek words instead. The commonly understood term mountain has been replaced by the Latin *mons*, plains by *planitiae*, and so forth. There are also terms for features which have rarely seen counterparts on earth such as *fossae* (ditches) or the scalloped craters called *paterae*. Ganymede, for example, has bands of parallel grooves reaching across its surface, suggesting a form of tectonic activity unknown on earth. These grooves are referred to as *sulci* for their resemblance to a plowed field. We are still involved with the classification of new forms as they are brought into view by the spacecraft cameras."

From the identification of features by type, the various Task Groups for the planets and satellites carry on to the individual appellations. "There was some disagreement early in the Group's existence," continues Millman, "such as the discussions over Mercury, but the individual choices have proceeded smoothly. An early suggestion was the creation of a numerical system to avoid all dispute, but stereotypes notwithstanding,



Mercury's hot, grey face bears marked resemblance to that of earth's moon. The similarity indicates all the planets had been subjected to severe meteor bombardment during the formation of the solar system. (JPL-NASA)

La surface grise et brûlante de Mercure rappelle celle de la Lune. Leur ressemblance permet de constater que toutes les planètes ont subi un bombardement intense de météorites lors de la formation du système solaire. (Photo: JPL, NASA)

astronomers are not as unromantic as all that. Every astronomer has some classical background. After all, the constellations we are all familiar with come from ancient civilizations and all the planets represent Roman deities. Applying individual names to planetary features seems only human nature. Of all the choices, Venus was the easiest since there was unanimous agreement that names associated with the feminine mystique would prevail. Venus, of course, has produced only coarse feature maps made by radar, but even that has produced enough information to allow us to apply Sappho's name to a crater-like form and Freyja, mother of Odin, to a mountain."

Millman confesses to an omission: "No Canadian author or other cultural figure has been applied yet to Mercury's features. Much of the planet remains to be mapped, though, so we may get an opportunity to rectify this. Canada is represented by several prominent scientists on the moon, and on Mars, where some of the craters are named for small towns and villages, there are seven or eight Canadian names like Lachute and Banff. There are limits placed on name selection, of course, and we agreed early that military leaders, religious figures, and modern philosophers would not be used. Many scientists are nominated and a rule evolved that such figures had to be deceased three years before consideration. As with people in the humanities there is never a dearth of candidates."

The committee charged with designations for the Outer Planets and their satellites currently faces an enviable chore. Jupiter's moon Io, with its spewing volcanoes and shifting scenery, already carries such ignescent characters as Amirani, a Russian god of fire, and Hiruko, who held the same role for the

La création du groupe de travail et de ses missions particulières dès le début de l'exploration spatiale a permis de faire face aux découvertes inattendues qui continuaient de se faire. "Malgré les nombreuses années consacrées à l'étude de la Lune, nous n'avons pas pu anticiper certaines caractéristiques, découvertes plus tard, de Vénus, de Mars et des planètes supérieures", ajoute-t-il. "L'important système de cratères, les énormes volcans éteints et les traces d'anciens cours d'eau découverts sur Mars ont suscité une grande surprise chez ceux qui pensaient y trouver quelque chose de semblable à des canaux, une flore simple ou des paysages romantiques. L'exploration des planètes supérieures s'est accompagnée de révélations encore plus surprenantes et, notamment, de la découverte d'ouragans qui agitent l'atmosphère de Jupiter, des siècles durant, de volcans actifs sur Io, de systèmes de cratères complexes sur Callisto et de failles parallèles sur Ganymède. Il s'est également avéré que Saturne avait autant de lunes que Jupiter et, d'après de récentes constatations, il semblerait que Pluton soit également accompagné d'un satellite. Ces nouvelles découvertes impliquent plusieurs années de travail acharné pour les astrophysiciens, et la première mission du groupe de travail est d'établir une terminologie descriptive pour leur faciliter la tâche."

Certains éléments qui caractérisent le relief de la Terre existent également sur

les autres planètes. En effet, on y trouve des montagnes, des vallées, des plaines et, évidemment, des cratères. Leur origine et leur appellation géologique, comme dans le cas de la Terre, sont cependant controversées. "Étant donné les nombreuses différences qui distinguent le relief des diverses planètes", explique le Dr Millman, "on a préféré s'éloigner de la nomenclature géologique pour adopter plutôt des termes latins ou grecs. Le mot montagne, terme courant, a été remplacé par son équivalent latin *mons*; le mot plaine par *planitia*, et ainsi de suite. On a également créé des termes pour désigner des éléments du relief rarement rencontrés sur la Terre tels que des fosses appelées *fossae* ou des cratères festonnés appelés *paterae*. La surface de Ganymède, par exemple, est marquée de sillons parallèles et étendus qui pourraient avoir été formés à la suite d'une activité tectonique inconnue sur notre planète. Ces sillons portent le nom de *sulci* parce qu'ils rappellent un champ labouré. Et, ainsi, nous continuons la classification des nouvelles structures à mesure qu'elles sont mises en lumière par les caméras des sondes spatiales."

Après avoir identifié les éléments du relief par catégorie, les diverses missions de travail ont procédé à leur désignation individuelle. "Au début de la création du groupe, les membres n'étaient pas toujours d'accord sur certaines questions", indique le Dr Millman. "Mercure en est un exemple, mais

le choix des appellations individuelles s'est fait sans heurts. On a vite suggéré la création d'un système numérique pour éviter les contestations. Malgré les stéréotypes, les astronomes ne sont pas aussi pragmatiques qu'ils le paraissent. Ils ont tous une certaine culture classique. Après tout, la division des constellations que nous connaissons remonte à la plus haute Antiquité et toutes les planètes représentent des divinités romaines. Donc, l'attribution de noms de personnages aux différents éléments du relief planétaire semblait tout à fait naturelle. Vénus, évidemment, offrait le choix le plus facile étant donné la décision unanime d'utiliser surtout des noms associés au sexe féminin. Cependant, bien que les cartes de Vénus dressées à l'aide du radar soient rudimentaires, les données obtenues ont permis d'identifier une dépression rappelant un cratère qui a reçu le nom de Sappho et une montagne que l'on a baptisée Freyja (déesse scandinave de la fécondité et mère d'Odin.)

Les dieux découvrent une nouvelle résidence. L'ancien volcan appelé Olympus mons est la plus élevée des montagnes planétaires que l'on ait découvertes jusqu'à ce jour; il se dresse seul, près de la plaine des Amazones. (Photo: JPL, NASA)

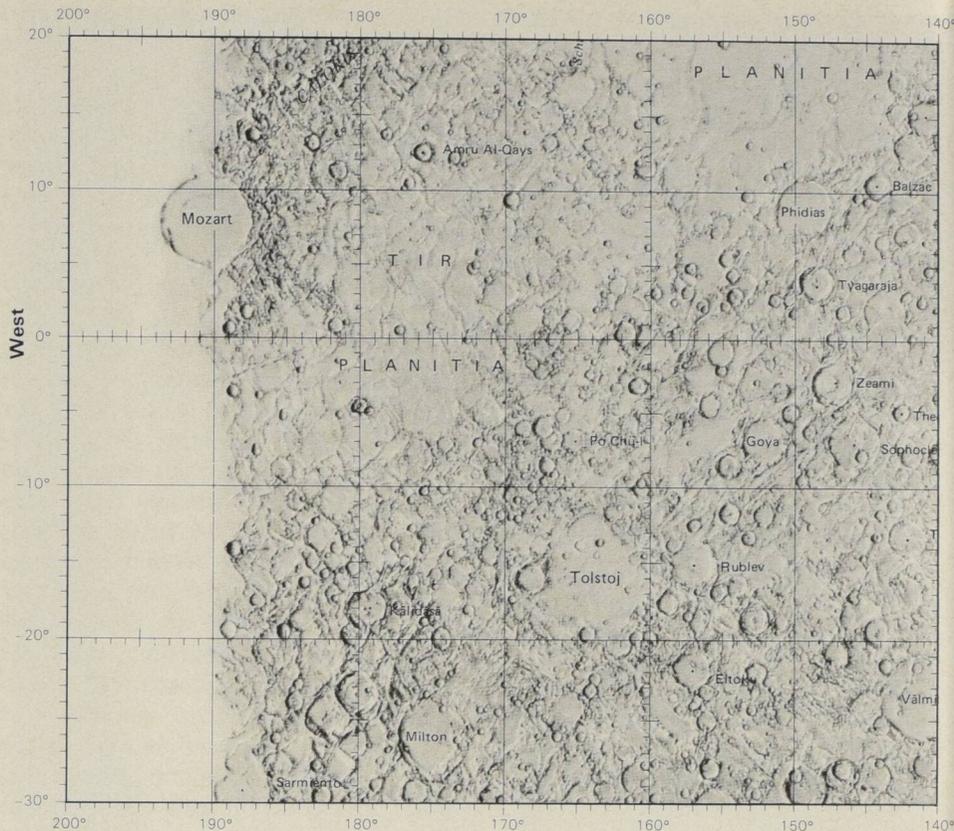
The gods find a new home. Olympus Mons, an ancient volcano and the highest mountain yet discovered among the planets, sits in isolation, near the plain of Amazons. (JPL-NASA)



ancient Japanese. Callisto, outermost of the Galilean moons of Jupiter and the most heavily cratered body in the solar system, remembers such figures of Scandinavian mythology as Ottar, Freyja's lost lover and Ymir, the giant who provided the material for the creation of the earth. Callisto itself may exhibit scars of creation that go back to the coalescence of the primordial cloud that surrounded the sun.

Farthest out in the explored segment of the solar system circles Saturn with its satellite convoy. Titan, largest moon in our system, hid its features under a "smog" of nitrogen during the passage of Voyager I, but Mimas turned a crater extending to 25 per cent of the visible disc to the spacecraft's camera. The older Voyager encountered the group this summer; inspecting the surface characteristics of Dione, Enceladus and Tethys. Though the features mapped will probably retain the secrets of their origins for years to come, when scientists argue over these processes, there will be little doubt over which crater, ditch or mountain is the subject of their strife. □

Stephen A. Haines



The crater Mozart resides on the border of the known portion of the landscape of Mercury with Tolstoj, Milton and Goya among his neighbors. (Map by the U.S. Geological Survey)

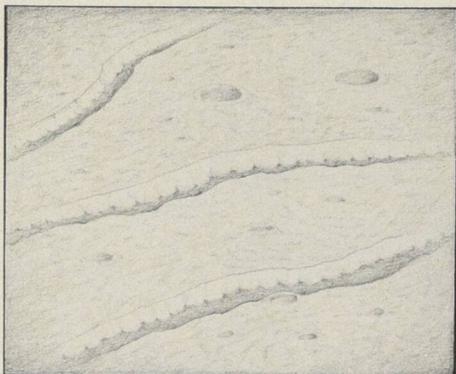
Le cratère Mozart est situé à la périphérie de la surface connue de Mercure, non loin de Tolstoï, Milton et Goya. (Carte: U.S. Geological Survey)

Toponymy's Triumph

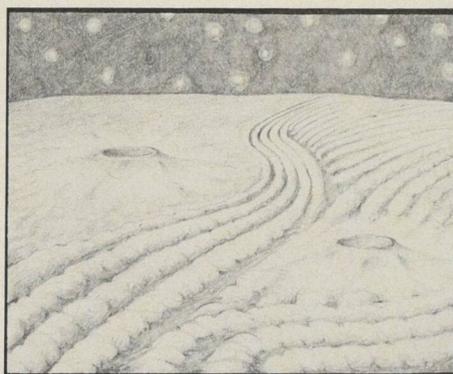
Toponymy, the science of naming places, has achieved its fondest goal with the establishment of the Working Group for Planetary Nomenclature. By creating a flexible system of identifying the types of features under study, the group is helping smooth the path of establishing the causes of the formations. Recent surveys by the Voyager space probes have demonstrated the uniqueness of the members of the solar system leading to further controversy over just

how the group of planets around our sun was formed. Voyager's pictures exhibited surfaces unknown to earth's geologists and led to the adoption of a new series of terms to describe the novel surface characteristics. Some of these unique surface features are shown in the accompanying drawings taken from the catalog of terms adopted by the group. None of these features have counterparts on earth since atmospheric erosion would have obliterated them if they ever existed. Some are possibly the result of forces not experienced on this planet. *Fossae* and *sulci*, for example,

are systems of grooves, singular or multiple, which may be the result of tectonic activity unknown to today's science. *Paterae* are craters with scalloped edges scattered over Io's active surface. *Tholi* are isolated volcanic cones differing from most of earth's volcanoes which follow patterns suggestive of the borders of tectonic plate systems. With the keys provided by the Working Group scientists are forming a picture of the evolution of the solar system and what steps its members have passed through to achieve their present appearance.



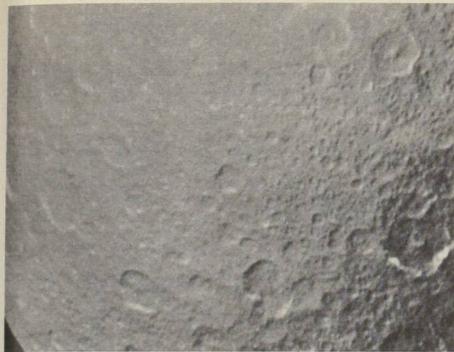
Fossa



Sulci



Patera



La découverte du relief tourmenté de Rhéa est trop récente pour que les scientifiques aient pu donner un nom à ses différentes caractéristiques. Les satellites de Saturne recevront des noms tirés de diverses mythologies. Auriez-vous des suggestions? (Photo: JPL, NASA)

Rhea's pockmarked surface is too newly exposed to scientists to have applied individual names to the features. Saturn's satellites will use names from the mythology of various cultures. Any suggestions? (JPL-NASA)

Le Dr Millman nous avoue un oubli: "Aucun nom d'auteur ni de personnage du monde des arts canadien n'a encore été attribué aux différents éléments du relief de Mercure. Mais, étant donné qu'une grande partie de cette planète n'a pas encore été cartographiée, il nous serait peut-être encore possible de com-

bler cette lacune. Le Canada est représenté sur la Lune par les noms de plusieurs de ses scientifiques éminents et, sur Mars, quelques cratères ont reçu le nom de petites villes et de villages dont sept ou huit, comme Lachute et Banff, sont canadiens. Il a cependant fallu apporter quelques restrictions aux choix des noms; en effet, dès le début de nos travaux, nous sommes convenus de ne pas utiliser de noms de chefs militaires, de personnages religieux ou de philosophes modernes. De nombreux scientifiques sont proposés mais, d'après la règle établie, ils doivent être décédés depuis trois ans pour que leur candidature soit prise en considération. Toutefois, dans le domaine des sciences, comme dans celui des humanités, le choix ne manque pas."

Le comité chargé de désigner les planètes supérieures et leurs satellites assume des fonctions très intéressantes. Io, une des lunes de Jupiter, avec ses volcans en éruption et ses paysages changeants, a déjà reçu des noms de personnages ignés comme, par exemple, Amirani, dieu du feu tiré de la mythologie russe, et Hiruko, son homologue japonais. Callisto, qui est la plus éloignée des lunes galiléennes de Jupiter

et le corps céleste le plus criblé de cratères du système solaire, porte des noms de personnages de la mythologie scandinave tels qu'Ottar, amant perdu de Freyja, et Ymir, géant qui fournit la matière ayant servi à la création de la Terre. Il exhibe peut-être des cicatrices qui remontent à la création, c'est-à-dire à la fusion du nuage primordial qui enveloppait le Soleil.

Plus loin, dans la région encore inexplorée du système solaire, gravite Saturne escorté de ses satellites. Titan, la plus grande des lunes de notre système solaire, a caché son relief derrière un brouillard d'azote lors du passage de Voyager I, mais Mimas a présenté aux caméras du vaisseau spatial un cratère occupant le quart de sa surface visible. Cet été, ce vétéran a atteint le groupe de satellites et examiné les caractéristiques de la surface de Dioné, d'Encelade et de Téthys. Il faudra probablement des années pour exploiter toutes les données contenues dans les cartes qu'il en dressera, mais les scientifiques qui les étudieront pourront au moins s'entendre sur le nom des cratères, des fosses ou des montagnes qui feront l'objet de leurs débats.

Texte français: Annie Hlavats

Le triomphe de la toponymie

L'ultime désir des toponymistes vient d'être comblé avec la création du Groupe de travail pour la nomenclature du système planétaire. Celui-ci a établi un système d'identification souple qui facilite l'explication de l'origine de différents types de reliefs étudiés. Les données récemment recueillies par les sondes spatiales Voyager ont démontré l'individualité des composants du système solaire et, de ce fait, attisé la con-

troverse relative à la formation. Les vues prises par ces sondes ont révélé des reliefs qui ne présentent aucune similitude avec celui de la Terre et c'est ce qui a amené les scientifiques à adopter une nouvelle nomenclature pour les décrire. Ces illustrations, tirées du catalogue toponymique que le groupe a adopté, montrent quelques-unes des caractéristiques originales de ces reliefs. Celles-ci n'ont pas d'équivalents sur Terre et, même si elles en avaient, l'action érosive de notre atmosphère les aurait oblitérées. Certaines d'entre elles résultent probablement du jeu de forces qui nous

sont inconnues. Les *fossae* et *sulci*, par exemple, représentent des systèmes de sillons individuels ou multiples pouvant avoir été causés par une activité tectonique que la Science n'a pas encore expliquée. Les *paterae* représentent des cratères festonnés qui recouvrent la surface turbulente d'Io. Enfin, les *tholi* sont des cônes volcaniques isolés qui diffèrent de la plupart des volcans terrestres, marquant ce qui pourrait être la frontière des plaques tectoniques. Ainsi, à l'aide des outils que le groupe de travail leur a fournis, les scientifiques essaient de retracer l'évolution du système solaire et de retrouver les étapes successives par lesquelles il est passé pour donner aux planètes qui le composent leur physiologie actuelle. □



Tholus



Rilles

(Steve Aitken)

New butter blends

Taking the matter to heart

Two new spreads developed by Gay Lea Foods Cooperative Limited will help reduce fat intake in the diet and provide the consumer with yet another convenience food.

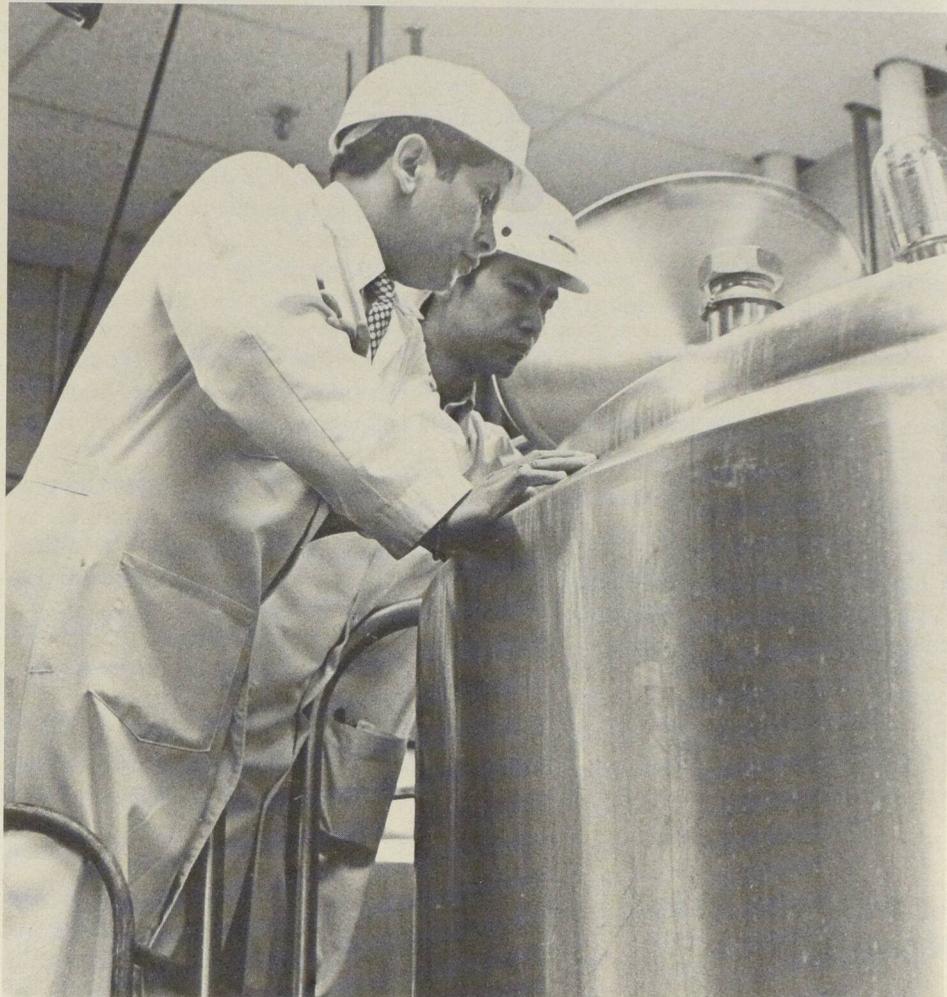
"I never use butter — the old cholesterol business you know."

Probably no other single item has contributed more to the decline in sales of dairy products in the last few years than the heart-cholesterol theory. Canada's consumption of dairy products ranks only 13th in the world, yet our heart attack rate is one of the highest. However, millions of people with "high" cholesterol levels never have heart attacks, while millions with "normal" levels do. Why? There are still many pieces of the puzzle to be brought together, but a good deal of the controversy revolves around butter (with its saturated fat) versus margarine (with its polyunsaturated fats).

In the last 30 years, Canadian consumption of butter has been on a steady decline — from 20.2 pounds per capita in 1950 to 9.4 pounds in 1978. In the same period of time, margarine has been steadily increasing — from 7.3 to 16.3 pounds. Canadians have taken to heart one of the recommendations of the Canadian Committee on Diet and Cardiovascular Disease to "reduce the total amount of saturated fat in the diet and replace some of this with polyunsaturated fats."

But how does this augur for one of the country's largest manufacturers of butter?

"Butter would have a poor chance of meeting competition from polyunsaturated fats and easily spreadable margarines unless it could be modified," says Dr. Vic Amer, Vice-President, Food Technology Division for Gay Lea Foods Cooperative Limited, Weston, Ontario. "The Swedes really have set the precedent — their dairy industry showed that the steady decline in butter sales could be reversed by the introduction of a new butter blend called Bregott, which translated means 'spread well'. The product, an 80:20 mixture of butterfat and soybean oil, has captured about 15 per cent of the spread market, with 48 per cent of this coming from soft margarine sales and 16 per cent from regular margarine



sales. This is an obvious net gain for the dairy industry since the consumption of milk fat would be increased. New Zealand and Australian dairy researchers have also been turning their attention to the production of dairy blends and consumer reaction has been very favorable." An additional advantage of the butter blend is that it is easily spread when taken directly from the refrigerator, a serious limitation with natural butter in meeting consumer demand for convenience foods.

Since Gay Lea was just entering the research area five years ago, the company approached the National Research Council for financial help under its Industrial Research Assistance Program (IRAP). A small research group then began by lowering the proportion of hard fats in their butter by the direct addition of vegetable oils to churning cream: rapeseed oil, the principal vegetable oil produced in Western Canada; soybean oil, the principal vegetable oil of Eastern Canada; and sun-

Dr. Vic Amer, (left) Vice-President, Food Technology Division of Gay Lea Foods Cooperative Limited and Allan Chia check the blending of ingredients required to formulate a dairy blend.

Le Dr Vic Amer, vice-président de la Food Technology Division de Gay Lea Foods Cooperative Limited (à gauche), et Allan Chia vérifient le mélange des ingrédients utilisés pour la préparation d'un nouveau beurre.

flower seed oil. Blends were made from these oils in combination with milk fat, milk solids (not-fat), salt and color.

"Our experience showed that the proportion of the fats, that is, the milk fat to vegetable oil, and the way the mixture is treated during production, are very important factors affecting the consistency and the spreadability of the finished product," says Dr. Amer. Preliminary use by the laboratory of a continuous manufacturing system (which is to be patented) produced blends with good flavor and desirable physical properties, which were further modified for commercial application.

De nouveaux types de beurres

On prend la question à coeur

La compagnie Gay Lea Foods Cooperative Limited a mis au point deux nouveaux types de beurres à teneur réduite en matières grasses et qui viennent s'ajouter à la liste des aliments prêts à utiliser.

Aucun autre facteur individuel n'a probablement autant contribué au déclin des ventes de produits laitiers au cours de ces dernières années que le souci des dangers que présente le cholestérol pour le coeur. La consommation canadienne de produits laitiers ne se classe qu'au 13^e rang dans le monde, et pourtant l'incidence des crises cardiaques y est l'une des plus élevées. Mais, alors que des millions de personnes ayant un taux de cholestérol "élevé" ne sont jamais victimes de crises cardiaques, des millions d'autres dont le taux est "normal" y succombent. Comment expliquer ce phénomène? La réponse n'est pas encore évidente et tant que l'on n'aura pas d'explication satisfaisante, la controverse concernant le remplacement du

beurre (composé d'acides saturés) par de la margarine (constituée d'acides polyinsaturés) continuera à battre son plein.

Au cours des trente dernières années, la consommation de beurre par habitant au Canada n'a cessé de décliner, passant de 20,2 livres en 1950 à 9,4 livres en 1978. Par contre, pendant cette même période, celle de margarine a augmenté de façon continue et est passée de 7,3 livres à 16,3 livres par habitant. Les Canadiens ont pris à coeur l'une des recommandations du Comité sur le régime alimentaire et les maladies cardiovasculaires et qui encourage le public à "réduire sa consommation totale de graisses riches en acides saturés et de les remplacer en partie par des graisses contenant surtout des acides polyinsaturés".

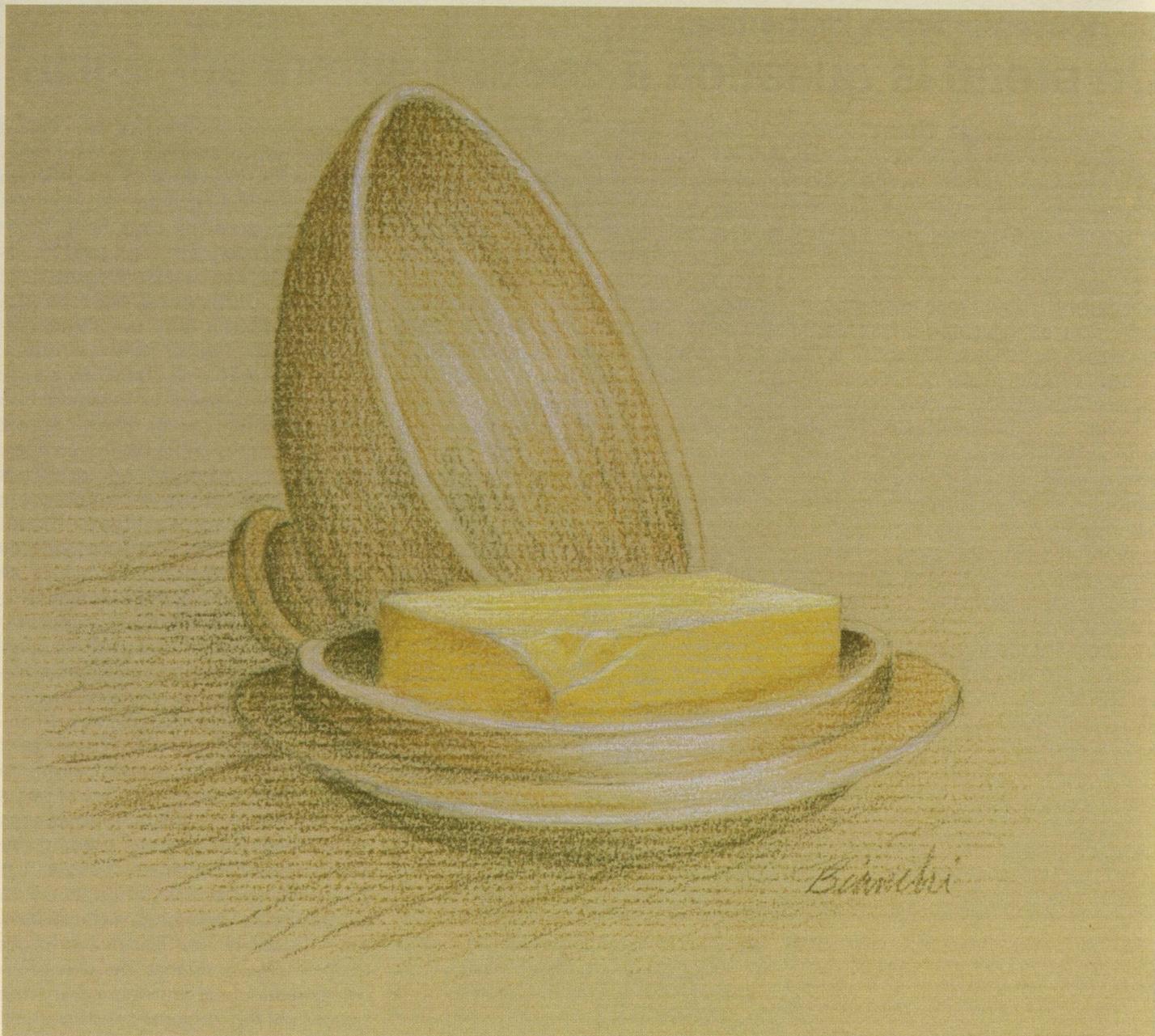
Mais, de quelle façon cela va-t-il affecter l'un des plus grands producteurs de beurre du pays?

"Le seul moyen de permettre au beurre de résister à la concurrence que

lui opposent les graisses constituées d'acides polyinsaturés et les margarines faciles à tartiner est d'en modifier la composition", explique le Dr Vic Amer, vice-président de la Food Technology Division de Gay Lea Foods Cooperative Limited, de Weston, dans l'Ontario. "L'industrie suédoise des produits laitiers a vraiment créé un précédent à cet effet en prouvant que le déclin constant des ventes de beurre pouvait être stoppé avec l'introduction d'un nouveau type de beurre appelé Bregott, ce qui signifie facile à tartiner. Ce produit constitué de quatre parties de beurre et d'une partie d'huile de soja s'est déjà emparé d'environ 15% du marché des produits à tartiner, 48% de ce marché représentant les ventes de margarines molles et 16% les ventes de margarines ordinaires. Cette augmentation de la consommation de matières grasses du lait constitue un gain net évident pour l'industrie des produits laitiers. En Nouvelle-Zélande et en Australie des chercheurs se sont également intéressés à la production de beurres de composition différente et ceci a suscité une réaction très favorable de la part des consommateurs." Ces produits ont l'avantage supplémentaire d'être faciles à tartiner, même à la température du réfrigérateur, contrairement au beurre naturel dont la consistance aux basses températures représente un sérieux inconvénient pour le consommateur attiré surtout par des aliments prêts à utiliser.

Il y a cinq ans, lorsque la compagnie Gay Lea Foods Cooperative Limited décida d'entreprendre des recherches pour l'amélioration de ses produits, elle s'adressa au Conseil national de recherches en vue d'une aide financière au titre de son Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI). L'appui demandé ayant été reçu, un petit groupe de chercheurs commença par réduire les proportions de matières grasses solides contenues dans le beurre en ajoutant directement, pendant sa préparation, des huiles végétales comme, par exemple, de l'huile de colza et de l'huile de soja, qui sont respectivement les principales huiles végétales de l'Ouest et de l'Est du Canada, ainsi que de l'huile de tournesol. Ces travaux aboutirent à la mise au point de produits constitués de ces huiles et additionnés de matières grasses et de solides tirés du lait (ces der-





Gay Lea has now developed two spreads: one, a butter spread, which has been test marketed by a leading grocery chain, contains approximately half the fat and half the calories of conventional butter and consists of a higher level of milk solids — not fat — than butter. The second is a high fat (80 per cent) spread, 65-70 per cent of the fat being butterfat and 30-35 per cent Canadian nonhydrogenated sunflower seed oil. It is high in polyunsaturated fats (21-24 per cent) and was found to be even softer than Swedish Bregott. It has been developed at both the pilot-scale and full-scale levels using a special processing technique. Both products may be marketed cheaper than butter and will spread easily straight from the refrigerator.

“We feel,” says Dr. Amer, “that

these two newly developed spreads will support the campaign initiated by nutritionists and health authorities to change the Canadian diet to reduce fat intake, as well as provide the consumer with an up-to-date diet. In addition, there will be a definite economic benefit to dairy farmers and to the dairy industry, especially butter manufacturers, through increased per capita consumption of butterfat. A pound of these blends and low-calorie butter would be expected to retail at a price relatively lower than conventional butter and premium margarines and this would be an attraction to butter users. It is important to note here that modification of milk fat is done to improve the low-temperature spreadability of butter by elevating the level of linoleic acid which, for good spreading characteristics, should not

exceed 20 per cent. This preserves the unique nutritional quality of milk fat, the biological properties of which are an intimate part of the human diet from birth.”

Concludes Dr. D.B. Emmons of Agriculture Canada, liaison officer for the project: “In my view, IRAP has been highly successful in its aim of developing a high degree of innovative technology in this Canadian company. In the few years of IRAP support, Gay Lea has developed from a virtually one-man quality control department to a separate division (the Technology Division) of the company, and has become one of Canada’s foremost research and development laboratories in the dairy and food industries.” □

Joan Powers Rickerd

niers étant des substances maigres), de sel et de colorants.

“Nos résultats ont prouvé que les proportions de matières grasses du lait et d’huiles végétales ainsi que le procédé de préparation utilisé sont des facteurs déterminants de la consistance du produit fini”, indique le Dr Amer. L’utilisation préliminaire au laboratoire d’un procédé de fabrication continu (qui sera breveté) a permis d’obtenir des mélanges dont le goût était satisfaisant et qui réunissaient les propriétés physiques recherchées. Ces produits ont été par la suite améliorés pour mieux répondre aux applications commerciales.

La compagnie en question a déjà mis au point deux types de beurres: le premier, qui a été commercialisé à titre expérimental par une chaîne importante de supermarchés, a une teneur en matières grasses et en calories qui est approximativement la moitié de celle du beurre et une teneur en solides de lait plus élevée. Le second est riche en matières grasses (80%); il contient de 65% à 70% de matières grasses de beurre et de 30% à 35% d’huile de tournesol non hydrogénée fabriquée au Canada. Par ailleurs, il s’est avéré que ce produit dont la teneur en acides polyinsaturés est élevée (de 21% à 24%) a une consistance encore plus molle que celle du Bregott suédois. Sa production

à l’échelle expérimentale et à l’échelle normale a fait appel à un procédé de fabrication particulier. Enfin, ces deux produits, qui peuvent être vendus à un prix inférieur à celui du beurre naturel, ont l’avantage supplémentaire de rester faciles à tartiner même à la température du réfrigérateur.

“Nous estimons”, ajoute le Dr Amer, “que ces deux nouveaux types de beurre seront bien acceptés par les nutritionnistes et les autorités responsables de la santé dont l’un des objectifs est d’encourager les Canadiens à réduire la teneur en matières grasses de leur alimentation tout en leur offrant un régime alimentaire satisfaisant aux derniers critères. Par ailleurs, la commercialisation de ces produits, qui se traduira par une augmentation de la consommation des matières grasses du beurre, apportera des avantages économiques incontestables aux producteurs laitiers, à l’industrie laitière et, plus particulièrement, aux fabricants de beurre. On prévoit que le prix de détail de ces produits sera relativement inférieur à celui du beurre naturel et des margarines de qualité, avantage qui pourrait attirer plus de consommateurs. Il est important de souligner que pour donner la consistance désirée au beurre, on modifie les matières grasses du lait en augmentant leur teneur en acide linoléique; toutefois, pour de meilleurs

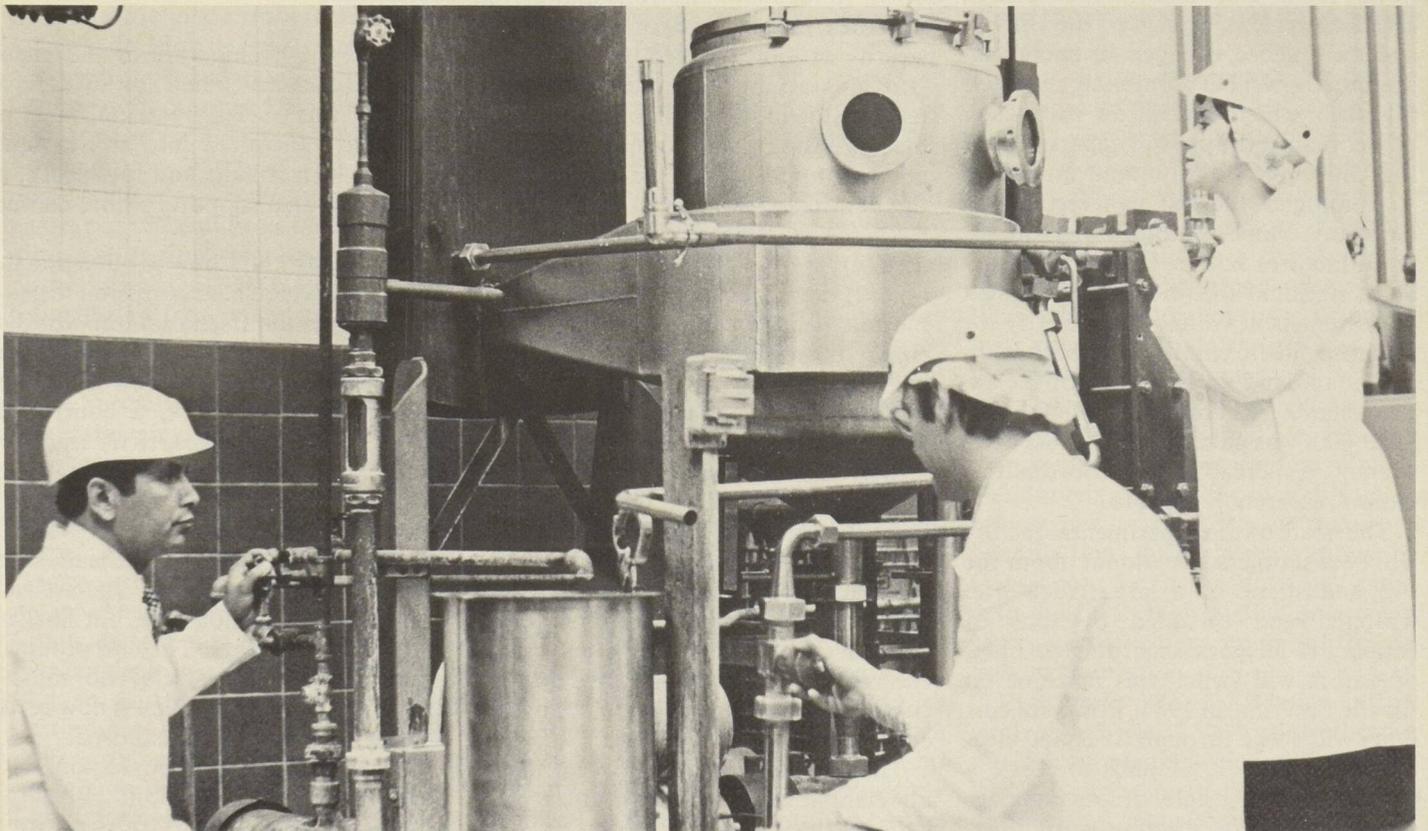
résultats, cette teneur ne doit pas dépasser 20%. Ceci permet de préserver la valeur nutritive des matières grasses du lait dont les propriétés jouent un rôle très important dans le régime alimentaire de l’homme depuis la naissance.”

Le Dr D.B. Emmons, d’Agriculture Canada, qui est l’agent de liaison de ce projet, conclut: “À mon avis, le PARI a contribué de façon très positive au développement d’une technologie hautement novatrice au sein de cette compagnie canadienne. Depuis que la compagnie Gay Lea Foods Cooperative Limited a commencé à bénéficier de l’appui de ce programme, son service de contrôle de la qualité qui, au départ, ne comprenait qu’un seul employé s’est développé pour devenir une division indépendante (la Technology Division) de cette compagnie et se classe aujourd’hui au nombre des laboratoires de recherche et de développement les plus importants du Canada dans le domaine des industries laitière et alimentaire.”

Texte français: Annie Hlavats

Le Dr Amer (à gauche), Tim Durance (au centre) et Donna Kupranycz, de la compagnie Gay Lea Foods Cooperative Limited, achèvent la dernière étape des opérations dans le cadre d’un essai de production pilote.

Dr. Amer (left), Tim Durance (centre), and Donna Kupranycz of Gay Lea complete the final step in pilot production.



Towards nuclear fusion power

Tokamak de Varennes

An extraordinary abundance of energy could be produced from seawater if the technical difficulties and scientific challenges of nuclear fusion can be overcome. A \$37 million experiment to study fusion is now being constructed near Montreal.

Thirty-two kilometres southeast of Montreal, the high voltage lines which transmit power generated at Churchill Falls and Manic-Outardes plug into the Hydro-Québec electric grid. Here, at Varennes, the utility has its research centre: Institut de recherche de l'Hydro-Québec (IREQ). Inside the huge, windowless High Power Laboratory, researchers will draw on some of the tens of millions of watts, harnessed from the flow of water off a vast tract of land, to run a remarkable machine.

On January 16, John Roberts, Minister of State for Science and Technology, and Larkin Kerwin, President of the National Research Council, announced plans to build at Varennes a \$37 million national facility for research in controlled nuclear fusion. The Tokamak de Varennes, as it will be called, was designed during the past year by a team of scientists and engineers from five institutions: IREQ; INRS-Énergie, a branch of the Université du Québec engaged in energy research; CANATOM Inc., an engineering firm which specializes in nuclear power plants; the physics department of the Université de Montréal; and MPB Technologies Inc., a high technology company which, among other things, manufactures lasers. Like all of Canada's national facilities, the Tokamak de Varennes is available for use by the larger scientific community, both within Canada and abroad. Part of the approximately \$1 million design cost, \$320,000, was paid by NRC, the federal agency responsible for coordinating fusion research in Canada.

The heart of the experimental facility will be a stainless steel donut about the size and shape of a large truck tire, wrapped and threaded by tons of copper. If all goes according to plan, operators will switch this machine on for the first time in 1984. Powerful currents will surge through its coiled electromagnets for 30 seconds to create a complex choreography of moving magnetic fields. (The Russian word *toka-*



mak refers to the specific configuration of these fields.) Into the tokamak vessel's vacuum a squirt of hydrogen gas will be released. Instantly the atoms of the gas will be torn apart, stripped down to ions and electrons and driven into the frenzied dance of a plasma — a swarm of hot charged particles, the stuff of stars and the state of matter in most of the universe. The glowing pink plasma inside the Tokamak de Varennes will approach the temperature of the centre of the sun, 15 000 000°C. Even the most heat resistant materials melt at about 4 000°C. Steel cannot hold it; it will be confined by the invisible magnetic forces that excite it, its charged particles spiralling around lines of magnetic force, wildly circling around and around within the steel donut.

Why this experiment? Why the torrents of data being fed into computers from the clutter of instruments distributed around the tokamak?

Because what happens inside it will mimic the awesome process by which the sun shines; and if we can learn enough to control that process, we could gain an inexhaustible source of energy.

The sun does not burn as we normally understand burning. It consumes itself by thermonuclear fusion. Under

IREQ's Richard Bolton and Brian Gregory. Buying Canadian membership into an elite international club.

Richard Bolton et Brian Gregory, de l'IREQ. Gagner l'entrée du Canada dans un club d'élite international.

supremely high temperatures, the nuclei of its light atoms collide and fuse. As a result of this nuclear reaction, mass is ultimately converted into the radiant energy which streams out into space, a trickle of which supports all life on our planet.

We already know how to build practical engines which harness fusion to generate energy; the arsenals of the world's nuclear superpowers are stocked with them. What we do not know is how to generate that energy in a controlled way. The consequences, if we learn to do so, would mean electrical energy for all people for all time! Fusion power reactors, fuelled from ocean water, could never run out of fuel. Clean, safe energy! Fusion reactors themselves would become radioactive, but less so than fission reactors. The end product left by the fusion fuel cycle is not radioactive — it is helium, which is now used to blow up balloons for children.

Why is Hydro-Québec looking at controlled nuclear fusion? Richard Bolton of IREQ, director of the Toka-

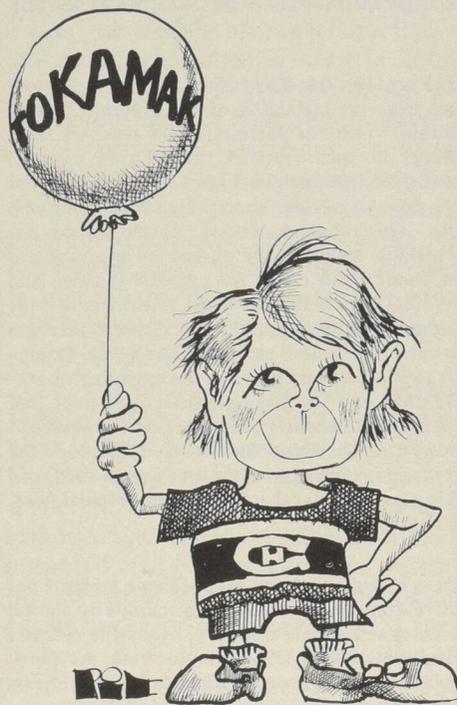
Le Tokamak de Varennes

Vers la fusion thermonucléaire contrôlée

Les océans nous offriraient une source d'énergie pratiquement intarissable si les difficultés scientifiques et techniques que présente la maîtrise de la fusion thermonucléaire pouvaient être surmontées et c'est ce qui a conduit à la construction d'un Tokamak expérimental de 37 millions de dollars en banlieue de Montréal.

Les lignes à haute tension qui acheminent l'électricité des chutes Churchill et de Manic-Outardes effectuent leur jonction avec le réseau électrique d'Hydro-Québec à 32 km au sud-est de Montréal. C'est là, à Varennes, que cette compagnie d'électricité a installé un centre de recherche qui est bien connu puisqu'il s'agit de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ). À l'intérieur de son énorme Laboratoire Grande puissance, totalement démuné de fenêtres, les chercheurs utiliseront une partie des quelques dizaines de millions de watts provenant de la domestication des eaux d'un immense bassin hydrographique pour faire fonctionner une machine remarquable.

Le 16 janvier, John Roberts, ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie, et Larkin Kerwin, président du Conseil national de recherches, annonçaient la décision de construire à Varennes une installation nationale de 37 millions de dollars vouée à la recherche sur la fusion thermonucléaire contrôlée. Le Tokamak de Varennes, tel sera son nom, a été conçu au cours de l'année passée par une équipe de scientifiques et d'ingénieurs appartenant à cinq organismes: l'IREQ; l'INRS-Energie, constituante de l'Université du Québec engagée dans la recherche énergétique; CANATOM Inc., compagnie d'ingénierie spécialisée dans la construction de centrales nucléaires; le département de physique de l'Université de Montréal; et MPB Technologies Inc., compagnie de technologie de pointe qui, entre autres choses, fabrique des lasers. Comme toutes les installations nationales canadiennes, le Tokamak de Varennes sera mis à la disposition de l'ensemble de la collectivité scientifique tant au Canada qu'à l'étranger. Une partie du coût de son étude, soit 320 000 dollars sur un montant total d'environ un million de dollars, a été payée par l'organisme fédéral responsable de la



coordination de la recherche sur la fusion thermonucléaire contrôlée au Canada et qui est le CNRC.

Le coeur de cette installation expérimentale sera constitué par un tore en acier inoxydable ayant les dimensions et la forme d'un gros pneu de camion emmailloté dans plusieurs couches de fils de cuivre et pesant plusieurs tonnes. Si tout se déroule comme prévu, la machine sera mise en marche pour la première fois en 1984. De puissants courants se précipiteront dans ses électroaimants pendant trente secondes pour créer une chorégraphie complexe de champs magnétiques variables. (Le mot russe "tokamak" se réfère à la configuration spécifique de ces champs.) Une giclée d'hydrogène gazeux sera envoyée dans la chambre à vide du Tokamak et ses atomes seront instantanément déchirés, réduits en ions et électrons et entraînés dans une danse endiablée de plasma, c'est-à-dire en ce tourbillon de particules chargées chaudes que l'on retrouve dans les étoiles et la majeure partie de l'Univers. Le plasma incandescent de couleur rose créé à l'intérieur du Tokamak de Varennes aura une température voisine de celle du centre du Soleil, soit 15 000 000°C. Même les matériaux qui résistent le mieux à la chaleur fondent à la température d'environ 4 000°C. L'acier ne pouvant y résister, ce plasma sera confiné par les

forces magnétiques invisibles qui l'exciteront, ses particules chargées évoluant en un ballet étourdissant autour des lignes de champs magnétiques, et poursuivant sans interruption leur course folle à l'intérieur de l'anneau d'acier.

Quel est l'objet de cette expérience? Pourquoi déverser ces torrents de données provenant de la cascade d'instruments disposés autour du Tokamak dans des ordinateurs?

Parce que, précisément, ce qui se passera à l'intérieur de la machine simulera le fantastique mécanisme auquel le Soleil doit son éclat; et si nous pouvons en apprendre suffisamment pour maîtriser ce processus, des sources inépuisables d'énergie seront peut-être à notre portée.

Le Soleil ne brûle pas comme un feu, il se consume par fusion thermonucléaire. Soumis à des températures fantastiques, les noyaux de ses atomes légers se heurtent et entrent en fusion. Le résultat final de cette réaction nucléaire c'est la conversion d'une partie de sa masse en énergie radiante qui s'élanche en flux abondants dans l'espace et dont nous ne recueillons qu'une infime partie mais qui est cependant suffisante pour assurer le maintien de l'existence de tout ce qui vit sur notre planète.

Nous savons déjà construire des engins capables de libérer de l'énergie par fusion, les arsenaux des superpuissances nucléaires mondiales en sont remplis, mais ce que nous ne savons pas c'est maîtriser cette énergie. Si nous y parvenons un jour nous disposerons de toute l'énergie électrique nécessaire à l'ensemble de la planète pour l'éternité! Les réacteurs thermonucléaires, alimentés à l'eau de mer, ne seraient jamais en panne de carburant. De l'énergie propre et fiable! Les réacteurs thermonucléaires proprement dits deviendraient radioactifs mais beaucoup moins que les réacteurs à fission. Le produit final du cycle du combustible utilisé pour la fusion n'est pas radioactif puisqu'il s'agit de l'hélium dont on se sert actuellement pour gonfler des ballons d'enfants.

Pourquoi donc Hydro-Québec s'intéresse-t-elle à la fusion thermonucléaire contrôlée? Richard Bolton, de l'IREQ, directeur du Projet Tokamak de Varennes, nous répond:

mak de Varennes design project, explains: "Because, by the end of the century or some time around then — it depends on how the forecasters draw their curves — Québec consumers are going to be demanding more power than we will be able to supply in the form of hydroelectricity. Where is the power going to come from? The future of fission is obviously a bit uncertain, but it looks as if fusion could be coming in at about the same time that conventional hydro is running out."

Not far from Bolton's office, in the basement of IREQ's High Power Laboratory, there is a muddy excavation, the first stage in the construction of Canada's first tokamak. Other countries already have such machines; more than 20 of them, of various sizes, are now in operation. Bolton knows their history well.

"The search for ways to tame the hydrogen bomb began in the early '50's," he says. "The USA, the USSR, the UK and France were working on fusion, independently and in secret. . . and realizing just how difficult it was. The Russians broke the ice. In 1954 Academician Kurchatov of the Russian program gave a famous lecture in Great Britain describing the first tokamak."

By 1959 the Russian tokamak approach seemed to provide better stability and higher temperatures than the competitive designs. Like the British toroidal pinch and American stellarator experiments, it entailed confining the plasma within a donut-shaped magnetic field.

"No one believed the Russians," Bolton continues, "until a group of British physicists actually went to Moscow with their own temperature measuring equipment and confirmed that the

The problem faced by fusion reactors in the past has been the instability of the superhot plasma within which the thermonuclear reaction takes place. In such reactors, the plasma particles tended to drift uncontrollably, hitting the walls of the donut container and making fusion impossible. The tokamak design, developed by the Russians, stabilizes the plasma by applying two magnetic fields called the poloidal (yellow) and toroidal (red) fields, the result of which causes the plasma particles to spiral in helix fashion (orange) around the vacuum chamber. The helical magnetic field effectively prevents uncontrollable particle drift, and has given physicists new hope that fusion will ultimately become a practical source of power. A represents the coils wound around the torus (donut) that produce the toroidal field, and B is a transformer that induces the poloidal field. (John Bianchi)

Dans le passé, le principal problème présenté par les réacteurs de fusion était l'instabilité du plasma superchaud au sein duquel se produit la réaction thermonucléaire. Dans ces réacteurs, les particules du plasma avaient tendance à dériver, heurtant les parois du tore et rendant la fusion impossible. Avec le système Tokamak, mis au point par les Russes, le plasma est stabilisé par l'application de deux champs magnétiques appelés champ poloidal (en jaune) et champ toroidal (en rouge), qui forcent les particules de plasma à circuler en spirale (orange) autour de la chambre à vide. Le champ magnétique hélicoïdal empêche la dérive des particules et a ranimé l'espoir des physiciens de parvenir un jour à maîtriser les réactions de fusion thermonucléaire pour en faire une source d'énergie utilisable. A représente les bobinages du tore (beignet) créant le champ toroidal, et B est un transformateur qui induit le champ poloidal. (John Bianchi)

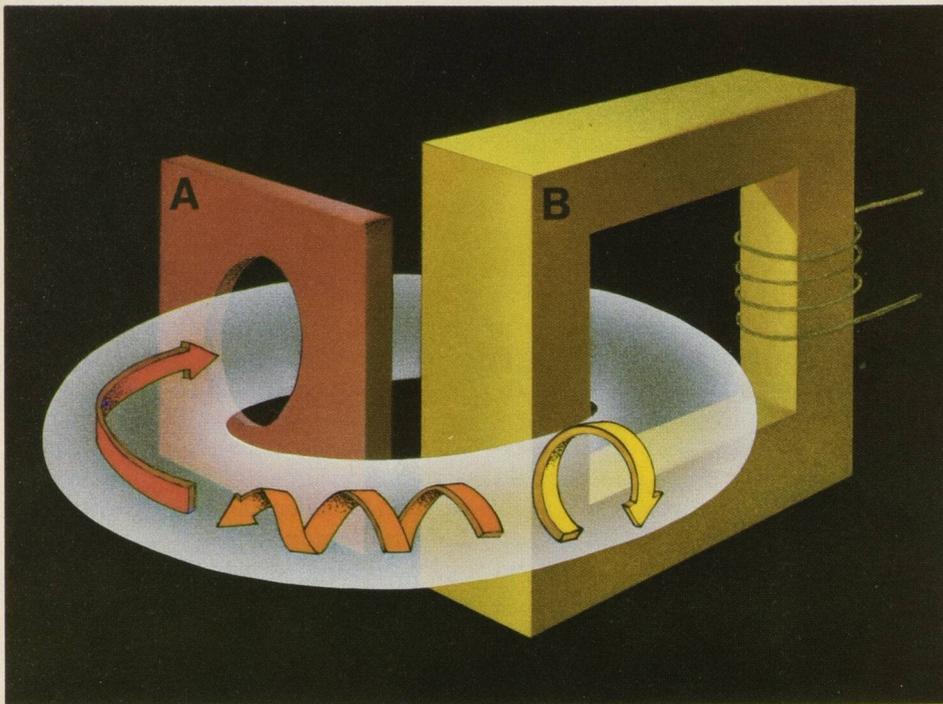
tokamak plasma was as hot as claimed. Most researchers then agreed that tokamak was the way to go."

None of the experimental fusion reactors so far built *has succeeded* in igniting a sustained, energy-producing reaction. The extreme conditions which this achievement requires — supremely high temperatures in a dense, stable, confined plasma — are gradually being approached, one by one, on different machines. The Tokamak Fusion Test Reactor which is now nearing completion at Princeton University in New Jersey should be the first machine capable of simultaneously meeting all these conditions. Sometime around 1984, it is confidently expected, the break-even point will be reached for the first time; that is, the energy poured into its plasma will be matched by the energy output of its fusion reactions.

The Tokamak de Varennes will never be a source of energy. In fact, when operating it will drain energy from the grid at about the same rate as a small town, to produce a plasma containing about as much heat as a kettle full of boiling water. No fusion reactions will ever occur because it will be fuelled with ordinary hydrogen, not with the hydrogen isotopes necessary for fusion. It will be like a model car engine which cannot run on gas, but which can be turned over to test compression. By eliminating the possibility of fusion, there is no need for equipping the facility with remote handling equipment and shielding to protect personnel.

"The unique thing about our tokamak," says Brian Gregory, the physicist who led the group responsible for the scientific and technological side of the design, "is that it will operate semi-continuously. Up to now, tokamaks have been operated in short pulses of, at most, one second. Except for the plasma, this doesn't give anything time to heat up. But the next generation of big machines will run for tens of seconds, and a commercial fusion reactor will operate continuously. We'll be 'square-waving' our current, holding things for 30 seconds, and this will give us data on how materials endure exposure to heat and radiation, how magnetic coils heat up, and a raft of similar engineering problems."

As well as this, the fact that the Tokamak de Varennes is plugged directly into the power grid will generate data on how to hook up a commercial power reactor. Being located at the terminus of a high-voltage power transmission



“Parce que vers la fin de ce siècle, ou peu de temps après car les méthodes de calculs des prévisionnistes peuvent varier, les consommateurs québécois auront besoin de plus d'énergie que nous ne serons en mesure de leur en fournir sous forme d'énergie hydro-électrique. D'où allons-nous donc tirer l'énergie supplémentaire nécessaire? L'avenir de la fission nucléaire est évidemment quelque peu incertain mais il semble que la fusion thermonucléaire pourrait être maîtrisée à peu près au même moment où l'électricité d'origine hydraulique ne suffira plus à la demande.”

Pas très loin du bureau de Bolton, dans le sous-sol du Laboratoire Grande puissance de l'IREQ, des excavations correspondant au premier stade de la construction du premier Tokamak canadien ont été entreprises. D'autres pays possèdent déjà des machines de ce type puisqu'il en existe déjà plus de vingt types différents en fonctionnement dans le monde et Bolton en connaît parfaitement l'histoire.

“C'est au début des années cinquante que l'on s'est attaqué à la réalisation de la bombe à hydrogène”, précise-t-il. “Les États-Unis, l'URSS, le Royaume-Uni et la France travaillaient sur la fusion thermonucléaire, indépendamment et dans le secret et découvraient alors les difficultés qu'ils auraient à surmonter. Ce sont les Russes qui obtenaient les premiers résultats et, en 1954, l'académicien Kurchatov, responsable du programme russe, donnait, en Grande-Bretagne, sa célèbre conférence sur le premier Tokamak.”

Dès 1959, la solution Tokamak des Russes apparaissait comparativement à celles retenues ailleurs comme offrant la meilleure stabilité et les températures les plus élevées. À l'instar de la magnétostriction toroïdale britannique et des expériences américaines avec le stellarator, elle consistait à confiner le plasma dans un champ magnétique en forme de beignet.

“Personne ne croyait les Russes”, de poursuivre Bolton, “jusqu'à ce que des physiciens britanniques se rendent à Moscou avec leurs propres appareils de mesure et confirment que le plasma du Tokamak atteignait bien la température annoncée. La plupart des chercheurs convinrent alors que c'était la voie à suivre.”

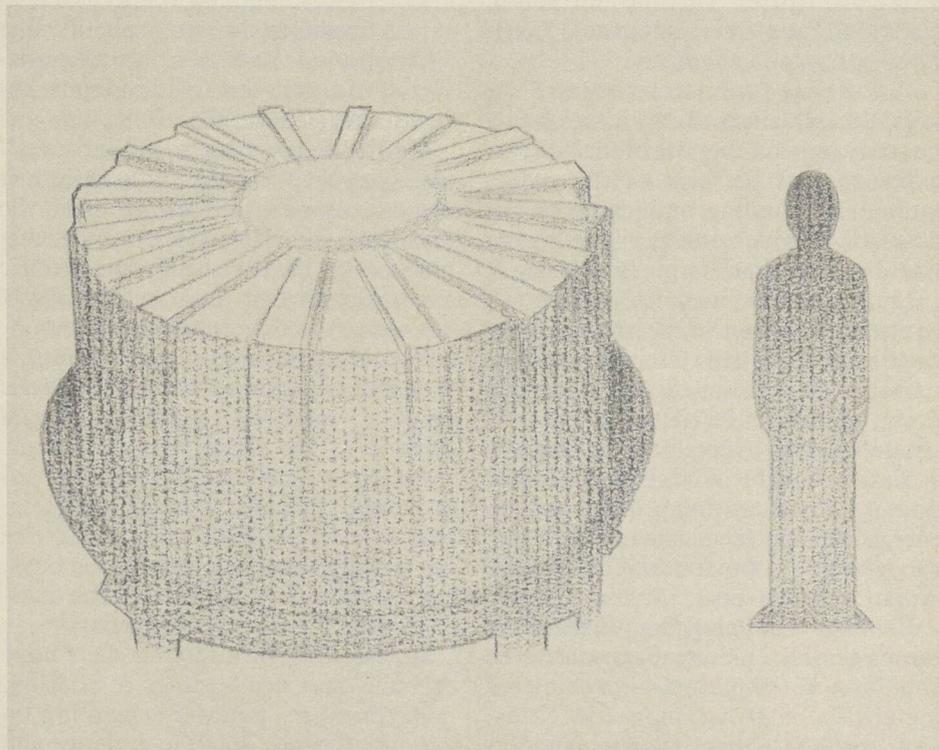
Aucun des réacteurs à fusion construits jusqu'à présent n'est parvenu à déclencher une réaction entretenue productrice d'énergie. Les conditions parti-

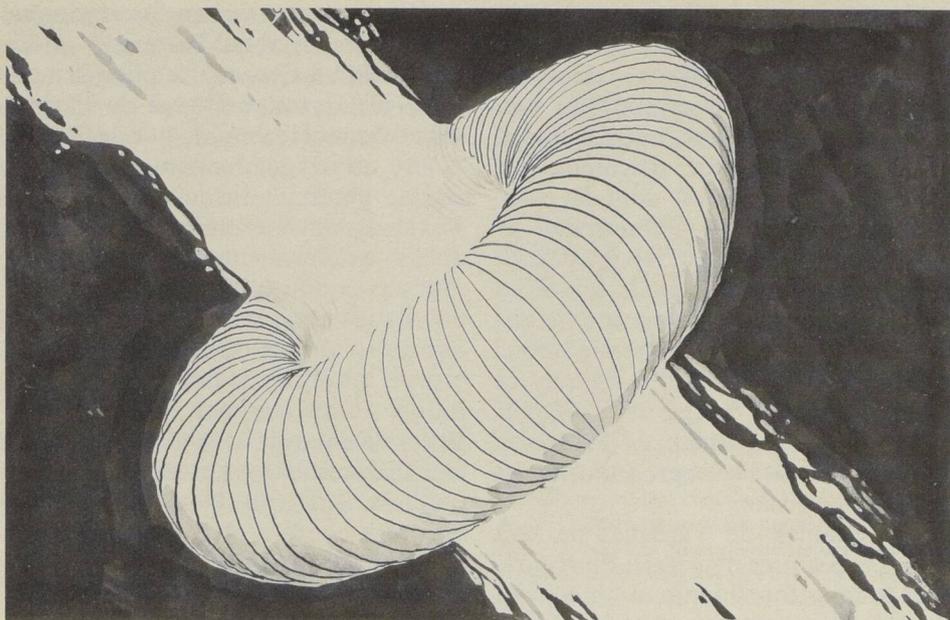
culièrement sévères exigées pour obtenir ce résultat, c'est-à-dire des températures extrêmement élevées dans un plasma dense, stable et confiné, sont graduellement réalisées, une par une, à l'aide de différentes machines. Le Tokamak expérimental dont la construction s'achève à l'Université de Princeton, dans le New Jersey, devrait être le premier à les réunir toutes en même temps. On a bon espoir d'atteindre vers 1984, et pour la première fois, le point d'équilibre technologique, ce qui veut dire que l'énergie déversée dans le plasma du Tokamak de Princeton sera équivalente à celle produite par ses réactions de fusion.

Le Tokamak de Varennes ne sera jamais une source d'énergie. En réalité, pour le faire fonctionner et obtenir un plasma contenant à peu près autant d'énergie thermique qu'un récipient rempli d'eau bouillante il faudra tirer autant d'énergie électrique du réseau qu'une petite ville. Aucune réaction de fusion ne se produira parce qu'il sera alimenté avec de l'hydrogène ordinaire et non avec les isotopes d'hydrogène nécessaires au déclenchement de la fusion. Il ressemblera au moteur d'un modèle réduit d'automobile qui ne brûle pas d'essence mais que l'on peut faire tourner pour mesurer son taux de compression. En éliminant la possibilité de fusion, il devient inutile d'équiper l'installation de télémanipulateurs et de la munir d'un blindage pour protéger le personnel.

“Ce qui est vraiment exceptionnel dans le cas de notre Tokamak”, nous déclare Brian Gregory, le physicien qui a dirigé le groupe chargé de l'aspect scientifique et technologique de l'étude, “c'est qu'il fonctionnera presque en régime continu. Jusqu'à présent, les Tokamak ont été utilisés pendant des durées extrêmement brèves ne dépassant pas une seconde et cela ne permet pas d'augmenter la température de quoi que ce soit, sauf du plasma. Mais les grosses machines de la prochaine génération fonctionneront pendant plusieurs dizaines de secondes et un réacteur thermonucléaire commercial fonctionnera sans arrêt. Nous ferons circuler notre courant en “ondes carrées” pendant une durée de trente secondes et ceci nous permettra d'obtenir des données sur l'effet de la chaleur et des radiations, sur le comportement des matériaux, sur le réchauffement des bobines magnétiques, et sur toute une série de problèmes d'ingénierie similaires.”

Ajoutons-y le fait que le Tokamak de Varennes sera directement connecté au réseau électrique et que l'on pourra ainsi recueillir des données auxquelles nous pourrions nous référer pour le raccordement d'un réacteur thermonucléaire commercial. La proximité d'une ligne de transport électrique à haute tension constitue un grand avantage pour des expériences sur la fusion thermonucléaire. Les chercheurs de Princeton, eux, doivent accumuler lentement de





line is a great asset for a fusion experiment. Researchers at Princeton, in contrast, have to slowly accumulate power in enormous flywheels until they have enough for a single pulse.

It takes Gregory only a few minutes on his motorbike to get from his office at INRS-Énergie to the fusion project office at IREQ. As the tokamak moves from design to construction he is growing more familiar with the route, and may even shave some seconds off his travel time. For Gregory is enthusiastic; he had great fun with the scientific design of the tokamak, and as he discusses its role he vividly expresses the fascination that fusion, with its enormous difficulties, baffling unresolved questions, and sweet promises, exerts on scientists and engineers.

"In the big fusion experiments," he says, "unexplained energy losses are by no means trivial; they are of the order of a few tens of per cent of the energy poured in. Finding and plugging the holes out of which energy is flowing is a little bit more than simply fine tuning."

Impurities, for instance, are known to drain energy out of the plasma. They can be created when runaway particles, ones that have escaped their magnetic bonds, slam into the wall of the reactor, sputtering heavy metallic ions. There is a flash of light, and the plasma is doused; for these impurities soak up energy, cooling the plasma, and release this energy in the form of ultraviolet radiation and X-rays.

Finding and plugging such holes means getting a precise diagnosis of the condition of the plasma — probing for impurities, charting magnetic fields, temperatures, energy balances; and this

is not easy to do in an environment of multi-million degree temperatures and powerful magnetic fields, without affecting the unstable plasma.

Peering into portholes around the steel donut in Varennes will be many measuring instruments. Some of these will be the classical tools of the plasma physicist — X-ray spectrometers, for example, which measure temperatures. Other instruments will be new prototypes — an infrared laser, for example, the color of whose beam, after it has been scattered by electrons in the plasma, will give a reading on fluctuations in electron density, just as the color of the sky as it ranges from blue to gray tells us something about the density of particles in atmosphere. The Tokamak de Varennes has been designed as a test-bed for developing instruments such as this.

"With these advanced diagnostics," says Gregory, "we'll be able to look at some extremely interesting scientific problems. But all these are just the icing on the cake, the cake being the scientific and technological program and direct connection to the electrical network."

"Another purpose of the tokamak is to teach. We want to fiddle with knobs on the machine, learning plasma physics. If the vessel were to become radioactive and could only be approached through remote handling, that would be a damn nuisance. We're not trying to compete with the big boys; but we do expect to answer some questions they'll find very interesting."

In the USA, fusion researchers hope to build and demonstrate a working, commercial-scale power-generating reactor by the year 2000. In America and

a number of other countries, fusion research is well established, rapidly expanding, and heavily funded. Canada, until now, has been an observer of the international fusion scene. But now, just as Canadian observers are beginning to find that the doors to international fusion conferences are being closed to non-participants, the Tokamak de Varennes, designed to generate pertinent data for the next generation of fusion machines, is being built. ("You can't get information for nothing anymore," Gregory says. "You have to have something to trade, some information that other people want.") It will buy Canada membership in an elite international club, and access to a potent, developing technology. According to an industrial impact study carried out as part of the design project, it will also send immediate benefits spinning off into the Canadian economy.

The co-authors of this study are Richard Bolton and Morel P. Bachynski. The latter's initials name the company of which he is president, MPB Technologies Ltd. He is chairman of NRC's advisory committee on fusion.

"Over 70 per cent of the parts of the Tokamak de Varennes will be purchased in Canada," Bachynski says, "building up capability in big engineering firms, small computer companies, laser manufacturers and so on. It'll give us credibility. It'll give us a chance to get a piece of the action — \$2 billion is spent every year around the world on fusion, and that market is going to increase substantially."

Beyond immediate benefits for high-technology companies, what lies in the future? Will the knowledge acquired on the new Canadian tokamak, and those of other countries, eventually be translated into energy technology? Will an unprecedented era of abundant energy dawn for mankind? The designers of Canada's fusion experiment are naturally optimistic; but like expectant grandparents of an as yet unborn child, they recognize that they are unlikely ever to know if their hopes are fulfilled. Says Gregory, speaking for his middle-aged colleagues: "The impact of fusion, if it comes, cannot be felt until the first half of the next century — and not early in that century either. I doubt that I'll be around to enjoy it." □

Séan McCutcheon

Séan McCutcheon is a free-lance writer working out of Montréal.

l'énergie dans d'énormes volants, jusqu'à ce qu'ils en aient assez pour une seule impulsion.

Il suffit à Gregory de quelques minutes pour se rendre à motocyclette de son bureau de l'INRS-Énergie au bureau du Projet Tokamak à l'IREQ. À mesure que la machine progresse du stade de l'étude à celui de la construction il connaît de mieux en mieux l'itinéraire et peut même améliorer son temps de quelques secondes. Gregory est enthousiaste; l'étude scientifique du Tokamak lui a procuré beaucoup de satisfaction et, lorsqu'il explique son rôle, il ne peut dissimuler la fascination que la fusion, avec ses énormes difficultés, ses stupéfiantes questions encore sans réponse et ses promesses fantastiques, exerce sur les scientifiques et les ingénieurs.

"Dans les grandes expériences de fusion", souligne-t-il, "les pertes d'énergie inexplicables ne sont en aucune façon insignifiantes; elles représentent quelques dizaines de pour cent de l'énergie mise en oeuvre. Découvrir et boucher les trous d'où elle s'échappe est un peu plus difficile qu'une simple mise au point."

On sait bien, par exemple, que les impuretés absorbent une partie de l'énergie du plasma. Elles sont créées lorsque des particules en fuite, c'est-à-dire qui ont brisé leurs liens magnétiques, percutent la paroi du réacteur avec éclaboussement d'ions métalliques lourds. Il se produit un éclair, et le plasma est noyé car ces impuretés absorbent de l'énergie en le refroidissant et la libèrent sous forme de rayonnement ultraviolet et X.

Trouver et boucher ces trous suppose un diagnostic précis sur la condition du plasma et il faut donc rechercher les impuretés qu'il contient, dresser la carte des champs magnétiques, des températures et établir des bilans énergétiques. Ce n'est pas chose facile à faire, sans compromettre la stabilité du plasma, dans un environnement dont la température atteint plusieurs millions de degrés et où sont mis en oeuvre de puissants champs magnétiques.

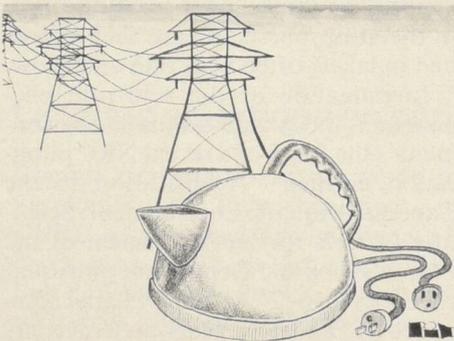
De nombreux instruments de mesure seront disposés dans des fenêtres aménagées autour de l'axe du tore d'acier de Varennes. Certains de ceux-ci seront simplement des outils classiques du physicien spécialiste des plasmas, puisqu'il s'agira en l'occurrence de spectroscopes à rayons X pour mesurer les températures. Parmi les autres instruments se trouveront de nouveaux prototypes comme celui d'un laser infrarouge; la

lumière qu'il émettra, après diffusion par les électrons du plasma, renseignera les chercheurs sur les fluctuations de la densité électronique, à l'instar de la couleur du ciel qui, passant du bleu au gris, nous renseigne sur la densité des particules atmosphériques. Le Tokamak de Varennes a été construit pour servir de banc d'essais pour la mise au point d'instruments de cette nature.

"Avec ces moyens de diagnostic de pointe", de poursuivre Gregory, "nous serons en mesure de nous pencher sur des problèmes scientifiques particulièrement intéressants. Mais ce ne sont encore là que les hors-d'oeuvre, la pièce de résistance étant représentée par le programme scientifique et technologique et le raccordement direct au réseau électrique."

"Une des autres fonctions du Tokamak est pédagogique. Nous voulons nous familiariser avec la physique des plasmas en jouant avec la machine. Si elle devenait radioactive et qu'on ne puisse plus l'approcher autrement qu'avec des télémanipulateurs, ce serait un grave handicap. Nous n'essayons pas d'entrer en compétition avec les grands spécialistes mais nous comptons bien être en mesure de répondre à des questions qu'ils trouveront fort intéressantes."

Aux États-Unis, les chercheurs espèrent arriver à construire et à faire fonctionner un réacteur commercial d'ici l'an 2000. Chez nos voisins du Sud et dans un certain nombre d'autres pays, la recherche sur la fusion thermonucléaire se porte bien, avance rapidement et dispose de fonds considérables. Le Canada, lui, s'est contenté jusqu'à maintenant du rôle d'observateur de la scène internationale. Aujourd'hui, au moment où ces observateurs canadiens commencent à s'apercevoir que les portes des conférences internationales sur la fusion sont fermées aux non-initiés, le Tokamak de Varennes, conçu pour obtenir des données pouvant être exploitées par les machines de la prochaine génération, est en cours de cons-



truction. "L'ère de l'information gratuite est révolue. Il faut avoir quelque chose à offrir en échange, c'est-à-dire des données utiles à d'autres", de remarquer Gregory. C'est de cette façon que le Canada pourra se faire ouvrir les portes d'un club international d'élite et accéder à une technologie prometteuse en plein développement. Selon une étude d'impact industriel faite au stade de la conception, l'économie canadienne en retirera des avantages immédiats.

Les coauteurs de cette étude sont Richard Bolton et Morel P. Bachynski. Ce dernier a donné les initiales de son nom à la raison sociale de la compagnie MPB Technologies Ltd., dont il est le président. Il est également président du Comité consultatif du CNRC sur la recherche liée à la fusion thermonucléaire contrôlée.

"Plus de 70% des pièces nécessaires à la construction du Tokamak de Varennes seront achetées au Canada", précise Bachynski, "ce qui contribuera à augmenter les compétences techniques des grosses compagnies d'ingénierie, des petites compagnies informatiques, des fabricants de lasers, etc. Cela nous confèrera une certaine crédibilité et nous permettra de prendre part à l'action, sachant que 2 milliards de dollars sont dépensés annuellement dans le monde pour des travaux sur la fusion thermonucléaire et que ce marché va se développer considérablement."

Mis à part les avantages immédiats qu'en tireront les compagnies de technologie de pointe, qu'y a-t-il à l'horizon? Les connaissances acquises grâce au Tokamak canadien et aux machines étrangères se traduiront-elles éventuellement en progrès technologiques applicables à l'énergie? L'humanité sera-t-elle à l'aube d'une ère d'abondance énergétique qu'elle n'a jamais connue? Les concepteurs du réacteur expérimental canadien sont évidemment optimistes mais, tout comme les grands-parents qui attendent avec impatience l'arrivée d'un petit-fils ou d'une petite-fille, ils savent très bien qu'ils ont peu de chances d'être là pour voir leurs espoirs comblés. Se faisant le porte-parole de ses collègues quadragénaires, Gregory conclut: "L'impact de la maîtrise de la fusion thermonucléaire, si elle est jamais atteinte, ne se fera sentir qu'après la première moitié du 21^e siècle et certainement pas au début. Je doute que je sois encore là pour en profiter."

Texte français: Claude Devismes

Briefly . . .

It's not martini ice!

Structures slated for test under sea ice conditions at NRC won't be ground by fresh water ice. Instead, engineers at the Division of Mechanical Engineering's Hydraulics Laboratory have developed an ice doped with urea, which accurately represents the scaled-down strength of sea ice required for model tests. The laboratory is currently putting the final touches on a special ice tank (slated for completion in late 1981) for use in studying the effects of moving sea ice on structures like drilling platforms, artificial islands, docks and breakwaters. With the increase in exploration activity in Canada's resource-rich Arctic, there is a growing need for this kind of information.

Other laboratories have facilities for testing models of ships moving in simulated sea ice, but to date few measurements have been done on the forces exerted by moving ice sheets on stationary structures. Here, the speed may be much lower than for ships in ice, but the forces can be much larger because of the large size and blunt shape of these structures.

Initially, NRC engineers will use the ice tank for quantitative measurements of the mechanical properties and growth characteristics of urea model ice. This information will make the model tests (to start concurrently) more meaningful, and will be of great value to Canada's commercial ice tank laboratories in evaluating their own tests of Arctic structures.

Eleven ours

The overall record for molecules in space has now grown by two carbon atoms. A team of NRC radio astronomers headed by Morley Bell recently detected HC_{11}N ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$), cyanodecapenta-yne, in the atmosphere of a dying star in the constellation Leo. Three radio-frequency fingerprints characteristic of the molecule were recorded by Bell and his colleagues Paul Feldman, Sun Kwok, and Henry Matthews at the Haystack radio telescope outside Boston, Massachusetts. These observations were made as a follow-up to clues of the molecule's existence discovered at

NRC's Algonquin Radio Observatory.

The latest find (at molecular weight 147) along with the three molecules HC_5N , HC_7N and HC_9N discovered in recent years by Herzberg Institute astronomers, are the heaviest molecules observed in the interstellar medium. Whereas the earlier molecules were first found in vast clouds of dust and gas in space, HC_{11}N was detected in the atmosphere of a star, some 600 light years away. Astronomers theorize that the 11-carbon species is manufactured by the star, CW Leo, then ejected by its stellar wind, an envelope of gas which rushes out from the stellar surface at speeds around 54 000 km/h. Such behavior, they feel, is characteristic of very old or dying stars. Our own sun, in fact, should turn into a similar molecule factory in its dying stages about five billion years down the road.

Fish in troubled water

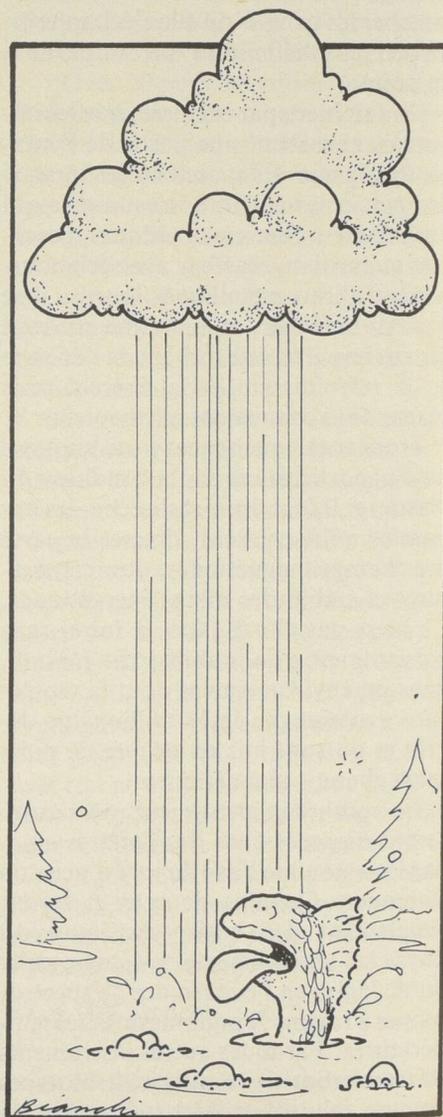
Acid rain, as a recent report from NRC's Environmental Secretariat shows, is damaging aquatic life in eastern North America. Look at some evidence based on extensive physical, chemical and biological studies: a decreased number of species of microscopic plants, the phytoplankton; reduced occurrence, diversity and biomass of microscopic animals, the zooplankton; drastic reductions in fish population size and biomass, often leaving small numbers of large fish, a condition that precedes extinction; and preliminary evidence indicating a decrease in the amphibian population, perhaps due to reproductive impairment.

Sulfuric and nitric acids are formed in the skies when the oxides of sulfur and nitrogen emitted from industrialized regions are mixed with water vapor. They travel over great distances in the atmosphere and are then deposited in lakes, often with rain and snow.

Investigation of the acid rain phenomenon in Canada's aquatic environment is the focus of a recent NRC publication entitled "Acidification in the Canadian Aquatic Environment: Scientific Criteria for an Assessment of the Effects of Acidic Deposition on Aquatic Ecosystems." An expert panel composed of Drs. H.H. Harvey (University

of Toronto), P.J. Dillon (Ontario Ministry of the Environment), R.C. Pierce (National Research Council), J.R. Kramer (McMaster University) and D.M. Whelpdale (Environment Canada) worked together to produce the 315-page document.

The purpose of the report is to provide a basis for evaluating available information on acidification and to stimulate research needed to establish the cause-effect relationships in the aquatic environment. It deals in depth with such processes as the atmospheric transport, transformation and deposition of acidic and acidifying substances, the geological, biological and hydrological aspects of aquatic acidification, the effects of acidification on surface waters, the effects of acidification on aquatic biota and the experimental manipulation of whole lakes.



En bref

Le CNRC va rompre la glace

Les ingénieurs du laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique viennent de mettre au point une glace synthétique contenant de l'urée, qui leur permettra de reproduire avec précision, à une échelle réduite, les propriétés mécaniques de la glace de mer. Ils se serviront de cette glace artificielle pour mesurer l'effet de nappes de glace de mer à la dérive sur des ouvrages comme les plates-formes de forage, les îles artificielles, les quais et les brise-lames. Le laboratoire d'hydraulique doit terminer cette année la construction d'un bassin d'essais en eaux recouvertes de glace, pour ce type d'expériences. Les données que cette nouvelle installation permettra de recueillir seront d'une grande utilité, compte tenu de l'accélération des activités de prospection dans l'Arctique canadien, zone très riche en matières premières.

Certains autres laboratoires à l'étranger disposent déjà d'installations leur permettant d'effectuer des essais sur des modèles de navires se déplaçant dans de la glace de mer simulée, mais il n'existe que très peu de données sur les forces exercées sur des ouvrages fixes par des nappes de glace de mer à la dérive. En l'occurrence, les vitesses relatives sont beaucoup moindres que dans le cas d'un navire circulant dans une zone recouverte de glace, mais les forces exercées sur de tels ouvrages sont beaucoup plus considérables en raison de leurs dimensions imposantes et de leur forme.

Les premiers travaux effectués par les scientifiques du CNRC à l'aide de cette nouvelle installation porteront sur la mesure quantitative des caractéristiques de formation et des propriétés mécaniques de la glace synthétique contenant de l'urée. Ces données faciliteront l'interprétation des essais sur maquettes, qui doivent débiter sous peu, et elles seront d'une grande utilité pour permettre aux compagnies canadiennes qui exploitent des installations commerciales d'essais de maquettes en eaux recouvertes de glace d'établir la validité de leurs tests sur maquettes.

HC₁₁N: nouveau record radioastronomique

Une nouvelle molécule dépassant de deux atomes de carbone la plus grosse molécule de l'espace interstellaire connue jusqu'à présent vient d'être détectée dans l'atmosphère d'une étoile à l'état dégénéré de la constellation du Lion. Trois radiofréquences caractéristiques de cette molécule appelée cyano-décapenta-yne (HC₁₁N ou H-C≡C-C≡C-C≡C-C≡C-C≡C-C≡N) ont été récemment enregistrées par une équipe de radioastronomes du CNRC travaillant au radiotélescope de Haystack, près de Boston, dans le Massachusetts, sous la direction de Morley Bell et constituée de Paul Feldman, Sun Kwok et Henry Matthews. À l'aide de ces résultats, ils ont pu vérifier les indices découverts à l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin et qui permettaient de supposer l'existence de cette molécule.

Celle-ci, dont le poids moléculaire est de 147, et les trois autres, (HC₅N, HC₇N et HC₉N), découvertes ces récentes années par des astronomes de l'Institut Herzberg d'astrophysique, sont les molécules les plus lourdes détectées jusqu'ici dans l'espace interstellaire. Mais alors que les premières ont été découvertes dans de vastes nuages de poussière et de gaz intersidéraux, la molécule HC₁₁N a été détectée dans l'atmosphère d'une étoile qui est à environ 600 années de lumière de la Terre. D'après les astronomes, elle se formerait dans CW Leo, puis serait éjectée par ses "vents stellaires" (enveloppe de gaz s'échappant de sa surface à une vitesse d'environ 54 000 km/h). Cette activité, estiment-ils, est caractéristique des étoiles très vieilles ou à l'état dégénéré. Notre Soleil, en fait, produira des molécules semblables lorsqu'il sera à l'agonie, c'est-à-dire dans environ cinq milliards d'années.

La faune aquatique en péril

Comme l'indique un récent rapport du Secrétariat de l'environnement du CNRC, les pluies acides contribuent à la destruction de la vie aquatique dans l'est de l'Amérique du Nord. Des études physiques, chimiques et biologiques ap-

profondies ont mis en évidence une diminution du nombre d'espèces de phytoplancton et de l'incidence, de la diversité et de la biomasse du zooplankton; une réduction considérable de la dimension et de la biomasse des populations de poissons et du nombre de poissons de grande taille, phénomène précédant l'extinction d'une espèce; ainsi que des indices d'une diminution de la population d'amphibiens peut-être attribuable à une altération de la reproduction.

Lorsque les oxydes de soufre et d'azote provenant des régions industrialisées sont mélangés à la vapeur d'eau atmosphérique, ils se transforment en acide sulfurique et en acide nitrique qui sont transportés à de grandes distances et fréquemment déposés par les précipitations (pluie et neige) dans les lacs.

L'étude des effets des pluies acides dans le milieu aquatique au Canada a donné lieu à la publication récente par le CNRC d'un document intitulé "Acidification dans l'environnement aquatique au Canada: critères scientifiques pour évaluer les effets du dépôt acide sur les écosystèmes aquatiques". Ce document de plus de 300 pages réunit les travaux conjoints des Drs H.H. Harvey, de l'Université de Toronto; P.J. Dillon, du ministère de l'Environnement de l'Ontario; R.C. Pierce, du CNRC; J.R. Kramer, de l'Université McMaster, et D.M. Whelpdale, d'Environnement Canada.

L'objet de ce rapport est de fournir une base pour l'évaluation des données sur l'acidification et de stimuler la recherche en vue de déterminer les relations de causes à effets intervenant dans l'environnement aquatique. Ce rapport traite de façon approfondie du transport atmosphérique, de la transformation et du dépôt de substances acides et acidifiantes, des aspects géologiques, biologiques et hydrologiques de l'acidification aquatique, des effets de l'acidification sur les eaux de la surface, des effets de l'acidification sur les espèces aquatiques et de la modification expérimentale de lacs entiers.

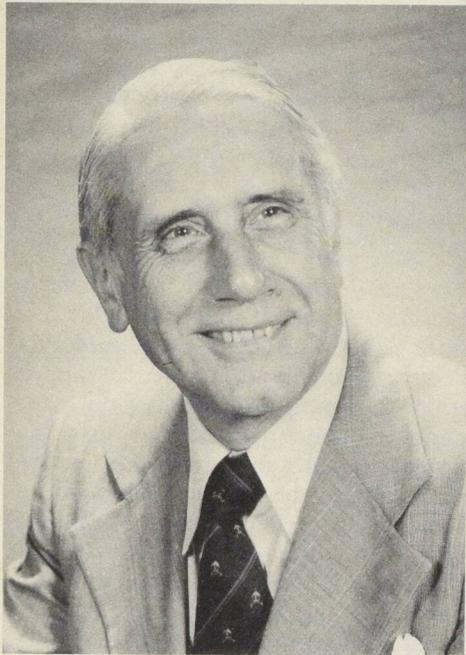
Problem or nirvana?

CO₂ increase in the atmosphere

Is the increase of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere a global time-bomb or will it be of minor consequence, perhaps even creating some benefits? This complex question was addressed by an eminent Canadian climatologist, Dr. Kenneth Hare, in a lecture given to the National Research Council.

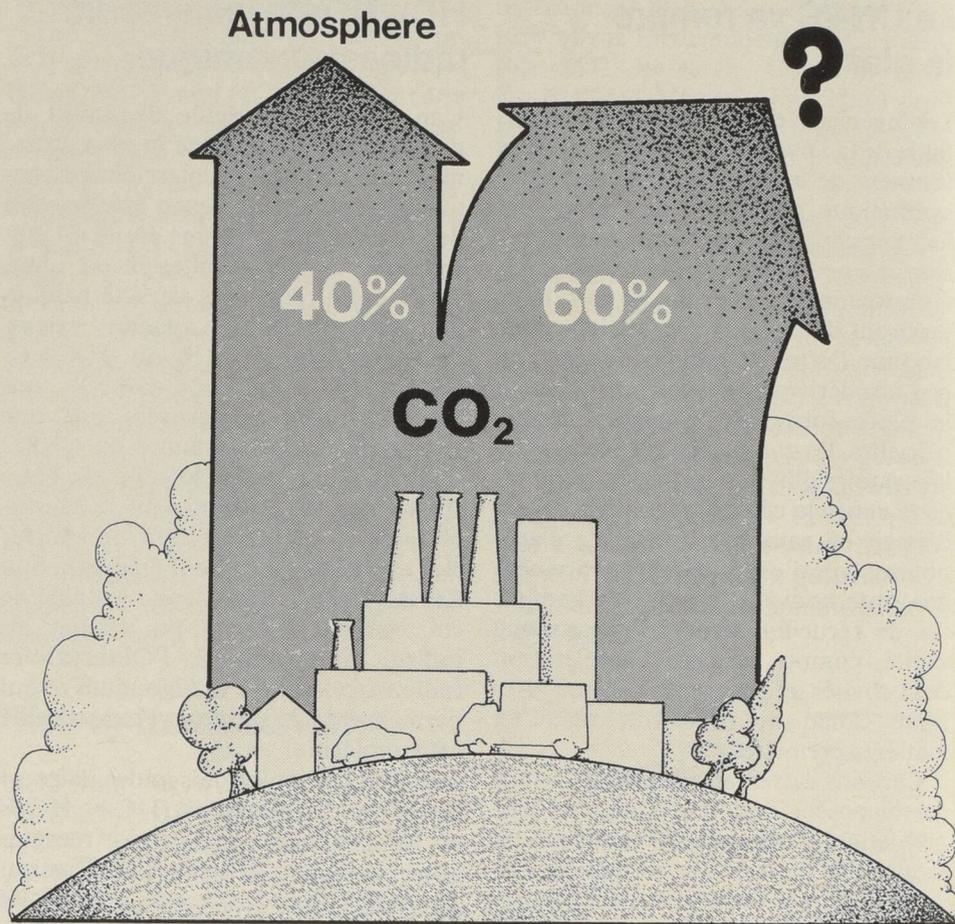
Much confusion has existed in the scientific community on the impact of increasing CO₂ levels on world climate, a situation caused in large part by the burning of fossil fuels: oil, coal and gas. Hare began his lecture by emphatically stating that "the build-up of CO₂ in the atmosphere is an empirical fact supported by continuous world-wide measurements since 1958." His graphs showed clearly that in the northern hemisphere, CO₂ increased remorselessly over 20 years at a rate of about one part per million (ppm) each year, starting at 315 ppm in 1958 and rising to 335 ppm by the end of 1975.

It has been estimated that the combustion of fossil fuels releases 5.6 billion t into the atmosphere every year. But not all of it stays there, and the



An eminent Canadian climatologist, Dr. Kenneth Hare, spoke to NRC on the effects of the CO₂ increase in the atmosphere. (Photo: Photothèque)

Dans son exposé présenté au CNRC, le Dr. Kenneth Hare, éminent climatologue canadien, a traité des effets d'une augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère.



net rate of increase is actually about 40 per cent of this total, or 2.4 billion t per year. Where the other 60 per cent goes is perplexing scientists and the situation is made even more mysterious by the fact that there are other large sources of CO₂ release to the atmosphere which cannot be accounted for either. Recent estimates show that the amount of carbon released from surface and soil equals that from fossil fuel combustion.

Most of this probably ends up in the oceans, but a sizeable fraction remains unaccounted for. Dr. Hare sees this as a perturbation in the Carbon Cycle (one of the great cycles of nature) among reservoirs which are immense. The atmospheric reservoir, for example, contains 710 billion t of CO₂ and it is to this store that 2.4 billion t are being added each year — a rapid increase for a reservoir of this size.

According to Hare, the other reservoirs in the Carbon Cycle are difficult to monitor accurately. Much more carbon is located in the deep oceans, in solution, in inorganic form, and in sedi-

ments on the ocean floor. There are also sedimentary rocks (formed by carbon materials sedimenting in ancient seas) now on land which contain immense supplies of carbon. About 600 to 830 billion t of carbon are tied up in terrestrial plants and animals while another 60 billion t are bound in the litter on the surface. Another 1 670 billion t of carbon are mixed in the soil. Hare concedes that all these figures have a considerable margin of error and might even be off by 20 to 30 per cent.

The inability to balance the CO₂ budget makes it difficult to develop reliable computer models to gauge the extent of the effects of CO₂ release into the atmosphere. Several models do exist, and they all agree on one important point; as the CO₂ increases, *the atmospheric temperature will rise.*

The model Hare considers best was developed strictly on the basis of the known increase of CO₂ in the atmosphere and tied to projections for fossil fuel utilization in the future, using one scenario of gluttonous consumption and another of moderate use. The glut-

Problème ou nirvana?

L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère

Que faut-il penser de l'augmentation du gaz carbonique (CO₂) atmosphérique. Est-ce une bombe à retardement ou un phénomène sans graves conséquences, voire même bénéfique? Telle est la difficile question que le Dr Kenneth Hare, éminent climatologue canadien, a posé au cours de la conférence qu'il a donnée au Conseil national de recherches.

Une grande confusion règne au sein de la communauté scientifique au sujet de l'impact que produirait l'accroissement de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère sur la température du globe et qui est dû en grande partie à la combustion des combustibles fossiles que nous utilisons, c'est-à-dire: le pétrole, le charbon et le gaz. Dès le début de son exposé, le Dr Hare insiste sur le fait que "la formation de CO₂ dans l'atmosphère est un fait empirique confirmé par les mesures continues que l'on fait à l'échelle mondiale depuis 1958". Ses graphiques montrent clairement qu'en vingt ans le CO₂ présent dans les

couches atmosphériques de l'hémisphère nord a augmenté au rythme impitoyable d'environ une partie par million (ppm) annuellement, passant de 315 ppm en 1958 à 335 ppm à la fin de 1975.

On a évalué à 5,6 milliards de tonnes la quantité de CO₂ libérée chaque année dans l'atmosphère par la combustion de combustibles fossiles. Cependant, tout ce gaz carbonique ne reste pas dans l'atmosphère qui n'en garde en réalité que 40%, soit 2,4 milliards de tonnes par année. Qu'advient-il donc des autres 60%? Voilà la question qui tracasse les scientifiques. La chose est d'autant plus mystérieuse qu'il existe d'autres sources importantes de libération de CO₂ dans l'atmosphère dont on ne connaît pas la destination ultime. De récentes évaluations montrent que la surface et le sol de notre planète dégagent une quantité de carbone égale à celle provenant de la combustion des combustibles fossiles.

Les océans en absorbent probablement une grande partie, mais cela laisse une quantité importante de gaz carbonique qui disparaît on ne sait où. Le Dr Hare l'attribue à une perturbation du cycle du carbone (un des importants cycles naturels) dans des réservoirs de dimensions gigantesques. C'est ainsi que l'atmosphère contient 710 milliards de tonnes de CO₂ auxquels viennent s'ajouter 2,4 milliards de tonnes chaque année — ce qui représente une rapide

augmentation pour un réservoir de cette importance.

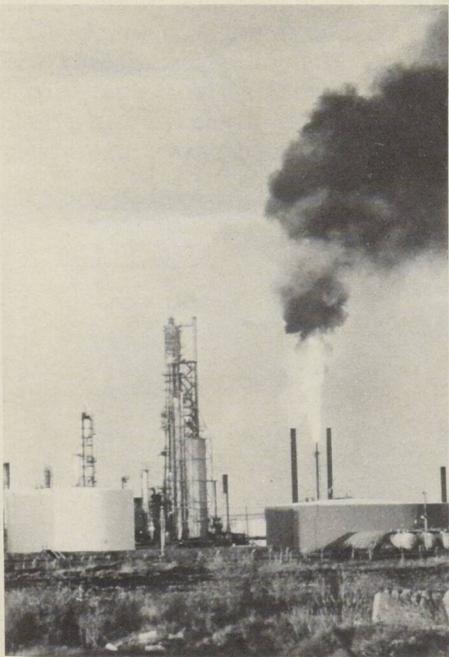
Selon Hare, il est difficile d'évaluer avec précision les autres réservoirs entrant dans le cycle du carbone. Il existe d'importantes quantités de carbone en solution dans les profondeurs des océans, dans les matières inorganiques et dans les sédiments des fonds marins. N'oublions pas les roches sédimentaires (formées par la sédimentation des substances carbonées des mers anciennes) maintenant émergées et qui constituent une immense réserve de carbone. La flore et la faune terrestres renferment de 600 à 830 milliards de tonnes de carbone; les déchets et détritiques de toute nature éparpillés sur la surface du globe en contiennent quelque 60 milliards de tonnes auxquels viennent s'ajouter 1 670 milliards de tonnes supplémentaires mêlées aux sols. Le Dr Hare admet que toutes ces données comportent

Tous les spécialistes s'accordent pour dire qu'une augmentation de la quantité du CO₂ libérée dans l'atmosphère entraînera un réchauffement global qui, bien que trop faible pour causer la fonte des calottes glaciaires, sera suffisant pour provoquer un repli des glaces marines et condamnera les brise-glaces à l'inactivité. (Photo: Photothèque)

There is general consensus that an increase in CO₂ will cause a global warming trend. The rise will not be high enough to melt the polar ice caps but could cause the sea ice to retreat. There may be little need for ice breakers by then. (Photo: Photothèque)

L'accroissement considérable de l'utilisation des combustibles fossiles entraîne un accroissement parallèle de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère. Quelles en seront les conséquences? (Photo: Photothèque)

The tremendous increase in the rate of combustion of fossil fuels is raising the CO₂ level in the atmosphere. What will the consequence be? (Photo: Photothèque)



tonous path leads to a doubling of the CO₂ concentration by the year 2035, while moderate uses doubles CO₂ by 2090. In the model, doubling of the CO₂ concentration does not increase world temperature uniformly over the globe; rather there is a 2°C rise at the equator, and 3.5°C at our (Canada's) latitude. One of the effects of this temperature increase would be simply to drive back the sea ice.

A fourfold increase in the CO₂, which would occur with gluttonous consumption by 2090, will raise the temperature by 3°C at the equator, and 6.5°C at our latitude, causing the sea ice to retreat to the Poles, and creating a climate comparable to that of Charleston, South Carolina. New Yorkers may now rest easy, because the model contradicts earlier beliefs that the Polar ice caps would melt and inundate large expanses of coastal area.

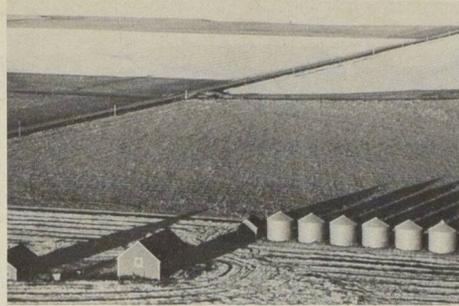
As Ken Hare sees it, there are several possible outcomes to a global warming, some positive and others negative. The prediction causing the most concern is the possible decline in precipitation at the mid-latitudes between 35° and 45° North, the so-called bread basket of the world. This cultivated region is already under considerable pressure for food production by the burgeoning world population.

But Hare cautions that the predicted changes should be considered with a healthy dose of skepticism, because the earth is an exceedingly complicated entity. The models must be validated by much more research to get the detail needed to evaluate the results of increasing CO₂.

Until additional information can further clarify the issue, we can take some comfort in the fact that conservation measures around the world are already decreasing government estimates on fossil fuel consumption, giving us more time to study the situation. And there may even be economic advantages to some warming. The sea lanes, for example, would be easier to navigate and agricultural productivity in the Northern hemisphere might increase dramatically.

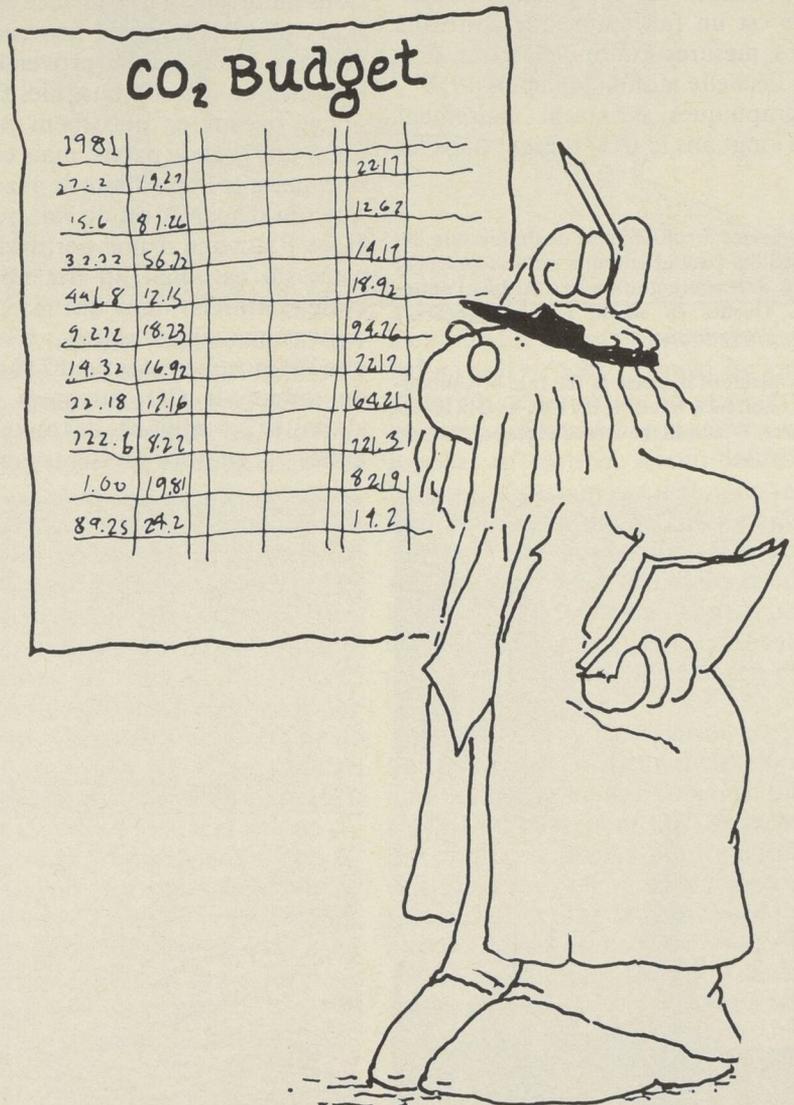
Problem or nirvana? The message Hare left was that the problem may not be as serious as previously believed, but only research and time will tell. □

Sadiq Hasnain



The CO₂ cycle is complex and not well understood. Terrestrial plants play an important part, as do the oceans and the soil. The rapid depletion of the world's forests and the steady increase in the land put to the plough could aggravate the problem caused by combustion of fossil fuels. (Photo: Photothèque)

Le cycle du CO₂ est complexe et difficile à comprendre. La végétation terrestre, tout comme les océans et les sols, joue un rôle important. La disparition rapide des forêts du globe et l'augmentation continue des surfaces cultivées pourraient aggraver le problème causé par la combustion des combustibles fossiles. (Photo: Photothèque)

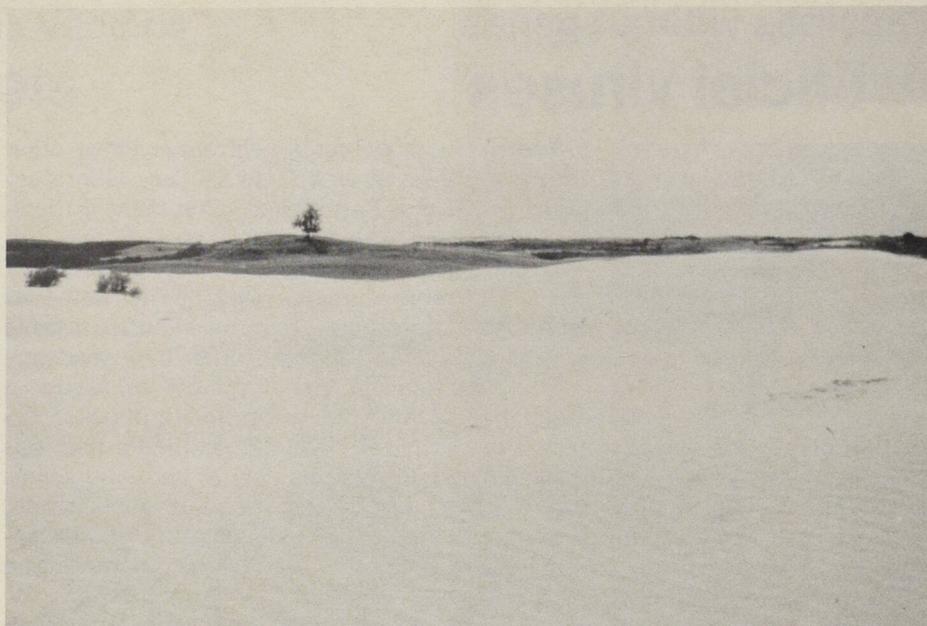


une marge d'erreur considérable, l'approximation pouvant être de l'ordre de 20 à 30%.

Notre incapacité d'équilibrer le budget CO₂ rend difficile la mise au point de modèles informatiques fiables qui permettraient une évaluation de l'ampleur des effets de la libération de CO₂ dans l'atmosphère. Il existe en fait plusieurs modèles, et tous s'accordent sur le fait que l'augmentation du CO₂ provoquera une *hausse de la température atmosphérique*.

Le meilleur modèle, selon Hare, a été mis au point en partant de l'augmentation connue du CO₂ dans l'atmosphère et tient compte des projections de consommation énergétique en combustibles fossiles fondées sur deux scénarios: consommation gargantuesque et consommation modérée. Dans le premier cas, la concentration de CO₂ aura doublé d'ici l'an 2035 alors que dans le deuxième ce doublement ne sera atteint qu'en l'an 2090. Toutefois, dans le modèle en question, le doublement de la concentration de CO₂ n'entraîne pas une augmentation uniforme de la température sur tout le globe; on enregistre plutôt des hausses de 2°C à l'équateur et de 3,5°C à notre latitude (au Canada). Ce réchauffement de la température aurait notamment pour effet de provoquer un recul des glaces marines.

Si la concentration de CO₂ était multipliée par quatre, ce qui arriverait d'ici l'an 2090 dans le cas d'une consommation gargantuesque, on assisterait à une hausse de température de 3°C à l'équateur et de 6,5°C à notre latitude, et au repli des glaces marines aux pôles, créant ainsi un climat semblable à celui de Charleston en Caroline du Sud. Les New-Yorkais peuvent toutefois dormir en paix, car le modèle réfute les théories à l'effet que les calottes glacières pourraient fondre, provoquant alors l'inon-



Un des effets néfastes possibles d'un réchauffement global pourrait être la désertification (transformation d'une région en désert) d'une partie des régions fertiles comprises entre le 35° et le 45° parallèle nord, zone qualifiée de grenier du monde. (Photo: Photothèque)

One of the possible harmful effects of global warming could be the desertification (desert formation) of some of our present productive areas between 35° and 45° North, the so-called bread basket of the world. (Photo: Photothèque)

dation de vastes étendues littorales.

Ken Hare entrevoit plusieurs conséquences possibles d'un réchauffement du globe, les unes positives, les autres négatives. La prévision la plus inquiétante concerne la diminution possible des précipitations aux latitudes comprises entre le 35° et le 45° parallèle nord, zone qualifiée de grenier du monde. Cette région agricole voit déjà sa production alimentaire menacée par suite de la poussée démographique mondiale.

Le Dr Hare encourage toutefois un

certain scepticism face à ces changements parce que la Terre est une entité fort complexe. De nombreuses autres recherches devront confirmer les modèles si l'on veut obtenir une évaluation précise et détaillée des conséquences d'une augmentation du CO₂.

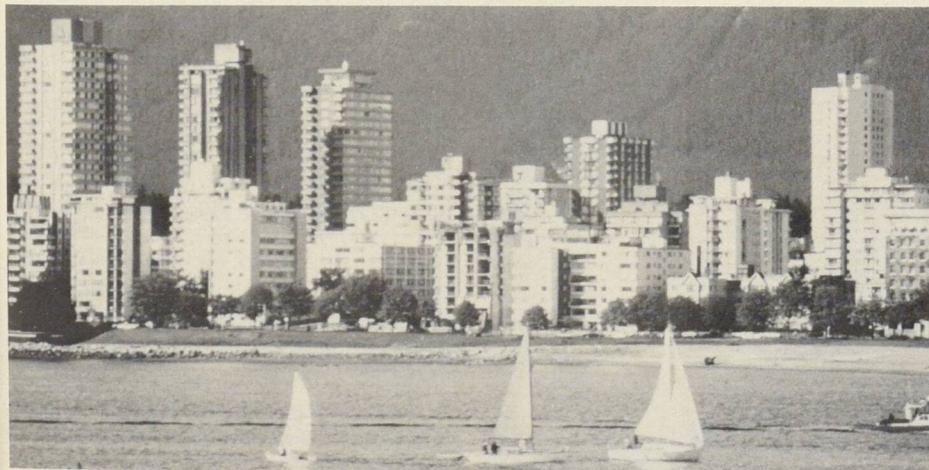
En attendant, nous pouvons trouver un certain soulagement dans le fait que les mesures d'économie d'énergie appliquées un peu partout dans le monde conduisent déjà à revoir les prévisions gouvernementales relatives à la consommation des combustibles fossiles, nous laissant ainsi plus de temps pour étudier la situation. Un certain réchauffement pourrait même se révéler économiquement avantageux en ce sens que la navigation sur les voies maritimes serait plus facile et la production agricole de l'hémisphère nord s'en trouverait peut-être considérablement augmentée.

Problème ou nirvana? La conclusion du Dr Hare est que la situation n'est peut-être pas aussi sérieuse qu'on le pensait mais seuls la recherche et le temps nous apporteront la réponse que nous cherchons.

Texte français: Suzanne R. Pellerin

On avait tout d'abord émis l'hypothèse qu'une augmentation de la concentration du CO₂ atmosphérique provoquerait un effet de serre entraînant une hausse de la température, la fonte des calottes glacières et l'inondation de villes côtières comme Vancouver. Toutefois, cette hypothèse est aujourd'hui rejetée. (Photo: Photothèque)

At first, it was theorized that the increase of atmospheric CO₂ would cause a greenhouse effect, increasing the temperature, melting the polar ice caps and inundating coastal cities such as Vancouver. This theory is no longer accepted. (Photo: Photothèque)



Vaccines without genes

Artificial viruses

Immunosomes, artificial influenza viruses for use as vaccines, are being synthesized at the Armand-Frappier Institute. They immunize without any chance of infection. The program, funded by NRC's Industrial Research Assistance Program, is an important step forward in vaccine development.

It is not easy, nowadays, to recreate the mixture of joy and bewilderment with which a pock-marked world learned how smallpox could be prevented.

"Madness" was the popular verdict when Lady Mary Wortley Montagu, a celebrated beauty, permitted a Turkish physician to scratch a walnut shell of smallpox pus into her son's arm. Within a few decades, however, all Europe was clamoring for a similar but safer mode of protection, vaccination. A country doctor, Edward Jenner, discovered this technique — or rather, verified it; milkmaids and farmhands already guessed that infection by cowpox, common enough on dairy farms, confers immunity to smallpox. Cowpox is a mild relative of the dreaded smallpox. Thanks to Jenner, its Latin name, *vaccina*, had become a household word by the beginning of the 19th century.

By the end of the century, vaccination no longer just referred to inoculation against smallpox with cowpox, but

to a technique which prevented other diseases as well. In his Paris laboratory Louis Pasteur had, after many difficulties, found a way to weaken the virulence of liquid drawn from the brains of rabid animals. When he first tested his anti-rabies vaccine on a human, it saved a child savagely bitten by a mad dog from the fierce agonies of rabies: a raging thirst with a horror of water, delirium and finally death. Pasteur was joyously acclaimed as hero and genius — but neither he, nor anyone else, could explain the paradox of vaccination, or how a mild infection prevents a severe one.

If he were to attend a microbiology conference today, Pasteur would be intrigued by all that has been elucidated since his time. Viruses, surpassingly small parasites, are, we now know, the cause of smallpox, rabies, polio and some 60 or so other human diseases. Vaccines which diminish our chances of suffering from these diseases have been developed, are quite well understood, and are available in the industrialized countries.

But mixed with Pasteur's pleasure in learning this, some bewilderment would surely remain. Viruses straddle an obscure frontier region between life and the inanimate. Much about them is baffling. And the viruses which some mod-

ern vaccines contain, though weakened, do occasionally (once in a million) cause the very diseases they are supposed to prevent. The killed viruses are much safer and never cause a disease.

Consider, for example, the rubella virus. It causes German measles, a mild disease characterized by a spectacular red rash. Most of us get this disease during childhood, and thus become immune to later infection. This is fortunate for, if during the early stages of pregnancy a woman is infected by rubella, the virus can interfere disastrously with the development of the foetus in her womb, and lead to spontaneous abortion, or to the birth of a deaf, blind baby, with a hole in its heart and a tiny brain.

The chances of such a chain of misfortunes occurring are very low, but the consequences are so severe that they, and related concerns, present a strong incentive to virology to develop a completely safe vaccine. At the Armand-Frappier Institute in Montreal, a research team funded by NRC is enthusiastically pursuing this goal.

If Pasteur were to visit this branch of the Université du Québec, which as well as carrying out teaching and research, makes and sells biomedical products, he would realize that the best techniques for manufacturing vaccines have changed but little since his day. To grow, viruses need living cells, such as those of monkeys or of fertile eggs. To make anti-influenza vaccine, for instance, some 5 000 000 hen eggs are broken open every year at Armand-Frappier, and from them whole, live virus is extracted, purified and killed.

It is not with whole viruses that the researchers here are working, however, but artificial viruses: minute, nucleic acid-free spheres made of fatty substances whose surfaces bristle with proteins stripped from live viruses. They call these inventions "immunosomes".

On the entrance to the laboratory in which Dr. Armand Boudreault, a biolo-



Armand Frappier's Dr. Lise Thibodeau on immunosome vaccinations: "I would be the first to volunteer."

Le Dr Lise Thibodeau, de l'Institut Armand-Frappier, est prête à essayer le nouveau vaccin sur elle-même. (Photo: Institut Armand-Frappier)

La synthèse de nouveaux vaccins

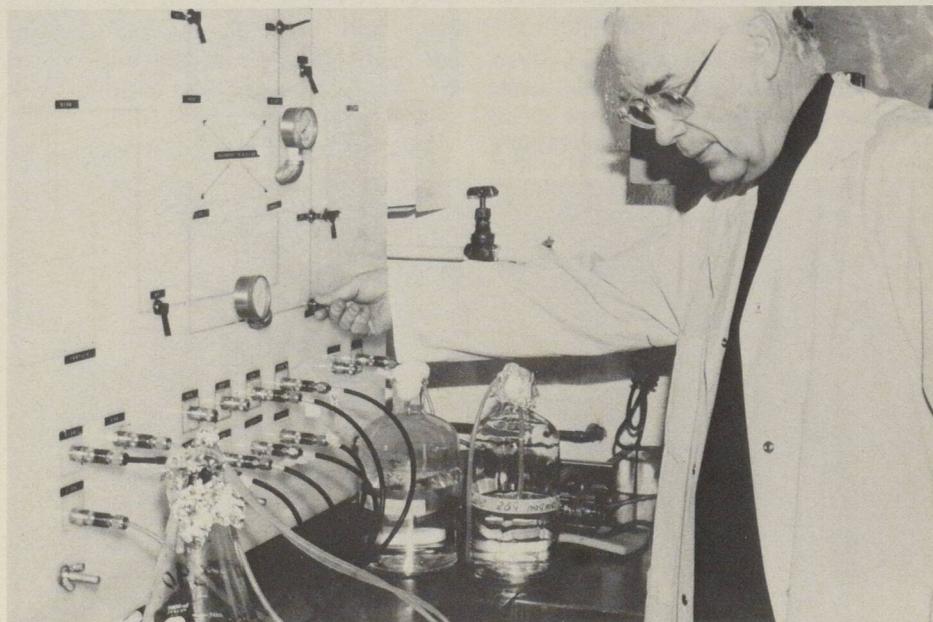
Des virus artificiels

Des chercheurs de l'Institut Armand-Frappier, à Montréal, synthétisent des virus artificiels de la grippe appelés immunosomes et pouvant être utilisés comme vaccins. Ces derniers ont l'avantage d'immuniser sans risque d'infection. Leur mise au point, financée par le Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC, constitue un important progrès en recherche immunologique.

Il n'est pas facile de nos jours de recréer la joie et l'intense surprise que suscita l'annonce de la découverte du vaccin antivariolique.

Lorsque la célèbre Lady Mary Wortley Montagu, reconnue pour sa beauté, permit à un médecin turc de scarifier le bras de son fils à l'aide d'une coquille de noix contenant des décharges de pustules varioliques, le public l'accusa de folie. Cependant, quelques décennies plus tard toute l'Europe réclamait l'adoption d'une méthode de protection similaire mais plus sûre: la vaccination. S'il faut mentionner que des ouvriers agricoles avaient déjà constaté que les personnes qui contractaient la vaccine, maladie infectieuse de la vache, développaient une immunité contre la variole, c'est à un médecin de campagne, le Dr Edward Jenner, que l'on doit la découverte ou, plus exactement, la confirmation de la valeur de cette technique. La vaccine est en fait causée par un virus morphologiquement identique à celui de la variole mais moins dangereux et, grâce au Dr Jenner, son nom latin *vaccina* devenait un terme courant au début du 19^e siècle.

Vers la fin du siècle, la vaccination ne se limitait plus à l'inoculation du virus de la vaccine pour conférer une immunité contre la variole; elle représentait plutôt une technique qui protégeait également contre d'autres maladies. Dans son laboratoire, à Paris, Louis Pasteur réussit à trouver, au prix de grandes difficultés, un moyen d'atténuer la virulence d'un liquide extrait du cerveau d'animaux atteints de rage. Son premier essai du vaccin antirabique sur un être humain lui permit de sauver des affres de cette maladie, dont les symptômes sont une soif violente accompagnée de l'horreur de l'eau et d'un délire aboutissant à la mort, un enfant sauvagement



mordu par un chien enragé. Pasteur fut qualifié avec enthousiasme de héros et de génie, mais ni lui ni personne d'autre ne pouvait comprendre le paradoxe de la vaccination, ni expliquer comment une légère infection pouvait en prévenir une plus grave.

S'il était donné à Pasteur d'assister aujourd'hui à une conférence sur la microbiologie, toutes les découvertes qui ont été faites depuis son époque ne manqueraient certainement pas de l'intriguer. Les virus, parasites extrêmement petits, sont, comme nous le savons maintenant, la cause de la variole, de la rage, de la poliomyélite et de quelque soixante autres maladies qui affectent les êtres humains. Mais, de nos jours, les pays industrialisés disposent de vaccins qui réduisent les risques de contracter ces maladies et dont on connaît bien le mode d'action.

Les virus se situent à la frontière obscure qui sépare la matière vivante de la matière inanimée. Leur comportement dépasse souvent l'entendement et il arrive même (une fois sur un million) que des virus préalablement affaiblis contenus dans certains vaccins modernes provoquent la maladie qu'ils sont censés prévenir. L'inoculation de virus morts est un procédé beaucoup plus sûr car elle ne s'accompagne jamais d'infections.

Considérons, par exemple, le virus de la rubéole. Il provoque une maladie bénigne caractérisée par l'apparition de taches rouges cutanées spectaculaires.

Le Dr Armand Boudreault, biologiste, procède à l'isolation des agents moléculaires viraux qui affectent le système de défense de l'organisme.
(Photo: Institut Armand-Frappier)

Biologist Dr. Armand Boudreault: isolating the molecular signals of viruses that alert the body's defense system.

Cette maladie étant généralement contractée pendant l'enfance, l'organisme acquiert tôt dans la vie une immunité permanente contre ce virus. Cependant, si une femme enceinte contracte cette maladie au début de sa grossesse, le virus risque d'affecter le développement du fœtus de façon désastreuse et d'entraîner un avortement spontané ou la naissance d'un enfant sourd, aveugle et atteint d'une perforation du cœur et d'une atrophie du cerveau.

La risque d'un tel enchaînement de malheurs est très faible, mais ses conséquences sont si redoutables qu'il incite les virologues à mettre au point un vaccin absolument sûr. À l'Institut Armand-Frappier, à Montréal, une équipe de chercheurs financée par le CNRC travaille avec enthousiasme à la réalisation de cet objectif.

Si Pasteur avait pu visiter cet institut, qui relève de l'Université du Québec et dont les responsabilités comprennent non seulement la dispensation de cours et l'exécution de travaux de recherche mais également la fabrication et la vente de produits biomédicaux, il se serait rendu compte que les techniques de fabrication de vaccins n'ont pas changé

gist and the senior member of the research group, works, a sign warns: "Danger. Risk of Infection." Inside, Dr. Boudreault studies influenza. He has been doing so for more than 25 years, and is in evident good health.

"A very important thing to know about any virus," he explains, "is its antigenic properties. By this we mean the surface features which the body's

immune system recognizes as marking a foreign particle."

In his laboratory Dr. Boudreault removes the projecting spikes of protein which are characteristic of the influenza virus, and which give it, when magnified a hundred-thousand fold by an electron-microscope, the bristling look of a sea urchin.

The feat of rearranging these spikes

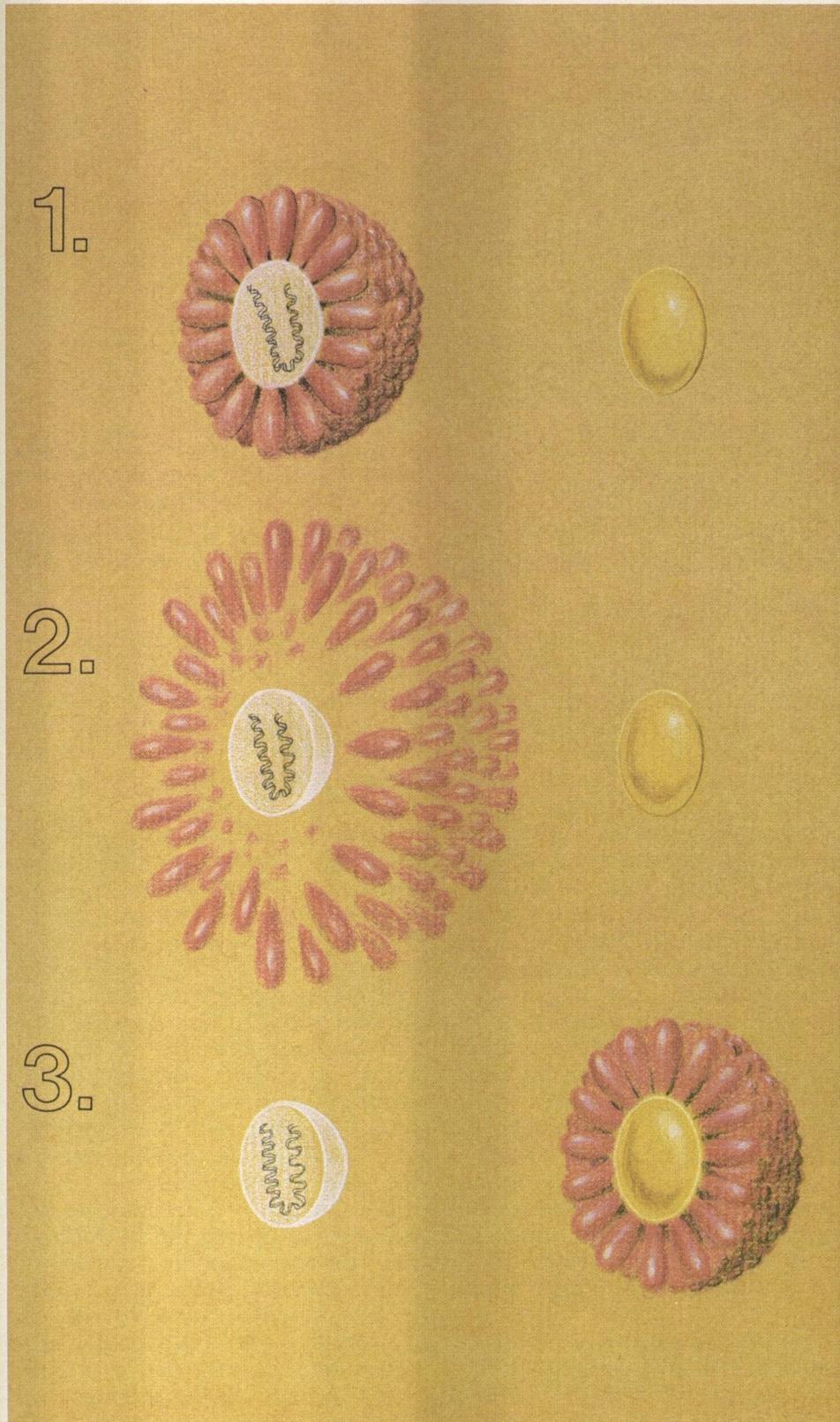
on an artificial membrane is credited to Dr. Lise Thibodeau, a young and radiantly enthusiastic molecular biologist. "We weren't the first to think of immunosomes," she explains, "but we were the first to succeed in building them."

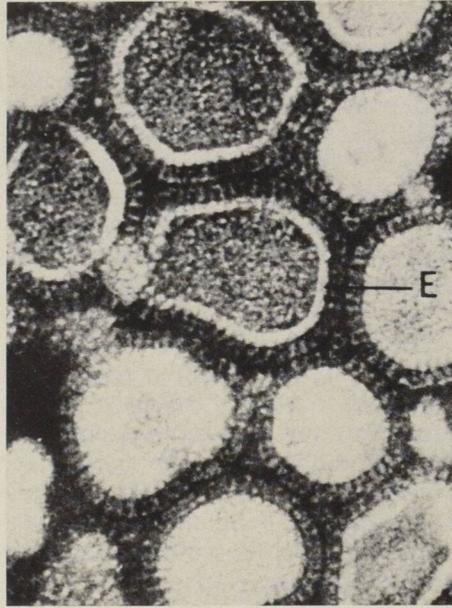
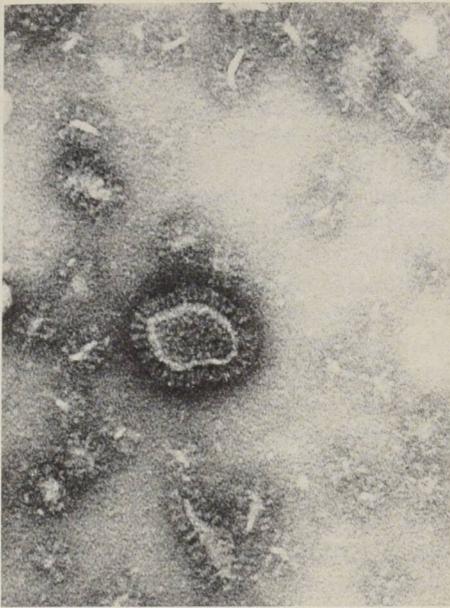
What she has discovered — and, with Dr. Boudreault, patented — is how to liberate these protein spikes, gently, one by one, from the star-like clusters which they form in a solution; and then how, using detergent, to persuade them to orient themselves around a tiny globule, like pins in a pincushion. These globules or liposomes were formed with biological molecules called phospholipids. "It's just biochemical cooking," is her offhand description of the technique with which she has already synthesized the artificial virus.

One reason why the Montreal team finds immunosomes exciting is that they can be made empty, without genes. Inside a real virus there is no room for any metabolic machinery, no room for anything except its bundle of genes. The genes are what make the virus potentially dangerous.

The influenza virus structure is very simple, just a long DNA molecule (the organism's genes) enclosed in a protein coat. Vaccines to influenza are made by inactivating the DNA, but leaving the structure of the protein coat intact; the coat stimulates the body's defence system. In rare cases the DNA retains its natural structure and the vaccine can infect the recipient with the disease. To be safe, the individual protein units of the coat are teased away, separated from the DNA, and re-grouped around a fat globule called a liposome. Thus arrayed, much as in their native condition, they function as effective vaccines, but without the potentially dangerous DNA present. (Illustration: John Bianchi)

Le virus de la grippe a une structure très simple; il est constitué d'une longue molécule d'ADN contenant les gènes et entourée d'une enveloppe protéique. Les vaccins contre la grippe sont constitués de virus dont l'ADN a été inactivé mais dont l'enveloppe est conservée intacte, et c'est cette enveloppe qui stimule le système de défense de l'organisme. Il arrive parfois que l'ADN viral conserve sa structure naturelle et les vaccins qui contiennent ce matériel génétique actif sont alors susceptibles de communiquer au sujet inoculé la maladie qu'ils sont censés prévenir. Par mesure de sécurité, les éléments protéiques individuels sont détachés de l'enveloppe contenant l'ADN puis disposés autour d'un globule lipidique, appelé liposome, de la même façon que sur le virus original. Ces globules peuvent ainsi servir à la préparation de vaccins au même titre que de vrais virus et leur utilisation ne présente aucun risque étant donné qu'ils sont exempts d'ADN potentiellement dangereux. (Illustration: John Bianchi)





Il est impossible de distinguer un virus artificiel de la grippe (photo A) de son homologue vivant (photo B). Les filaments protéiques qui entourent le virus sont visibles sur ces photomicrographies électroniques. Le diamètre des micro-organismes est de 50 nm. Le grossissement est de 150 000. (Photo: Institut Armand-Frappier)

An artificial influenza virus (photo A) cannot be distinguished from a live influenza virus (photo B). The protein spikes surrounding the virus are visible in these electron micrographs. Diameter of particles 50 nm. Magnification 150,000 x. (Photo: Institut Armand-Frappier)

de façon révolutionnaire depuis son époque. La culture de virus fait appel à l'utilisation de cellules vivantes comme, par exemple, des cellules de singes ou des oeufs fertilisés. Chaque année l'Institut Armand-Frappier utilise le contenu de quelque cinq millions d'oeufs de poules pour la production du vaccin contre la grippe et les virus cultivés dans ce milieu sont extraits, purifiés et tués.

Dans le cadre du programme financé par le CNRC, les chercheurs n'utilisent pas de vrais virus mais plutôt des virus artificiels constitués de sphères lipidiques minuscules exemptes d'acide nucléique et dont la surface est recouverte de filaments protéiques provenant de virus vivants. On les appelle des "immunosomes".

À l'entrée du laboratoire dans lequel travaille le Dr Armand Boudreault, biologiste responsable de l'équipe de chercheurs, une pancarte indique: "Danger. Risques d'infection". À l'intérieur, le Dr Boudreault étudie le virus de la grippe et, bien qu'il effectue ce même type de travail depuis plus de 25 ans, il est manifestement en bonne santé.

"Ce qu'il est important de connaître de n'importe quel virus", explique-t-il, "ce sont ses propriétés antigéniques ou, plus précisément, les caractéristiques de sa surface que le système immunitaire de l'organisme peut identifier à un corps étranger."

Dans son laboratoire, le Dr Boudreault sépare les filaments protéiques hérissés qui caractérisent le virus de la grippe et qui lui donne une apparence d'oursin quand on le grossit 100 000 fois à l'aide d'un microscope électronique à balayage.

L'implantation de ces filaments sur

une membrane artificielle est un tour de force que l'on doit au Dr Lise Thibodeau, jeune biologiste débordante d'enthousiasme. "Nous n'avons pas été les premiers à songer aux immunosomes", explique-t-elle, "mais nous avons été les premiers à en fabriquer."

Sa découverte, pour laquelle elle a pris un brevet qu'elle partage avec le Dr Boudreault, réside dans la méthode qui permet de séparer délicatement les filaments protéiques individuels des amas étoilés qu'ils forment lorsqu'ils se trouvent en solution et de les forcer, à l'aide d'un détersif, à se disposer autour d'un petit globule, tout comme des épingles sur un coussinet. Ces globules, ou liposomes, sont composés de molécules biologiques appelées phospholipides. "À première vue, ceci fait penser à de la cuisine biochimique", nous dit le Dr Thibodeau en décrivant le procédé dont elle s'est servie pour synthétiser des virus artificiels.

L'équipe de chercheurs de Montréal s'intéresse particulièrement aux immunosomes parce que, à l'inverse des vrais virus dont la cavité intérieure est entièrement occupée par des gènes susceptibles de les rendre dangereux, ils ne contiennent aucun matériel génétique.

Lorsqu'un virus de la grippe pénètre dans l'organisme par les voies respiratoires, il se loge dans la gorge ou dans les poumons puis traverse la membrane d'une cellule cible et y injecte huit segments d'ARN (acide ribonucléique). Ceux-ci modifient les fonctions de la cellule victime qui, plutôt que de synthétiser des protéines utiles, est forcée de suivre les instructions codées dans les gènes étrangers et de produire des protéines et de l'acide nucléique viraux.

C'est ainsi que les virus se reproduisent. Les milliers de nouveaux virus qui résultent de cet assaut émergent violemment de la cellule en en déchirant la membrane et sont prêts à envahir de nouvelles cellules ou à infecter d'autres personnes après avoir été disséminés dans l'environnement par l'air expiré ou par un éternuement. C'est ainsi que sont déclenchées les épidémies de grippe.

Les symptômes qui nous permettent de reconnaître cette maladie (fièvre, irritation de la gorge, maux de tête et courbatures) sont des manifestations à l'échelle humaine du combat que se livrent les agents de défense de l'organisme et les virus envahisseurs. En effet, le système immunitaire produit des anticorps de nature protéique qui s'adaptent parfaitement aux virus pour en neutraliser l'effet toxique. Le système de défense parvient habituellement à vaincre l'agresseur et la grippe est bientôt guérie. Les anticorps demeurent cependant mobilisés et protègent l'organisme contre toute infection subséquente par le même type de virus. C'est exactement ce qui se produit sous l'effet d'un vaccin; son inoculation déclenche la production d'anticorps spécifiques qui confèrent à l'organisme une résistance contre la maladie correspondante. Dans de rares cas, cependant, il arrive que le vaccin donne la maladie qu'il est censé prévenir; une personne sur quatre millions, par exemple, manifeste une paralysie symptomatique de la poliomyélite après avoir été vaccinée contre cette affection. On présume que ces personnes possèdent un système immunitaire déficient et que, ne rencontrant pas d'opposition suffisante, les virus handicapés ou affaiblis contenus dans le vaccin deviennent virulents ou infectieux.

Mais revenons plutôt à nos immunosomes. L'équipe de chercheurs en question espère que le système immunitaire de l'organisme les considérera comme des virus car, du point de vue morphologique, ils leur sont identiques mais,

When you happen to breathe in an influenza virus, it lodges in your throat or lungs, penetrates the membrane of a target cell and injects into it eight segments of RNA, or ribonucleic acid. These eight genes are hijackers; instead of manufacturing proteins for your use according to the instructions coded in your genes, the cell is forced to follow the hijackers' instruction and make viral proteins, and more viral nucleic acid. This is how viruses reproduce. Thousands of new viruses are manufactured. They emerge violently, ripping their way out through the membrane, ready to take over more of your cells or to be sprayed out when you talk or sneeze and infect other people's cells. The result: another flu epidemic.

The symptoms by which we know we are sick — the fever, the scratchy throat, the dull headache, the muscle ache — are the sum, at human scale, of

molecular-scale clashes between the body's police force and the hijackers. For the immune system produces antibodies, proteins which, like tailor-made straitjackets, exactly fit a virus, neutralizing it. The immune system usually beats the viruses; most of us soon shake off the 'flu. And since the antibodies stay around, they will foil any subsequent attempt at infection by the same kind of virus. This is precisely why a vaccine works: by triggering the production of specific antibodies it confers resistance to a specific disease. In rare cases, however, persons receiving a vaccine come down with the disease; for example, one person in every four million receiving polio vaccinations develops the paralysis symptomatic of the disease. The suspicion is that such people have deficient immunological systems and the crippled or attenuated viruses in the vaccine preparation change back to the virulent or infective form.

Which brings us back to immunosomes. To the immune system, the research team hopes, immunosomes look like viruses — in antigenic terms, they virtually are viruses — but since they have no nucleic acid, they never can be infectious. To test the idea, the team has vaccinated mice with immunosomes, and measured the quantity of antibodies produced — almost as

many, they found, as in a control group of mice inoculated with live virus vaccine. The researchers now plan to tag with radioactive markers the genes of viruses from which surface proteins (the antigenic features) are stripped for assembly into immunosomes, and thus show the absence of any viral genetic material in the immunosome. Eventually they will vaccinate human volunteers with immunosomes, and then challenge these volunteers with live viruses. "I would be the first to volunteer," says Dr. Thibodeau. "I know what immunosomes are made of."

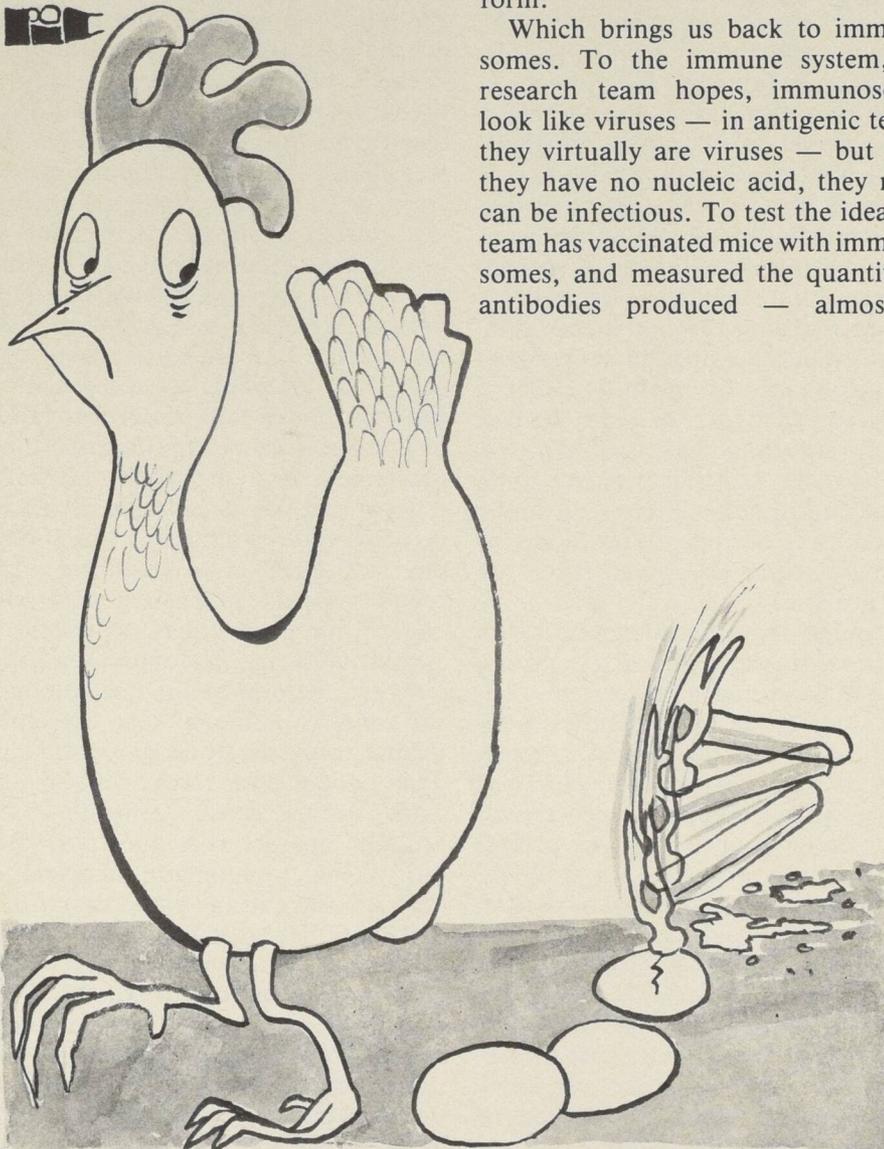
As well as safety, another reason for excitement, according to Thibodeau, is cost: cultures of live virus are becoming expensive, but immunosomes could be manufactured quite cheaply using the techniques of recombinant DNA. To splice the genes which code for the antigenic viral proteins into a bacterium's genes, and to clone unlimited numbers of this chimerical hybrid, she says, has been demonstrated feasible; already she is collaborating with colleagues in Europe to explore this application of genetic engineering.

What might the successful development of immunosomes mean? Certainly not a triumph such as the first vaccine won: the eradication of smallpox, a disease which many times came close to wiping out the human race. We were lucky with smallpox. Unlike influenza, the first virus to be successfully imitated by an immunosome, smallpox has only one strain. Chameleon-like, influenza's antigenic features drift from year to year; and, in what may be Nature's own recombinant DNA experiments, the spontaneous splicing together of animal and human virus strains, these features sometimes shift abruptly. With each new variant, a new epidemic arises. (One of the greatest catastrophes in recorded history occurred in 1918-19, when an estimated 20 million people died.) With each new epidemic, a new vaccine must be produced to protect those at risk, especially the old and frail.

No, immunosomes will not mean the eradication of influenza. They may, however, be an important step forward in two centuries of vaccine development, a safe way of protecting all of us from the baleful viruses amidst which we live. □

Séan McCutcheon

Séan McCutcheon is a free-lance writer working out of Montréal.



(Peter Pickersgill)

étant donné qu'ils ne contiennent pas d'acide nucléique, ils ne présentent pas de danger. Pour vérifier cette hypothèse, les chercheurs ont injecté des immunosomes à des souris puis déterminé la production d'anticorps que cette inoculation engendrait. Les résultats ont prouvé que le taux d'anticorps de ces souris était presque aussi élevé que celui du groupe témoin inoculé avec un vaccin contenant des virus vivants. Les chercheurs envisagent de marquer à l'aide de traceurs radioactifs les gènes des virus ayant fourni les filaments protéiques (éléments antigéniques) implantés à la surface des immunosomes afin de prouver que ces derniers ne contiennent aucun matériel génétique viral. Ils prévoient éventuellement de vacciner des volontaires avec des immunosomes puis de les exposer à des virus vivants. "Je serai la première à participer à cette expérience car je sais de quoi les immunosomes sont faits", ajoute le Dr Thibodeau.

Selon ce spécialiste, ce qui rend cette technique intéressante c'est non seulement son innocuité mais également son coût car, tandis que la culture de virus vivants devient de plus en plus coûteuse, la production d'immunosomes à l'aide de techniques de recombinaison génétique peut être réalisée à un prix très abordable. L'insertion de gènes viraux responsables de la synthèse de protéines antigéniques dans l'ADN d'une bactérie suivie du clonage à volonté de la chimère hybride obtenue s'est avérée réalisable et le Dr Thibodeau collabore déjà avec des collègues européens à l'exploitation des possibilités d'application de cette technique.

Mais, que peut-on attendre de la mise au point d'immunosomes? Certainement pas un triomphe égale à celui que le premier vaccin a remporté avec l'éradication de la variole, maladie qui a souvent menacé d'exterminer l'humanité entière. Il faut admettre que ce succès est en partie attribuable au facteur chance car le virus responsable de la variole n'existe que sous une seule forme. Le virus de la grippe, premier à être reproduit avec succès par un immunosome, manifeste par contre des caractéristiques antéogéniques qui changent d'une année à l'autre, faisant penser au caméléon. Les modifications qu'elles subissent résultent souvent de recombinaisons génétiques spontanées entre différentes souches de virus infectant les êtres humains ou les animaux et elles sont parfois radicales. L'apparition d'une nouvelle souche de virus s'accompagne de la survenue d'une nouvelle épidémie. (Une des épidémies les plus désastreuses de l'histoire à éclaté en 1918-19, faisant périr environ vingt millions de personnes.) Ainsi, aussitôt qu'une nouvelle épidémie se déclare, il est nécessaire de fabriquer un nouveau vaccin pour immuniser les personnes les plus vulnérables, notamment les personnes âgées ou de santé fragile.

Bien que les immunosomes ne puissent nous laisser espérer une éradication totale de la grippe, ils représentent peut-être un progrès important venant couronner deux siècles de recherche immunologique en nous offrant un moyen de protection sûr contre les virus qui nous menacent de toutes parts. □

Texte français: Annie Hlavats

FASTEN HERE - SCOLLER ICI



Business Reply Mail Correspondance - réponse d'affaires
No postage necessary in Canada / Se poste sans timbre au Canada

National Research Council Canada / Conseil national de recherches Canada

**OTTAWA
CANADA
K1A 0R6**

Public Information - Information publique

CUT - DÉCOUPEZ

FOLD OUT

1981/4		CHANGEMENT D'ADRESSE	
<input type="checkbox"/>	Name address printed wrongly - corrected below	<input type="checkbox"/>	Nom adresse comportant une erreur - correction ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Mailing label is a duplicate - please delete from list	<input type="checkbox"/>	L'adresse est un duplicata - Rayez-la de la liste
<input type="checkbox"/>	Please continue my mailing and add new person listed below	<input type="checkbox"/>	Gardez mon nom sur votre liste d'envoi et ajoutez-y celui du nouvel abonné ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Name below should replace that shown on label	<input type="checkbox"/>	Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending: <input type="checkbox"/> all publications <input type="checkbox"/> this publication		Ne plus envoyer vos publications <input type="checkbox"/> cette publication	
NAME - NOM			
TITLE - TITRE			
ORGANIZATION - ORGANISME			
STREET - RUE			
CITY - VILLE			
PROVINCE	POSTAL CODE	POSTAL	COUNTRY - PAYS

IS YOUR ADDRESS LABEL CORRECT?

Please make any needed corrections on form overleaf, clip along the dotted line, fold, fasten and return to us.

If you prefer to use a separate sheet, please *ensure that all the information on the label below is included* to permit us to retrieve your address record from the computer.

**VOS NOM ET ADRESSE
COMPORTENT-ILS UNE ERREUR?**

Veillez procéder aux corrections éventuelles sur le formulaire se trouvant au verso, le découper en suivant le pointillé, le plier, le sceller et nous l'envoyer.

Si vous préférez utiliser une feuille séparée, *assurez-vous de n'omettre aucun des renseignements figurant dans le bloc-adresse ci-dessous* pour que nous puissions extraire de l'ordinateur les données relatives à votre adresse.

FOLD-IN - PLIEZ VERS L'INTÉRIEUR

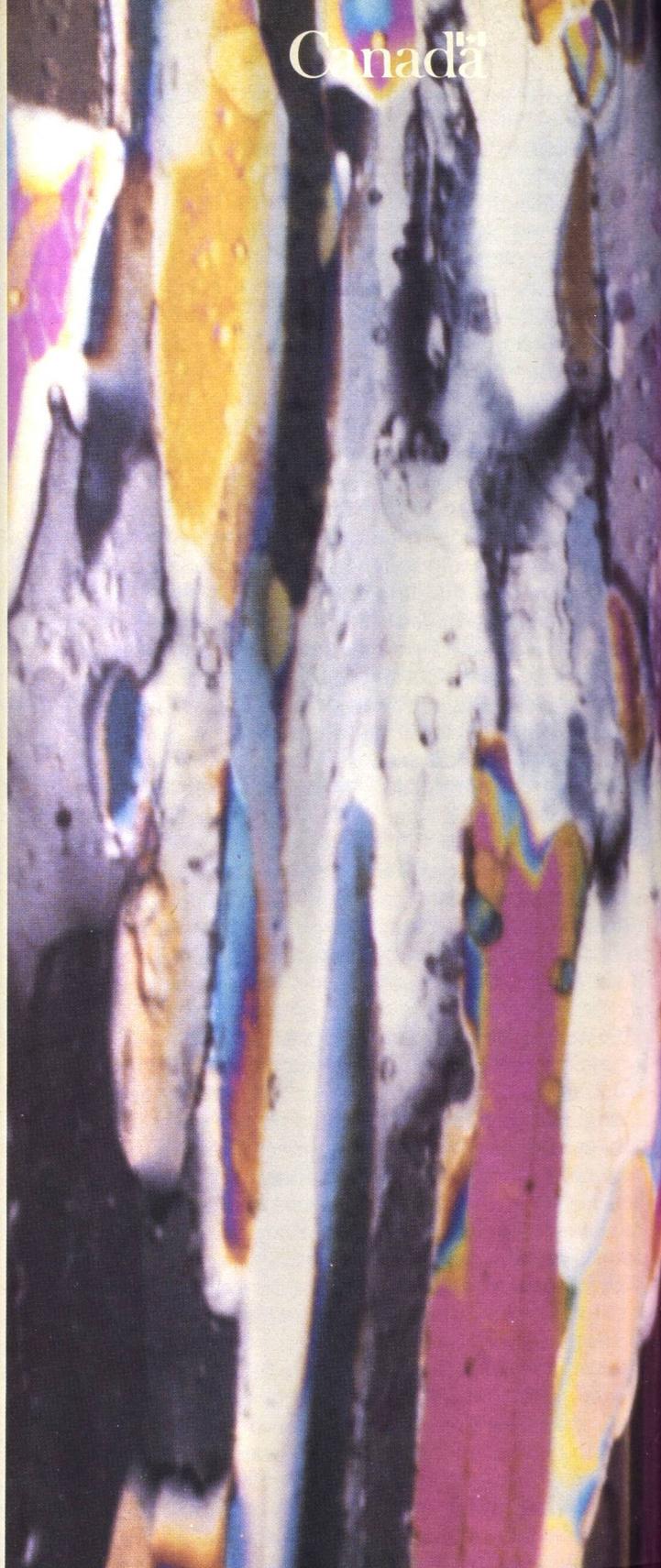
CUT - DÉCOUPEZ



National Research Council
Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

Conseil national de recherches
Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0R6 Canada	



Cover: Seen under the microscope in polarized light, these needle-like crystals of simulated sea ice take on the appearance of a beautiful abstract painting. This model ice is used in a special test chamber at the Division of Mechanical Engineering to study the effect of drifting ice sheets on various structures. (See *Briefly*, page 20). Photo: Bruce Kane, NRC

Notre couverture: Examinées au microscope sous lumière polarisée ces aiguilles cristallines de glace de mer artificielle évoquent une magnifique peinture abstraite. Cette glace artificielle est utilisée dans une enceinte d'essais spéciale à la Division de génie mécanique pour étudier les effets des nappes de glace à la dérive sur divers ouvrages. (En *bref*, page 21). Photo: Bruce Kane, CNRC