

9

québec science

UNE PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC / VOL. 11 / NO 6 / MARS 1973 / \$0.50



ESTRESS

ENERGIE DU 21^{ÈME} SIÈCLE
PORTEE DE LA MAIN? P. 9



LA SYNTHÈSE DE LA RYANODINE

N.D.L.R. Comme nous le précise M. Gilles Blouin, du Département de chimie de l'Université de Sherbrooke, la formulation de la phrase portant sur les travaux de synthèse de la ryanodine effectués par M. Pierre Deslongchamps et son équipe, parue en page 13 du numéro de janvier 1973, pouvait peut-être prêter à confusion.

C'est bien la mise au point, l'assemblage, du système pentacyclique de la ryanodine qui ne comporte que quatre étapes et non la synthèse elle-même. Cette dernière exigerait, au mieux, vingt étapes.

La phrase publiée par QUÉBEC SCIENCE se lisait comme suit: «Mais la mise au point de la synthèse est en excellente voie: elle exigera seulement quatre étapes, ce qui, compte tenu de la complexité de la molécule (laquelle comprend cinq cycles carbonés) tient presque du miracle.» (QUÉBEC SCIENCE, vol. 11, no 4, p. 13, lignes 19 à 22).

LA BAIE JAMES ET LES INDIENS

En page 33 du dernier numéro de QUÉBEC SCIENCE (vol. 11, no 4, janvier 1973), on pouvait lire un publi-reportage par l'Hydro-Québec.

Or cet article renseigne le lecteur au sujet du besoin électrique de la province et de l'aménagement de la Grande Rivière à la baie James.

Étant donné la dénonciation du projet par les Amérindiens de la région concernée et par le public conscient du tort irréremédiable engendré par ce projet et sa non-rentabilité (d'ailleurs prouvée par une étude du Parti Québécois) et étant donné l'excellence de la revue QUÉBEC SCIENCE à laquelle je suis abonné, je fus indigné par cette publicité et je demanderais à messieurs Jean-Marc Gagnon (directeur et rédacteur en chef) et Daniel Choquette (responsable de la publicité) leur appui à la cause des Amérindiens de la baie James en refusant une telle publicité de la part de l'Hydro-Québec.

Je comprends que cette revue est une entreprise de l'État (Université du Québec et ministère de l'Éducation) et que celui-ci veut protéger ses intérêts, mais ce n'est pas une raison pour accepter par un silence approbateur qu'un tel projet puisse se réaliser à la solde d'un soi-disant progrès et sur le dos de toute une ethnie subissant injustice sur injustice depuis l'arrivée de l'homme blanc en Amérique.

Espérant que mon appel sera entendu par les responsables.

Merci de votre attention.

**Roger St-Denis
Brownsburg (Argenteuil)**

LA CHIMIE...

À la suite de certains propos tenus par M. Fabien Gruhier dans un dossier paru dans Québec Science et intitulé «La chimie est morte... vive la chimie!» voici quelques remarques d'un chimiste.

Bien sûr que la chimie n'est plus ce qu'elle était, mais de là à dire qu'elle est morte! La chimie a évolué et s'est développée d'une façon particulièrement remarquable comme en font foi toutes les publications et brevets dont elle est l'objet. Ici, je suggère à M. Gruhier de consulter les Chemical Abstracts (Publication hebdomadaire américaine de chimie où sont résumés un très grand nombre de publications et brevets: de 5 000 à 7 000 titres par semaine en provenance de la plupart des pays du monde). Je rappelle également à M. Gruhier qu'il existe une revue canadienne (bimensuelle) de chimie: Canadian Journal of Chemistry qui publie en moyenne dans chaque numéro plus de trente articles originaux et principalement orientés vers la recherche fondamentale.

«Ce sont maintenant les physiciens et les biologistes qui font avancer la chimie». M. Gruhier se permet d'écrire une telle ineptie et quelques lignes plus bas, il reconnaît que de «dresser l'inventaire des seuls travaux de recherche en chimie ayant cours au Québec aurait constitué une tâche titanesque». De plus, il faudrait souligner ici que les «frontières» entre les différentes disciplines scientifiques deviennent de plus en plus imprécises et arbitraires avec leur développement respectif.

Selon M. Gruhier, la baisse des inscriptions en chimie pourrait s'expliquer par l'orientation nouvelle de la chimie «de science fondamentale à champ d'investigation technologique». À cet égard, je trouve beaucoup plus éclairée l'opinion du Dr. Jacques Desnoyers, professeur de chimie à l'Université de Sherbrooke, opinion rapportée dans ce même dossier... «La majorité des jeunes

croit encore qu'il est presque impossible de faire de la recherche appliquée dans une science fondamentale (comme la chimie) et plusieurs bons candidats se détournent d'une carrière scientifique pour cette raison». Mon expérience dans l'enseignement confirme très nettement l'opinion du Dr. Desnoyers.

Et, M. Gruhier poursuit: «Si la chimie peut fournir la solution à des problèmes pratiques, la réponse aux questions fondamentales appartient désormais à d'autres sciences». Quelle affirmation aberrante!... Il ne faut pas oublier que si la chimie peut fournir la réponse à des problèmes pratiques, c'est grâce au fait qu'elle maintient toujours une recherche fondamentale dynamique.

Plus loin, M. Gruhier laisse entendre que «la chimie perd sa raison d'être en tant que science dès que le pont est fait entre la matière inanimée et la matière organique». D'après cet énoncé et le contenu du «dossier», je pense que la définition suivante de la chimie plairait particulièrement à M. Gruhier: «La chimie est un champ d'investigation technologique qui étudie la synthèse de matières organiques et particulièrement celle du cholestérol»...

L'espace étant limité, je m'excuse auprès de M. Gruhier de ne pas lui fournir de références bibliographiques qui pourraient contribuer à accroître ses connaissances dans un domaine qu'il semble affectionner singulièrement: «la philosophie de la nature et de la vie»... ou mieux «l'influence du cholestérol sur la philosophie de la nature et de la vie»...

Par ailleurs, le reste du dossier de M. Gruhier me semble assez acceptable.

Vive la chimie!

**Jean-Marie Hachey
Professeur de chimie
Université du Québec
à Chicoutimi**

N.D.L.R. Le dossier sur la chimie, paru dans notre édition de janvier 1973, a suscité bien des réactions: en matière scientifique comme ailleurs — on aura pu le constater — l'unanimité n'existe plus depuis fort longtemps. En publiant la lettre de M. Jean-Marie Hachey, nous invitons nos lecteurs à revoir le dossier de QUÉBEC SCIENCE afin de mieux replacer les phrases extraites de leur contexte original: on constatera ainsi que notre correspondant ne prouve rien et que la multiplication des articles chimiques dans les revues spécialisées ne prouve rien non plus.

À nos lecteurs de se faire une opinion: le dossier incriminé par M. Hachey aura alors atteint son but.

JMG



Université du Québec

Québec Science

C.P. 250, Sillery, Québec 6, Québec.
Tél.: (418) 657-2426

QUÉBEC SCIENCE, magazine d'information scientifique est publié 10 fois l'an par l'Université du Québec en collaboration avec le ministère de l'Éducation.

Les articles de QUÉBEC SCIENCE sont indexés dans PÉRIODEX (Index analytique de périodiques de langue française, Centrale des bibliothèques, Ministère de l'Éducation du Québec) et dans RADAR (Répertoire analytique d'articles de revues du Québec, Bibliothèque nationale du Québec, Ministère des affaires culturelles).

Tout écrit reproduit dans le magazine n'engage que la responsabilité du signataire.

Directeur et rédacteur en chef: Jean-Marc Gagnon, **Adjoint à la rédaction:** Fabien Gruhier, **Responsable de la promotion et de la publicité:** Daniel Choquette, **Secrétaire à la rédaction:** Patricia Larouche, **Secrétaire à la diffusion:** Françoise Ferland, **Réalisation graphique:** couthuran et amis, Québec, **Impression:** l'éclaireur ltée, Beauveville, Québec, **Diffusion dans les kiosques:** les messageries dynamiques inc.

Comité de rédaction: Michel Boudoux, Daniel Choquette, Jean-Marc Fleury, Jean-Marc Gagnon, Fabien Gruhier, Solange Lapierre-Czerniecki, Gilles Paquette, Pierre Sormany, Yanick Villedieu.

Abonnements

Un an (10 numéros)

Étudiants: \$2.50

Adultes: \$3.50 (Canada), \$4 (étranger), \$10 (soutien)

Vente à l'unité: \$0.50

Correspondance

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

Membres du comité d'orientation

Claude Arseneau, Association des jeunes scientifiques

Armand Bastien, coordonnateur de chimie-physique, Commission des écoles catholiques de Montréal

André Beaudoin, Éducation et affaires étudiantes, ministère de l'Éducation

Paul Bélec, professeur, Centre de recherches urbaines et régionales (INRS), Université du Québec

Louis Berlinguet, vice-président à la recherche, Université du Québec

Roger Blais, professeur de physique, CEGEP de Sainte-Foy

Claude Boucher, professeur de mathématiques, Université de Sherbrooke

Maurice Brossard, vice-recteur à l'enseignement et à la recherche, Université du Québec à Montréal

Yvan Chassé, professeur, Département de physique, Université Laval

Pierre Dansereau, directeur, centre de recherche écologique de Montréal (CREM)

Jacques Desnoyers, professeur de chimie, Université de Sherbrooke

Guy Dufresne, directeur des projets spéciaux, Consolidated Bathurst

Pierre Dumas, chercheur, Société Radio-Canada

André Fournier, responsable de l'enseignement des sciences au secondaire, ministère de l'Éducation

Serge Fradette, étudiant, Université de Montréal

Jean-Claude Gauthier, étudiant, Collège Bourget, Rigaud

Gordin Kaplan, professeur de biologie, Université d'Ottawa

Paul Laurent, Service d'information, relations publiques, Hydro-Québec

Guy Rocher, professeur de sociologie, Université de Montréal

Jacques Sicotte, étudiant, CEGEP Bois de Boulogne

Guy Simard, étudiant, CEGEP du Vieux-Montréal

© TOUS DROITS RÉSERVÉS 1973 — Université du Québec — Dépôt légal Bibliothèque nationale du Québec et Bibliothèque nationale du Canada, premier trimestre 1973 — Imprimé au Canada.

Courrier de deuxième classe, enregistrement no 1052
PORT DE RETOUR GARANTI
Québec Science, C.P. 250, Sillery, Québec 6, Québec.

québec
science

UNE PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



La couverture a été réalisée à partir d'une photo de John Oldenkamp

© Psychology Today, avril 1968, CRM, INC.

SOMMAIRE

- 2 Vous dites?
- 4 Un mal nécessaire
CE STRESS QUI NOUS PROTÈGE,
par Solange L. Czerniecki
Le bilan des travaux menés par le Dr Hans Selye à l'Institut de médecine et de chirurgie expérimentales de Montréal.
- 9 L'ÉNERGIE DU 21^{ÈME} SIÈCLE À PORTÉE DE LA MAIN,
un dossier de Pierre Sormany
Les savants du monde entier se penchent sur le problème du contrôle de la fusion nucléaire.
- Des bouteilles...
 - ... aux beignets magnétiques
 - Les lasers à la rescousse
 - Un fossé entre la théorie et la pratique
 - Le Québec, le Canada et la fusion
- 20 LA GUÉRISON DES POMMES DE TERRE,
par Lisa Martel
Les pommes de terre canadiennes sans virus auront accès aux marchés européens.
- 22 QUAND LE PLOMB REMPLACE L'ARGENT,
par James David
Comment on économisera les 100 tonnes d'argent annuellement jetées à la mer pour détecter les sous-marins.
- 24 À PROPOS DE L'ALCHIMIE,
par Michel Boudoux
«L'expérience du mois» devient philosophe.
- 28 LES MOIRÉS,
par Gilles Paquette
Un curieux phénomène optique utilisé par les scientifiques depuis plus d'un siècle et par les artistes depuis toujours.
- 31 LES NOUVEAUX INGÉNIEURS
- 32 Flash,
L'actualité scientifique à la portée de tous.
- 34 Voulez-vous lire?
- 35 Échec et maths, par Claude Boucher

ce stress qui nous protège

par Solange L. Czerniecki

«Il a l'air malade», expression courante; tout le monde peut constater une telle chose. Mais malade de quoi? Impossible à dire du premier coup d'oeil. C'est pourquoi votre médecin ne se base pas sur une observation aussi peu spécifique pour vous déclarer malade. Une telle observation a pourtant sa valeur, puisque c'est ainsi que le Dr Hans Selye, en 1936, énonçait un concept nouveau: le stress.



Le Dr Hans Selye Photo: N. Mukay

Certes, au tout début de sa carrière, le Dr Selye avait déjà songé à utiliser à des fins médicales cette constatation, mais on lui rétorqua alors qu'il s'agissait d'observations beaucoup trop générales pour étayer un diagnostic. En 1936, chercheur à McGill, il revint à son idée en injectant à des rats des extraits d'hormones: les seuls effets obtenus, non spécifiques, étaient toujours semblables, quelles que soient les substances employées. Il notait en effet une stimulation des glandes surrénales, des ulcères gastro-intestinaux et une diminution du thymus et des ganglions lymphatiques lui rappelant les fièvres, langues chargées, douleurs diffuses, pertes d'appétit et troubles intestinaux de ses premiers patients qui souffraient tous de maladies différentes mais qui tous avaient ce même «air malade».

Ceci devait donner naissance à un vaste champ d'investigation, dont l'exploration, poursuivie aujourd'hui, s'avère extraordinairement féconde du double point de vue thérapeutique et préventif.

L'Institut de médecine et de chirurgie expérimentales que dirige à Montréal le Dr Hans Selye s'est consacré jusqu'en 1960 à de multiples études basées sur cette grande découverte: le stress. Beaucoup de mécanismes jusqu'alors inconnus en physiologie furent mis à jour. Depuis 1960, l'Institut s'est orienté vers les maladies pluricausales. Il s'agit d'une idée développée durant les recherches sur le stress. Ces maladies pluricausales sont nombreuses et bien connues (tuberculose ou maladies thrombo-cardiaques), mais on a longtemps cru qu'un seul germe était en jeu, ou en tout cas une seule cause (manque de vitamine, manque d'un enzyme, déséquilibre hormonal, etc.). La notion de maladie pluricausale a permis de rendre compte des nombreux facteurs qui, souvent, interviennent dans l'apparition d'une maladie. À partir de 1970, un autre sujet fut plus particulièrement exploité, qui lui aussi découle d'études antérieures sur le stress: l'accroissement de la résistance par les substances catatoxiques. Ces substances assurent la détoxification* de l'organisme et sont donc d'une application intéressante.

Enfin, tout dernièrement, le Dr Hans Selye a formulé un nouveau concept: l'hétérostasie, s'opposant à l'homéostasie*, concept beaucoup plus ancien.

Cela explique la réputation mondiale du Dr Hans Selye et de son Institut, où des collaborateurs de tous les pays apportent chaque année des idées nouvelles et s'initient à des méthodes inédites. Le mérite du Dr Selye vient sans doute de sa grande capacité de travail, mais plus encore de ses aptitudes à la synthèse et à l'organisation: l'Institut constitue en fait un vrai modèle du genre. Chaque fait est noté et leur vue d'ensemble permet de fructueuses recherches dans de nouvelles directions.

En effet, l'Institut produit des modèles expérimentaux de maladies où l'on essaie de contrôler les différents paramètres impliqués. Les formes de réactions étudiées peuvent s'appliquer aux divers maux qui accablent l'homme; c'est alors aux pharmacologues et aux cliniciens de perfectionner les produits et de voir à leur application. L'Institut contrôle donc la recherche de base, fait la synthèse des faits nouveaux, mais laisse l'application à d'autres spécialistes.

10 000 volumes pour étudier le stress

O QUÉBEC SCIENCE rencontrait le Dr Hans Selye et toute son équipe il y a quelque temps. Une visite permet de voir qu'il s'agit d'une véritable entreprise: deux étages où l'on trouve tout ce dont l'Institut a besoin.

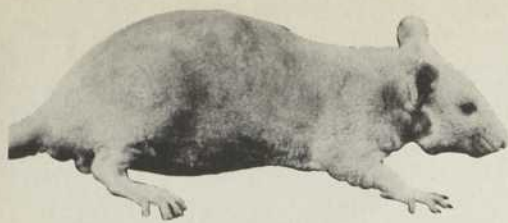
D'abord une imposante bibliothèque dont l'origine mérite d'être évoquée: il y a plus d'un siècle, un professeur d'endocrinologie de Vienne en commençait la collection qui, s'enrichissant au cours des ans, passait de professeur à disciple jusqu'à ce que le Dr H. Selye la reçoive. Elle compte actuellement plus de 780 000 publications, dont 10 000 volumes.

L'Institut possède en outre son propre système de documentation, de secrétariat et de rédaction. Ceci s'imposait vu le nombre impressionnant de livres ou d'articles publiés (plus de 2 000), et le grand nombre de langues dans lesquelles on travaille (18).

Comme le dit lui-même le découvreur de ce mal, ceux qui se sentent toujours fatigués ou épuisés comprendront facilement ce qu'est le stress. Le mot, absolument intraduisible, est associé généralement à l'état de tension et d'épuisement qui suit tout effort soutenu. Cependant malgré le sens négatif qu'on lui donne, le stress a des aspects positifs. C'est en effet le moyen dont nous disposons pour nous adapter à toutes sortes de situations. En sport, par exemple, le stress peut avoir une action bénéfique qui permet de soutenir un effort et de dépasser sa fatigue. Les réactions physiologiques constitutives du stress expliquent le pourquoi et le comment de ces aspects qui semblent s'opposer.

Le Dr Hans Selye définit le stress comme le taux d'usure de l'organisme face à la vie: «the wear and tear of life».

Le stress est donc fonction de la vie, et l'accompagne dans chacune de ses activités, mais dépend beaucoup du rythme imposé à l'organisme. Cette réaction de stress se déroule en trois phases: la réaction d'alarme, où l'organisme se met en défensive et fait appel à tous ses moyens pour répondre à l'agression; la réaction de résistance où l'organisme a rassemblé ses forces et fait face à l'agression; la réaction d'épuisement où la résistance va diminuant et qui éventuellement amène la mort.



*Le syndrome de la progérie:
à gauche: prévention du syndrome
général d'adaptation (SGA), qui peut
s'appliquer à tous les cas. L'intensité
de chacune des phases peut varier selon
que l'agression est plus ou moins forte
et que l'organisme réagit plus ou moins
bien: ces réactions sont fonction de
certaines hormones. L'agression, qui
peut tout aussi bien être une valise très
lourde, une mauvaise nouvelle, un bon-
jour trop froid du patron ou encore
une grippe, stimule immédiatement les
glandes surrénales qui augmentent de
volume. Des expériences ont montré que
cet ordre passe d'abord à l'hypophyse.
Le rôle des surrénales est de toute pre-
mière importance: un animal sans surré-
nales ne réagit pas au stress et sa résis-
tance est très diminuée; il peut même
en mourir.*



Une réaction de défense ○ Ces trois phases d'adaptation, Hans Selye les réunit en une notion dite syndrome général d'adaptation (SGA), qui peut s'appliquer à tous les cas. L'intensité de chacune des phases peut varier selon que l'agression est plus ou moins forte et que l'organisme réagit plus ou moins bien: ces réactions sont fonction de certaines hormones. L'agression, qui peut tout aussi bien être une valise très lourde, une mauvaise nouvelle, un bonjour trop froid du patron ou encore une grippe, stimule immédiatement les glandes surrénales qui augmentent de volume. Des expériences ont montré que cet ordre passe d'abord à l'hypophyse. Le rôle des surrénales est de toute première importance: un animal sans surrénales ne réagit pas au stress et sa résistance est très diminuée; il peut même en mourir.

Entre la phase d'alarme et celle d'épuisement, l'organisme se trouve à son mieux: l'agresseur est devenu moins nocif du fait de la résistance accrue de l'animal, et l'organisme peut fonctionner parfaitement. Il a été prouvé que cette résistance exceptionnelle était directement reliée au choc préalablement subi. En effet, un animal non préparé et soumis aux mêmes doses d'agents toxiques meurt en quelques heures.

Le stress, tel que défini en médecine, fait appel aux deux faits ci-dessus: lésion et réponse où l'organisme subit un dommage de la part d'un agent toxique et réagit à ce dommage. Cette réaction a été schématisée dans le concept de syndrome général d'adaptation. Quel que soit l'agent nocif, il y a alarme et résistance puis, dans certains cas, épuisement et mort. Il faut répéter que ces trois phases correspondent à des changements physiologiques toujours identiques, quel que soit l'agent stressant responsable.

Comme déjà dit, l'un des premiers changements induits par le stress est la stimulation des surrénales. De plus, l'animal à qui ces glandes ont été enlevées n'offrira aucune résistance et mourra dans la journée. Cependant les lésions gastriques apparaîtront de toute façon ce qui implique que ce changement dû à un agent stressant n'est pas lié à la stimulation des glandes surrénales.

Tout commence à l'hypophyse ○ Il fallait déterminer quel facteur surréalien était en jeu; traitant des animaux surrénalectomisés avec des extraits de glandes surrénales, on vit qu'il s'agissait d'hormones de type cortisone, appelées hormones glucocorticoïdes ou corticoïdes antiphlogistiques, c'est-à-dire des hormones combattant l'inflammation. Puisqu'on connaissait déjà la relation entre l'hypophyse et les surrénales, on chercha à savoir ce qui se passerait si l'on enlevait l'hypophyse: les surrénales subissent alors une atrophie qu'elles conservent ensuite, même après exposition à un agent stressant. L'hypophyse était donc touchée par le stress avant les surrénales. Mais de multiples fonctions siègent dans l'hypophyse et il fallait connaître le principe actif en cause: il s'agissait de l'ACTH (hormone corticotrope).

Ainsi le mécanisme du syndrome général d'adaptation était élucidé, au moins en partie, car on pense que d'autres glandes endocrines telles le pancréas et les gonades pourraient aussi intervenir.

Le syndrome général d'adaptation se compose de réactions en chaîne comme c'est la règle avec les hormones. On a pu montrer que les hormones anti-phlogistiques émises par les surrénales avaient une action sur le thymus et les ganglions lymphatiques, produisant une atrophie du système thymico-lymphatique accompagnée d'éosinopénie c'est-à-dire d'une diminution du nombre de certains leucocytes du sang. Ce fait est si caractéristique de l'attaque par un agent stressant qu'il est utilisé en clinique pour déceler un stress.

Les réactions en chaîne peuvent se résumer ainsi: stress à l'hypothalamus, à l'hypophyse, à la surrénale et aux autres organes, thymus, ganglion lymphatique, estomac, intestin, amenant finalement une perte de poids.

L'usure de la machine humaine ○ Même si toutes les réactions du stress sont essentiellement défensives et permettent à l'organisme de s'adapter aux multiples circonstances de la vie, elles peuvent elles-mêmes être source de maladies lorsque les réactions sont insuffisantes, excessives ou défectueuses. Elles ont été appelées maladies d'adaptation car elles sont davantage un dérèglement de l'organisme qu'un effet directement dommageable. Les défauts d'adaptation jouent un rôle important dans les troubles nerveux et émotionnels, haute pression, rhumatisme, allergie, troubles cardio-vasculaires et rénaux.

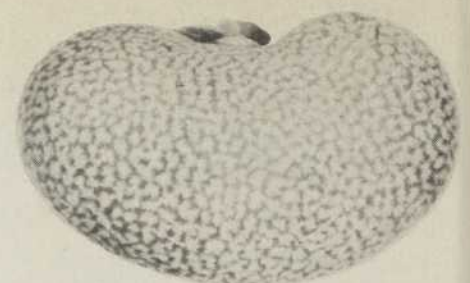
Tous ces exemples semblent prouver que le stress devrait être évité et qu'il est malfaisant: il n'en est rien. Le stress étant le taux d'usure de l'organisme face à la vie, il est nécessaire et inévitable. Toute machine s'use à la longue, il s'agit de l'utiliser de la façon la plus efficace possible, pas trop vite pour ne pas la finir avant qu'elle ne soit amortie, pas trop lentement pour qu'elle ne s'enraille avant d'avoir donné plein rendement. On pourrait ici se mettre à analyser notre mode de vie actuel pour comprendre comment il se fait que les maladies cardiaques et thrombo-vasculaires deviennent si fréquentes. En effet, d'après *Fortune* (janvier 1972) les maladies cardiovasculaires restent la cause première de décès des moins de 75 ans: 266 000 par rapport à 86 000 par accidents automobiles, soit 3 fois plus. En outre, 70% de ces «cardiaques» sont des hommes. Alors, comme le dit le Dr Hans Selye lui-même, devenons philosophe et luttons pour le but le plus élevé qu'il nous est possible d'atteindre mais n'usons pas en vain de notre résistance.

Le syndrome général d'adaptation ayant donné un modèle de travail, de multiples expériences furent menées sur des animaux de laboratoire. L'on put ainsi reproduire les crises cardiaques fatales à l'homme chez le rat: il suffisait de traiter préalablement les rats aux corticoïdes et aux sels de sodium. Ensuite la simple exposition au stress d'un exercice musculaire forcé, du froid ou même de la chaleur, produit des accidents cardiaques qui tuent l'animal.

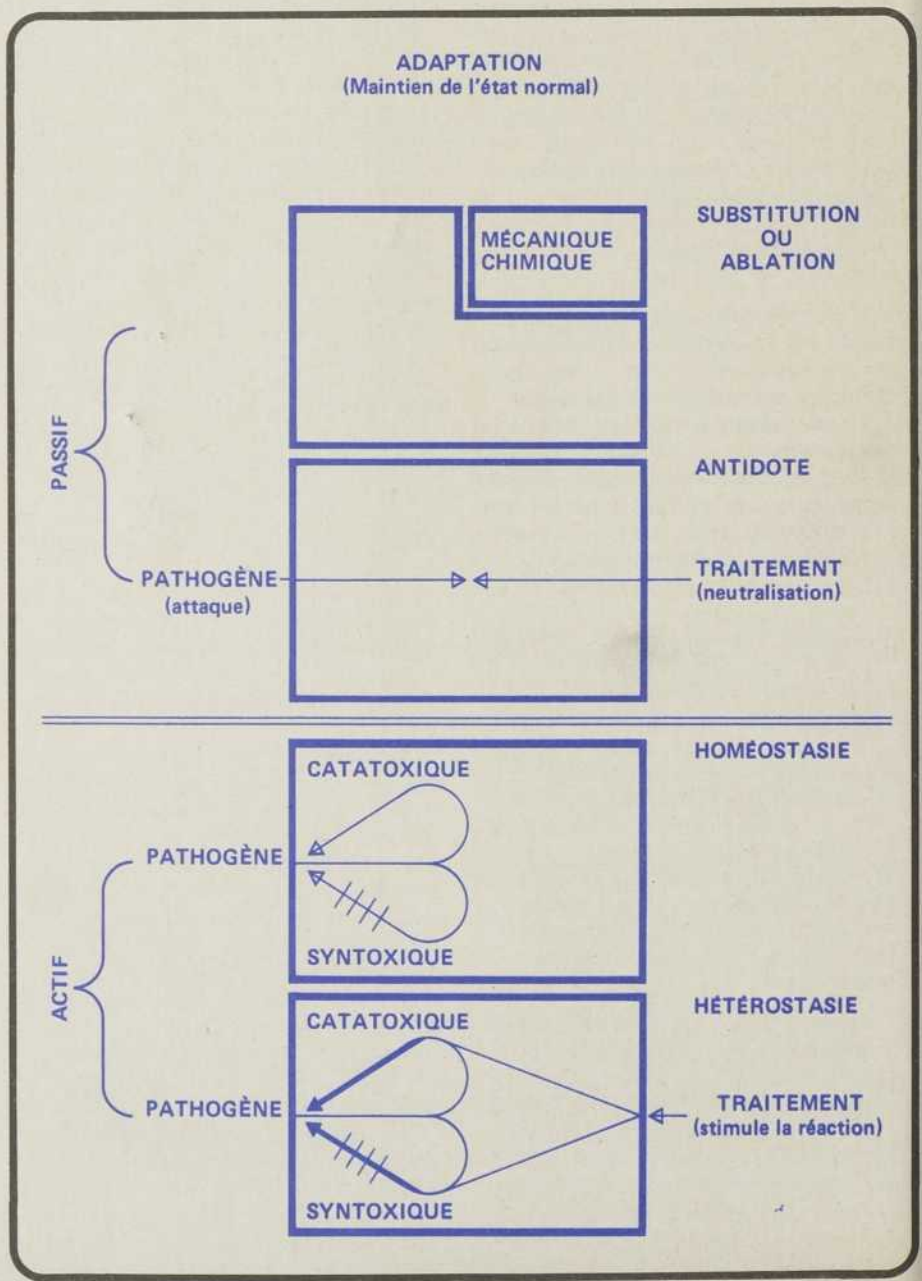
«Chi va piano va sano» ○ Continuant dans cette veine, on en est venu à découvrir que le stress pouvait inhiber une réaction d'inflammation ou une réaction allergique. Dans ce cas, il semble que l'augmentation de la sécrétion de corticoïdes antiinflammatoires en soit la cause. De même, on s'est aperçu qu'un traitement aux sels de magnésium et aux sels de potassium pouvait prévenir les accidents cardiaques dus à un stress. D'autre part, un prétraitement au stress protège les animaux contre un second stress violent (froid, chaud, effort) qui autrement les ferait mourir d'une crise cardiaque. En d'autres mots et assez curieusement, le stress semble protéger contre le stress, en autant que le premier stress serve d'adaptation au second, celui-là beaucoup plus violent et normalement fatal (ex: un homme de 45 pellete sa cour après la première tempête; il en meurt de crise cardiaque car il n'a fourni aucun effort physique préalable qui pourrait le protéger des réactions à un effort trop violent et qu'il ne peut soutenir. Cf schéma du syndrome général d'adaptation — alarme-résistance-épuisement). En fait, lorsqu'on conseille à cet homme gras et déjà fatigué de faire du sport, il serait bon de lui expliquer que l'effort physique le protégera des crises cardiaques en autant qu'il s'agit d'un entraînement progressif et non d'un effort violent et inhabituel. C'est donc une question de mesure. «Chi va piano, va sano.»

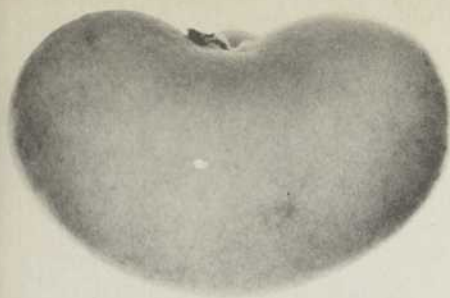
Toutes ces découvertes sont d'un intérêt capital en médecine, mais la liste en est fort longue et peut-être un peu ardue pour le néophyte. Voyons les applications les plus frappantes.

Au cours d'une expérience, on s'aperçoit que les rats femelles sont plus sensibles à l'anesthésie que les mâles. Il faut donc conclure que les hormones mâles ont le pouvoir de réduire l'activité d'un anesthésique. À partir de ces faits, toute une recherche s'amorce qui amènera à la découverte des substances catatoxiques, celles qui nous protègent des poisons. En effet, ces substances ont le pouvoir de détruire les agents pathogènes et autres toxiques. (Noter qu'en langage médical, toxique s'applique à toute substance étrangère à l'organisme — artificielle. Ce terme peut donc s'appliquer à un anesthésique).



Action d'un catatoxique: a) néphrocalcinose produite par le chlorure de mercure, b) prévention par la spironolactone.





Prévenir les empoisonnements ○ Donc à la suite de cette recherche sur les hormones, on se rendit compte que certains stéroïdes catatoxiques (de kata: contre) inactivent les substances toxiques en accélérant leur processus de dégradation métabolique et de ce fait, augmentent la résistance de l'organisme. Certains de ces stéroïdes (tels la spironolactone et l'éthylestrérol) peuvent même supprimer totalement l'anesthésie, l'intoxication due à la vitamine D, l'empoisonnement produit par le mercure, la cycloheximine, la colchicine et autres maladies dues à une intoxication.

Ce travail expérimental suggère que ces stéroïdes dont le plus actif est la PCN, peuvent trouver une application clinique non seulement contre l'intoxication, contre des drogues (ex. les composés de la digitale, les barbiturates et les hormones) et contre les polluants de l'environnement (ex. carcinogènes, pesticides et dérivés du mercure), mais aussi contre des maladies spontanées causées par une intoxication endogène (jaunisse due à un taux élevé de bilirubine, la PCN peut induire des enzymes capables de coupler la bilirubine et amener la guérison.

Actuellement, les recherches s'orientent davantage sur les catatoxique pouvant agir dans les maladies hépatiques. Étant donné que tout peut être considéré comme toxique, il fallait déterminer un sujet majeur, car on a dénombré plus de 200 stéroïdes catatoxiques. D'après les applications vues plus haut (mercure, et autres empoisonnements), ces substances présentent de plus en plus d'intérêt de nos jours.

Claude Bernard avait raison ○ C'est au cours des études sur le stress que ce concept fut élaboré, lorsqu'on nota qu'un même agent non spécifique pouvait ou n'amener aucune maladie ou produire des lésions tout à fait particulières, et cela dépendant de facteurs conditionnants.

Ce nouveau concept assume les facteurs multiples qui rentrent en ligne de compte dans nombre de maladies. Il

faut cependant se rappeler qu'on cherchait depuis longtemps dans cette veine puisque Pasteur, sur son lit de mort, disait: «Claude Bernard avait raison: le microbe n'est rien, c'est le terrain qui compte.» À l'Institut, des recherches en ce sens se poursuivent depuis 1960. Il a été démontré que certains agents sensibilisants préparent l'organisme de façon à ce qu'il réponde à des agents provocateurs, qui eux amèneront la réaction prévue, c'est-à-dire la maladie. Tout ceci a pu être vérifié sur les animaux.

Ces maladies modèles aideront à la compréhension: si on applique un stress à un animal en même temps qu'une diète spéciale, l'animal meurt de nécrose cardiaque; la diète seule n'a pas d'effet tel et le stress seul non plus. Ce cas illustre encore le génie du Dr Hans Selye. Dans une série d'expériences aucune-ment reliées aux maladies cardiaques, il s'aperçut que des rats, après traitement au sel de sodium et aux corticoïdes, étaient morts. Vouant trouver la cause de cette mort, il pratiqua une autopsie et relève de nombreux sites de nécrose cardiaque. Or jamais auparavant ce traitement n'avait eu un tel effet; il avait donc dû être modifié d'une façon ou d'une autre. Des recherches parmi le personnel permirent de découvrir que la négligence d'un employé avait privé ces animaux d'eau. D'où la conclusion que la combinaison des facteurs «traitement» (corticoïdes + sel) et stress (soif) avait causé la maladie cardiaque.

D'autres maladies ont ainsi été observées en laboratoire, là où il est plus facile de contrôler tous les paramètres. Des réactions d'inflammation et la calciphylaxie sont des maladies pluricausales. L'Institut en a dénombré plusieurs parmi les maladies très courantes, telles l'hypertension ou les ulcères d'estomac ou encore le psoriasis (maladie de la peau et du cuir chevelu).

Tel qu'illustré, le syndrome de la progérie est une autre de ces maladies pluricausales dont les effets ressemblent fort à ceux de la vieillesse. Ce syndrome est produit par un dérivé de la vitamine D (le DHT). Le rat est traité chroniquement à ce dérivé et une artériosclérose générale en résulte, accompagnée d'une calcification des tissus mous, d'une perte de poids, d'une atrophie du foie, des reins, de l'appareil thymico-lymphatique, des tissus adipeux et conjonctif, formation de rides et anomalies dentaires. Telles sont précisément les caractéristiques des rats séniles, et d'ailleurs la longévité des rats traités au DHT est très réduite. D'autre part, le rat qui reçoit et le DHT et le stéroïde catatoxique ethynylstérol n'aura pas ces effets, ni celui qui reçoit des composés ferreux en plus du DHT.

Une belle peau toute neuve ○ Une autre maladie pluricausale: la calciphylaxie. Il s'agit d'une maladie expérimentale où l'agent sensibilisant peut être, par exemple, le DHT ou un extrait parathyroïdien. L'on administre alors un provocateur qui va déclencher la calcification. Selon l'affinité du provocateur, tel ou tel organe sera touché. Ainsi, le DHT et l'albumine peuvent produire une mue cutanée: on peut voir, au bout de 24 jours, le rat sortir de sa vieille peau recouvert d'une nouvelle. On peut aussi, après avoir sensibilisé le rat à des doses tout à fait inoffensives de vitamine D, lui raser les poils de la tête: l'on verra alors toute cette région se calcifier. La vitamine D a donc agi comme provocateur prophylactique. Le traumatisme ne fait que déclencher le phénomène. Le schéma des maladies pluricausales se résume ainsi: l'agent sensibilisateur amène une prédisposition cachée pour une certaine forme de réaction (inflammation, nécrose, calcification...); l'agent provocateur démasque cette prédisposition permettant à la maladie de se manifester. La localisation de la maladie dépend du provocateur.

Des études sur l'inflammation sont aussi poursuivies à l'Institut. Ce sujet a été approfondi. Car ses relations sont très étroites avec les maladies pluricausales: plusieurs des agents capables de produire des réactions d'oedème, par exemple, peuvent aussi être sensibilisateur ou provocateur. De plus, au cours de ces recherches, on a pu mettre au point un test de toute première importance: la technique de la poche de granulome, qui permet d'analyser les effets du stress sur l'inflammation et qui est maintenant utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour tester les propriétés anti- ou proinflammatoires de nouvelles drogues. Après avoir anesthésié un rat, on injecte de l'air sous la peau du dos à l'aide d'une seringue: la peau se décolle alors et une poche se forme; l'on ajoute ensuite dans cette bulle d'air une petite quantité d'huile de croton (irritant). Il se produit une réaction inflammatoire caractérisée par un épaississement du tissu au contact de l'irritant, de même que l'accumulation de liquide dans la cavité de la poche.



Triade typique de la réaction d'alarme: a) surrénales, b) thymus, c) surface interne de l'estomac. Les organes de gauche sont ceux d'un rat normal; ceux de droite proviennent d'un rat exposé au stress psychologique de l'immobilisation forcée.

Auparavant on ne possédait pas de paramètre mesurable pour arriver à déterminer avec suffisamment de précision quel était l'effet anti-inflammatoire de tel ou tel produit. Dans le cas de la poche de granulome, il est aisé de mesurer la quantité d'exsudat présente, c'est-à-dire combien de liquide y a été accumulé en réponse à l'irritant. Ainsi, en appliquant de la cortisone, substance anti-inflammatoire, on réduit l'inflammation. Or, un stress peut avoir des effets jusqu'à 100 fois plus prononcés qu'une dose de cortisone: un stress violent amène la décharge de doses énormes de cortisone, ce qui a pour résultat de réduire l'inflammation, donc de permettre le mouvement et de diminuer la douleur, par exemple dans le cas de maladies rhumatismales chroniques où la thérapie par les glucocorticoïdes a été très utilisée.

Le fil conducteur ○ Après avoir mentionné tant de travaux si divers, il est peut-être difficile de trouver le fil qui les relie tous. Il existe pourtant une autre idée du Dr Hans Selye, l'hétérostasie, qui en donne une excellente illustration.

Tout d'abord, qu'est-ce que l'homéostasie? L'homéostasie est cette tendance qu'a l'organisme à maintenir son équilibre et à le rétablir lorsqu'il a été dérangé. C'est le jeu normal des fonctions du milieu intérieur. L'homéostasie dépend des divers moyens de réponse que possède l'organisme: il s'agit de défenses physiologiques et endogènes qui le ramènent à l'état habituel. Très souvent, on aide l'organisme, soit par des moyens mécaniques ou chimiques, soit par un traitement antidote qui contrera l'action du pathogène. L'homéostasie permet à l'organisme d'atteindre un niveau de résistance plus élevé.

L'hétérostasie, par contre, amène une résistance encore beaucoup plus élevée grâce à une intervention externe. Comme le montre le schéma, le concept d'hétérostasie fait appel à des réactions internes induites par des agents extérieurs naturels ou artificiels. Elle n'est donc pas concernée par les moyens thérapeutiques agissant directement au lieu de stimuler les capacités d'adaptation que l'organisme possède en propre. Par exemple, les antidotes — agents chimiques qui inactivent les poisons ou agents antimicrobiens — s'attaquent directement aux pathogènes et n'ont donc rien à voir avec l'hétérostasie. Les prothèses chimiques ou mécaniques (remplacement d'un rein, vitamine C pour le scorbut et corticoïdes pour la maladie d'Addison) sont tout aussi exclues que l'ablation d'un membre ou d'un tissu malade. Ceux-là sont des moyens supplétifs de l'homéostasie.

L'hétérostasie implique une hausse de la résistance normale de l'organisme par l'intermédiaire de ses propres moyens de défense. Ainsi donc, il deviendra possible de protéger celui qui se rend dans un milieu d'épidémie. L'hétérostasie rendra l'organisme moins susceptible de succomber aux toxiques qui le guettent.

Cette explication du tout nouveau concept élaboré par le Dr Hans Selye fait appel à toutes les notions dont nous parlions ci-haut: l'adaptation naturelle du corps (cf le stress) et l'augmentation de la résistance par les catatoxiques aux multiples possibilités; les recherches menées à l'Institut s'enchaînent et se complètent tout en se diversifiant, fournissant les réponses à une foule de questions.

Pas à toutes cependant. Citons le Dr Hans Selye: «Je souhaite que de jeunes chercheurs entreprennent de dresser un inventaire, aussi exhaustif que possible, des agents stressants physiques et mentaux qui affectent l'homme » et encore «Il faut inciter les jeunes à s'orienter très tôt vers la recherche, domaine dans lequel une grande part devrait être laissée à l'intuition».

Ainsi le simple fait de constater que «quelqu'un a l'air malade» peut-il servir de point de départ à de fructueuses recherches.

Qui l'eût cru?

LES MOTS

Détoxication: Ensemble de processus biologiques qui aboutissent à l'élimination, par l'organisme, des toxiques résultant de divers métabolismes.

Homéostasie: Tendance que présentent les organismes à la stabilité des différentes constantes physiologiques (température, composition du sang, etc.), ou à leur rétablissement en cas de modification.

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

SELYE, H., *The General Adaptation Syndrome and the Diseases of Adaptation*, J. Clin. Endocr., 6: 117-230, 1946.
McQUADE, Walter, *What Stress Can Do to You*, Fortune, janvier 1972.

le point sur la fusion nucléaire

l'énergie du XXI^e siècle à portée de la main

un dossier de Pierre Sormany

Rarement un effort scientifique aura été aussi prometteur que les recherches actuelles sur la fusion nucléaire contrôlée. Rarement aussi aura-t-on vu autant de collaboration internationale.

Depuis que les savants soviétiques ont réussi, en 1968, à franchir les obstacles théoriques qui avaient découragé les chercheurs de tous les autres pays, les moindres progrès sont immédiatement publiés et les différentes équipes pratiquent sans cesse des échanges de chercheurs.

Les efforts du Québec pour maîtriser l'énergie de demain confèrent à notre pays une position fort honorable au sein de cette fructueuse émulation internationale. QUÉBEC SCIENCE a jugé bon de faire le point sur l'état actuel des recherches.

Au cours des deux ou trois dernières années, le contrôle de la fusion nucléaire, de mythe pour romans d'anticipation, est devenu un défi technologique aussi coûteux que prometteur. Mais depuis le premier jour où des scientifiques ont songé à utiliser cette fusion de l'hydrogène comme source inépuisable d'énergie électrique, l'histoire ressemble à la recherche effrénée d'une hypothétique «Ile au Trésor».

Chaque fois que le réalisme allait conduire les équipes à abandonner tout espoir, une nouvelle voie est venue s'ouvrir, permettant une avance juste assez forte pour relancer l'espoir.

Il y a dix ans à peine (1961), la première génération de chercheurs, celle qui avait réalisé la fusion non contrôlée (la bombe H) remettait à la Conférence de Genève sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire son premier verdict «définitif»: le contrôle d'une réaction de fusion en laboratoire est impossible!

Après l'échec des premières tentatives, les théoriciens venaient en effet de découvrir une «interdiction» infranchissable. Cette «interdiction» irrévocable fut allégrement dépassée dès 1968 (et par un facteur 100!) grâce à un appareil soviétique: le TOKAMAK.

C'était relancer la course au Trésor! Mais on était encore loin du but, et les progrès avaient été si lents, que les scientifiques ont dû changer d'approche depuis.

Vers 1970, l'arrivée de nouveaux lasers très puissants a permis de redonner l'espoir, sur une voie qui semble définitive. Les chercheurs prétendent qu'ils ont le plan en main... il ne leur reste plus qu'à trouver l'Ile.

Une question de temps ○ En principe, l'humanité possède assez de réserves énergétiques pour au moins 250 ans. Mais d'ici une quarantaine d'années, les ressources directement utilisables seront presque épuisées et l'énergie deviendra une denrée des plus coûteuses. La fusion nucléaire devrait pouvoir être utilisée sur une grande échelle dès le début du prochain siècle. Le contrôle du procédé constitue donc une question économique cruciale.

C'est ainsi qu'au cours des dix dernières années, on est passé des discussions théoriques aux considérations technologiques et économiques, d'autant plus que les résultats semblent maintenant à portée de la main.

Aux États-Unis, on s'attend à produire une réaction de fusion «en laboratoire», avec un bilan positif d'énergie libérée, dès la fin de la décennie, sans pour cela accroître considérablement l'effort actuel. Mais il faudra par la suite investir plusieurs centaines de millions de dollars avant de pouvoir récupérer de manière rentable cette énergie libérée et faire fonctionner les premières centrales fiables. Vers la fin des années '80, ou au début des années '90, les USA devraient avoir mis sur pied les premières centrales expérimentales.

Inépuisable et propre ○ Les centrales à fusion nucléaire utiliseront l'hydrogène lourd (un atome d'hydrogène qui contient un neutron, ce qui double sa masse) ou deutérium. La quantité d'énergie libérée lorsque des atomes de deutérium fusionnent en donnant un atome d'hélium est colossale. Dans l'eau de mer, à l'état naturel, on trouve environ un atome de deutérium par 6 500 atomes d'hydrogène. Or, si cette concentration semble faible, il faut considérer qu'un gramme de deutérium, contenu dans 2 gallons (9 litres) d'eau de mer, peut libérer autant d'énergie que 600 gallons (2 700 litres) de gazoline environ.

Un kilomètre cube d'eau de mer donnerait alors autant d'énergie que 200 milliards de barils de pétrole, soit approximativement l'ensemble des réserves actuellement sur terre!

Une population terrestre de 7 milliards d'êtres humains, consommant un total d'énergie égal à dix fois le niveau actuel, prendrait environ 3 milliards d'années avant d'épuiser les ressources de deutérium contenues dans la mer.

Cela donnerait certes le temps à l'homme d'apprendre à utiliser directement l'hydrogène léger, de découvrir de nouvelles ressources... voire même de laisser se renouveler complètement les ressources actuelles d'hydrocarbures.

En d'autres mots, l'énergie de fusion est inépuisable.

Mais elle possède de plus l'avantage d'être propre. Le seul produit radioactif d'une telle réaction est le tritium, dont la période est courte et qui constitue, de toute façon, un combustible directement réutilisable. Les centrales de fusion ne produiront pas de cendres radioactives comme les centrales nucléaires actuelles.

Un autre avantage: leur absolue sécurité. La quantité de combustible radioactif qu'elles contiendront à chaque instant sera bien trop faible pour amorcer une réaction de type «bombe H», d'autant plus que la réaction de fusion ne se prête à aucune réaction en chaîne.

Tous ces avantages permettraient donc d'installer les centrales près de leurs lieux d'utilisation, réduisant d'autant les coûts de transport du courant. Mais nous revoici au niveau des considérations économiques: nous en reparlerons.

Une réaction capricieuse ○ La matière contient, certes, beaucoup d'énergie. Mais elle en est souvent jalouse et ne se laisse pas dépouiller sans peine. On connaît aujourd'hui deux méthodes pour libérer les ressources énergétiques considérables des liaisons nucléaires: ou bien les noyaux lourds sont divisés en deux éléments plus légers, ce qu'on appelle la fission nucléaire; ou bien des éléments légers sont réunis de force, pour former des éléments plus lourds, et c'est le processus de fusion.

Car les atomes les plus stables sont ceux de masse intermédiaire, et le plus stable de tous est le fer. Tous les éléments ont donc tendance à libérer de l'énergie, pour évoluer finalement vers un univers de fer.

À l'échelle de l'univers, la fusion semble un processus privilégié: ainsi toutes les étoiles constituent d'immenses centres de production d'énergie, à partir de la fusion des noyaux atomiques légers. Pourtant, sur terre, la présence de noyaux radioactifs très lourds rend la fission relativement facile à provoquer puisqu'il suffit que des neutrons lents frappent de tels noyaux pour engendrer une réaction en chaîne de séparation nucléaire.

Par contre, la fusion apparaît comme une réaction beaucoup plus capricieuse. Dans ce cas, en effet, les deux noyaux qui doivent se rencontrer sont tous deux des corps chargés, et en conséquence, ils se repoussent. Qu'ils soient dirigés l'un sur l'autre, les deux noyaux ont alors une probabilité bien plus grande d'être déviés par les forces de Coulomb, que de se heurter et de fusionner.

On comprendra donc que pour produire ces réactions de fusion à un rythme appréciable, il faudra disposer d'un très grand nombre de particules dans un petit volume (forte densité), afin d'augmenter la probabilité des chocs; il faudra aussi donner à ces particules une énergie suffisante pour qu'elles «pénètrent» le champ électrique des particules rencontrées; enfin, il faudra maintenir ces conditions nécessaires pendant un temps suffisamment long. Il faut donc considérer trois paramètres: température, densité (n) et durée (t).

500 millions de degrés Celsius ○ En élevant la température d'un gaz, on augmente la probabilité des chocs intermoléculaires. Cependant, si la température est augmentée de manière trop considérable, la vitesse des particules s'accroît et la «section efficace» de la réaction de fusion diminue. Il existe donc une température idéale. Plus les particules impliquées sont chargées, plus cette température idéale sera élevée. Il s'avèrera donc nécessaire, à toutes fins pratiques, de se limiter aux réactions les plus probables, à la température la plus basse possible, c'est-à-dire aux réactions qui impliquent l'hydrogène et ses isotopes. La réaction «deutérium tritium», la plus facile du point de vue de l'énergie fournie, nécessite entre 5 et 50 kiloélectron-volts (keV), soit entre 50 et 500 millions de degrés Celsius environ.

Mais à de telles températures, la grande vitesse des particules provoque une diffusion très rapide (pression vers l'extérieur). Afin d'obtenir une densité suffisante, pendant un temps assez long pour permettre la réaction, il faudra limiter cette pression de fuite et confiner le plasma* dans le plus petit volume. Aucune paroi matérielle ne supporterait de telles températures sans se volatiliser instantanément, gaspillant une partie importante de l'énergie et contaminant le plasma spécifique utilisé.

Dans les étoiles, c'est la force gravitationnelle qui maintient ainsi la densité suffisante. Sur terre, il devient nécessaire d'utiliser des champs électromagnétiques empêchant la diffusion instantanée du plasma. D'où les recherches actuelles sur les méthodes de confinement magnétique (bouteilles magnétiques, Tokamak, Pinch, etc.). Pourtant, même

avec les meilleures méthodes, il subsiste, à l'intérieur du plasma, une quantité d'instabilité telle qu'elle réduit à un court instant le maintien des conditions désirées. Il semble si difficile de diminuer ces instabilités et d'augmenter le temps propice à la fusion que les chercheurs fondent actuellement leurs espoirs sur les méthodes par laser, qui n'exigent pas cet impossible confinement.

On a en effet établi, il y a quelques années, les conditions nécessaires, en termes de densité et de durée, pour que l'énergie retirée de la réaction de fusion dépasse celle qu'on aura dû dépenser pour «chauffer» le plasma: le produit « $n \times t$ » doit dépasser 10^{14} particules \times secondes/cm³, ceci dans le cas de la réaction la plus simple, celle du deutérium-tritium (critère de Lawson). Devant l'impossibilité d'augmenter la durée « t », certains chercheurs ont donc songé à jouer plutôt sur le facteur densité « n ». Or, la densité de l'hydrogène liquide devrait suffire. Il s'agirait donc de chauffer une goutte de deutérium si brusquement que la température désirée soit atteinte avant que la diffusion n'ait eu le temps de se produire, la simple force d'inertie jouant alors le rôle de force de confinement. Tel est le principe des méthodes par laser. ■

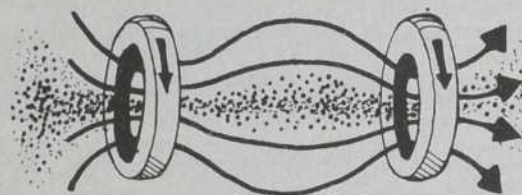
Il serait trop complexe d'entrer ici dans les détails de la dynamique des plasmas. On doit néanmoins comprendre que les champs magnétiques, les seuls qui parviennent à confiner un gaz ionisé dans un espace désiré, ne forment pas une prison bien étanche.

Une particule chargée, prise individuellement, pourra être tenue captive dans un mouvement rotatif autour d'une ligne de champ magnétique, ce qui permet, en théorie, de la garder à volonté dans un certain volume. Ce comportement n'est malheureusement plus vrai lorsqu'on considère un gaz formé d'un très grand nombre de telles particules: des déplacements collectifs créent de manière constante des champs électriques internes qui perturbent l'équilibre du plasma. La combinaison de ces champs électriques et du champ externe appliqué provoque des effets de fuite auxquels les chercheurs n'ont pas encore trouvé de solution. Il a fallu un très grand nombre d'échecs expérimentaux et de réflexion des théoriciens avant de comprendre, même partiellement, le comportement des plasmas confinés (théorie magnéto-hydro-dynamique).

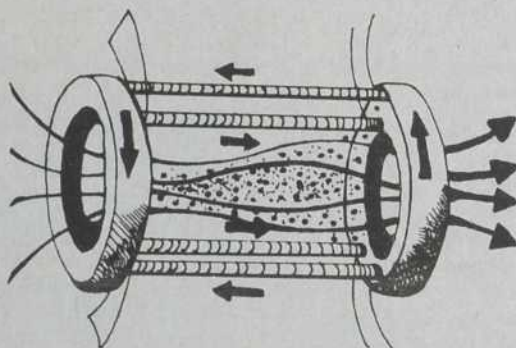
De la simple bouteille magnétique aux complexes Tokamak, du simple bombardement par laser aux efforts pour provoquer l'implosion d'une bulle de deutérium, l'histoire de la fusion contrôlée n'aura été qu'une longue suite d'échecs permettant de comprendre un peu mieux ce «quatrième état de la matière», le plasma.

Tous ces appareils n'auront-ils servi qu'aux balbutiements d'une science encore à venir, ou bien offrent-ils de réels espoirs? Nous tenterons de faire le point sur les différentes approches conçues en laboratoire, avec les limites atteintes dans chacune de ces méthodes (voir graphique). Ce survol rapide, sans entrer dans les détails technologiques, permettra au lecteur de se faire une vue d'ensemble de l'état actuel des recherches. Les «machines à fusion» seront ici regroupées selon trois catégories générales: les confinements magnétiques ouverts (récupération directe), les confinements magnétiques fermés et, enfin, les systèmes lasers.

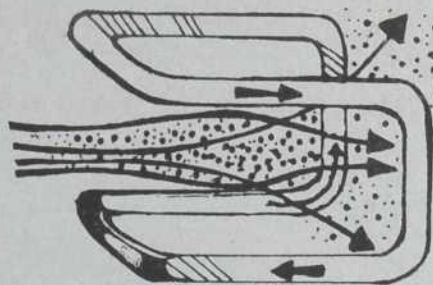
Figure 1. Configurations magnétiques ouvertes



bouteille magnétique à miroir simple

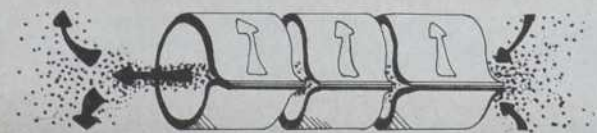


bouteille magnétique à miroir et quadripôle



configuration «Baseball»

Figure 2. Θ -pinch: un appareil de ce genre, s'il avait plusieurs kilomètres de long, serait d'ores et déjà apte à produire des réactions de fusion. Le problème du Θ -pinch vient de l'intense courant qui doit circuler dans les bagues, pour produire un faisceau dense de plasma.



des bouteilles...

En emprisonnant les particules dans un mouvement rotatif autour des lignes de champs magnétiques, on parvient à confiner les plasmas, du moins dans une direction radiale (perpendiculaire aux lignes de champ). Malheureusement, dans la direction des lignes de champ, aucune force ne vient limiter les déplacements des gaz. Les configurations magnétiques ouvertes, c'est-à-dire celles où les lignes de champ ne sont pas recourbées sur elles-mêmes, offrent donc l'inconvénient de fuir par les bouts.

Dans un premier effort pour vaincre ces fuites longitudinales, les chercheurs sont partis à la recherche de «miroirs» qui permettraient aux particules en fuite d'être réfléchies vers l'intérieur. Cela a conduit aux «bouteilles magnétiques», dont la forme se rapproche de celle des «papillottes»: un champ magnétique d'une densité moyenne se resserre brusquement à ses deux extrémités (voir fig. 1). Même si ce goulot ne pourra jamais être d'une étanchéité parfaite, il parviendra à coincer la majorité des particules en mouvement, les réfléchissant alors vers le centre de la bouteille.

Les premières bouteilles ainsi conçues étaient d'une simplicité remarquable: deux anneaux dans lesquels circulait un courant électrique, dans le même sens. Mais à partir de certaines températures, elles laissaient fuir le plasma même dans la direction radiale. On a donc dû ajouter un quadrupôle électrique dans le sens de la longueur pour ainsi donner naissance à une variante particulièrement simple (elle n'utilisait qu'un seul courant, à la fois pour les miroirs et pour le quadrupôle): la configuration «baseball», qui épouse un peu la forme de la couture que l'on trouve sur les balles de baseball.

Pourtant, si étroit que soit le goulot magnétique (miroir), certaines particules, à la suite de chocs répétés, réussiront toujours à quitter le plasma. Cette fuite sera d'autant plus considérable que le volume de confinement sera grand et le champ magnétique intense, de sorte qu'on est arrivé à atteindre rapidement le volume idéal (rendement maximum).

Ainsi, dans la configuration «baseball», des chercheurs américains ont obtenu des densités de l'ordre de 10^{10} particules par centimètre cube, pour une durée d'une seconde à peine, et à une température de 200 millions de degrés Celsius. Il semble fort peu probable que l'on parvienne à élever ces résultats, à moins qu'on trouve une méthode efficace de récupérer l'énergie en fuite, ce qui hausserait d'autant l'intensité des champs magnétiques. Nous reparlerons plus loin des tentatives de récupération directe de l'énergie qui ouvrent de nouvelles perspectives aux machines à miroirs.

Les faisceaux de plasma Θ Si un gaz ionisé relativement froid et de faible densité est envoyé dans un tube, puis soumis à un champ magnétique intense croissant très rapidement, une onde de choc implosive se forme (contraction du gaz en un faisceau très mince et très dense), et cette onde de choc agit du même coup en chauffant le gaz. Expérimentalement, plus le plasma final est dense et stable, plus il est chaud, ce qui est très intéressant. On a baptisé ce genre de montage «faisceau Thêta» ou plus simplement « Θ -pinch» (voir fig. 2).

L'expérience, qui s'effectue aux Etats-Unis sous le nom de Scylla (à Los Alamos), a produit les premières réactions thermonucléaires en laboratoire. Malheureusement, ces

pinch consomment une énergie plus considérable que les simples bouteilles magnétiques et, avec un rendement de «nt» = $7,5 \times 10^{11}$, ils sont encore assez loin du critère de Lawson (10^{14}).

La principale difficulté vient de ce que la machine fuit par les bouts, de sorte que le temps de confinement est très faible (5 microsecondes). Une première solution envisagée consiste à recourber le tube sur lui-même, de façon à ce que l'appareil n'ait pas de bouts. Malheureusement, le maintien du mouvement rotatif du plasma exige une technologie très complexe, qui n'a pas encore donné de résultats satisfaisants. Le programme Scyllac (Scylla-curved) en cours présentement aux États-Unis vise cependant à régler les problèmes principaux de cette technologie et à améliorer la stabilité par un facteur 50. Mais cette amélioration se fera au prix d'une très forte consommation d'énergie.

Une autre solution au problème des Θ -pinch serait d'allonger la machine pour rendre plus négligeable l'effet de ses extrémités. Malheureusement, l'approvisionnement en énergie d'un tel dispositif pose de nouveaux problèmes, puisque le Θ -pinch devrait avoir quelques kilomètres de long

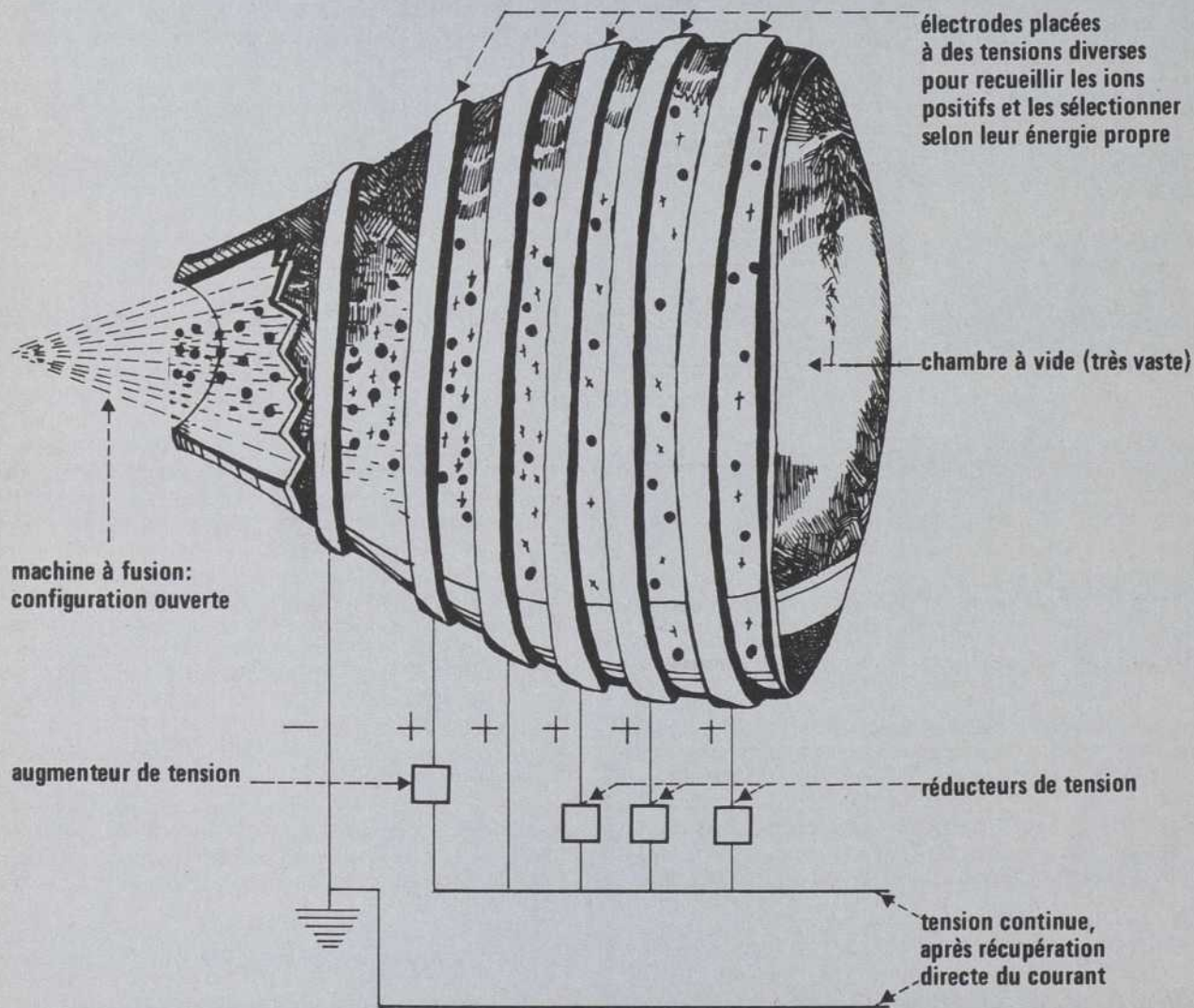
pour satisfaire le critère de Lawson.

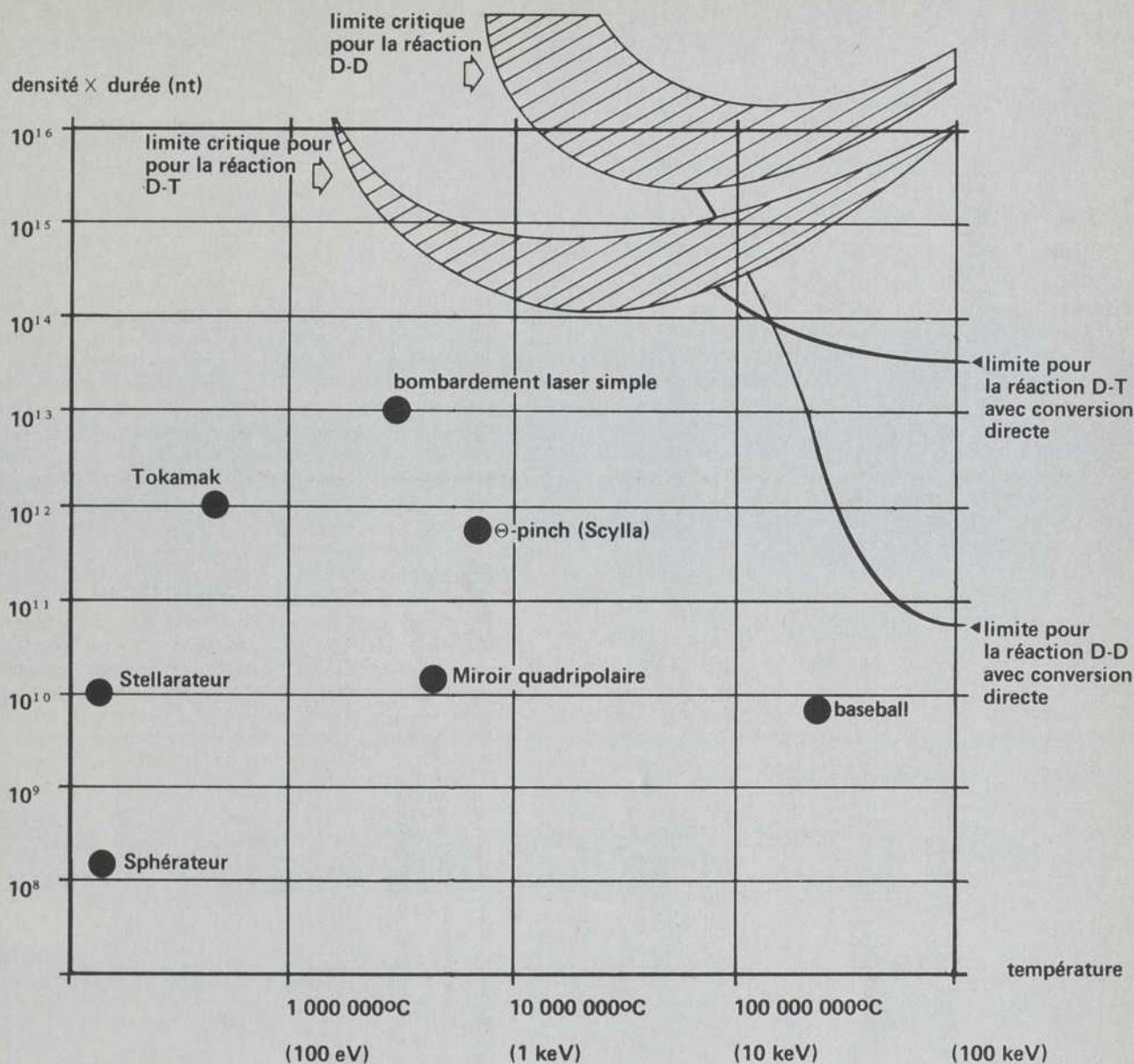
Cela n'a d'ailleurs pas empêché les chercheurs de préparer à tout hasard les plans d'une centrale thermonucléaire « Θ -pinch» d'un kilomètre de long, au cas où cette dimension s'avèrerait un jour suffisante!

Récupération directe ○ Les machines à miroirs et les faisceaux offrent un avantage considérable sur les machines dites «fermées»: la récupération directe (voir fig. 3). En effet, la grande quantité d'énergie dépensée pour maintenir les machines à fusion proches du seuil thermonucléaire et le faible rendement des méthodes classiques de récupération d'énergie (cycle thermique) sont en grande partie responsables de la valeur élevée du critère de Lawson.

Dans une centrale atomique classique (à uranium) l'énergie libérée est «portée» par des neutrons, et la seule façon de la récupérer est de passer par le «cycle de Carnot»: les neutrons rapides chauffent de l'eau en cédant de leur énergie cinétique; portée à ébullition, cette eau actionnera les turbines électro-génératrices. En revanche, l'énergie,

Figure 3 — Système de récupération directe.





Graphique illustrant les résultats des différents appareils, internes de produit «nt» (densité-durée) et de température.

lorsqu'elle est amenée par des particules chargées, peut être récupérée de manière bien plus efficace en séparant les charges positives et négatives et en les transformant directement en courant. C'est le cas de la fusion deutérium-deutérium.

Il a été démontré mathématiquement que la récupération directe de l'énergie des plasmas, dont le rendement demeure très près de 100%, permettrait d'abaisser d'un facteur 2 000 le seuil de Lawson (moins de 10^{11}), jusqu'à des niveaux déjà atteints en laboratoire. Or, la récupération directe exige qu'on laisse échapper les particules les plus énergétiques après la réalisation de réactions thermonucléaires. Seuls les systèmes ouverts seraient donc utilisables.

Bien que la technologie de la récupération directe ne soit pas encore au point (on y travaille avec acharnement, surtout aux États-Unis), celle-ci ouvre déjà de nombreuses portes. D'abord, la réaction deutérium-deutérium, même si elle exige une température initiale plus élevée, offrant ainsi un rendement de récupération plus fort, pourrait devenir plus facile à réaliser. Vu la rareté et le coût élevé du tritium, l'utilisation immédiate du deutérium seul présente un sérieux avantage.

Le principe de la récupération directe s'applique aussi aux faisceaux de plasma. C'est à la sortie des bouteilles magnétiques qu'il offre les plus sérieux avantages. Il permet en effet de vaincre la limite théorique de l'intensité du champ

... aux beignets magnétiques

magnétique, puisque les mouvements de fuite par les bouts, dans les machines à miroir, sélectionnent les particules les plus énergétiques.

Il suffirait donc d'introduire de manière quasi permanente à l'intérieur de la «bouteille», des gaz ionisés relativement froids et de récupérer, aux extrémités, des particules fortement énergétiques. Dans le cas du Θ -pinch par contre, une grande partie du gaz capté à la sortie aura une énergie encore assez faible, diminuant le rendement moyen de la récupération directe.

Mais les dispositifs de récupération directe efficaces imaginés jusqu'ici doivent être situés dans d'immenses antres à vide. Quand on connaît la difficulté de faire un bon vide dans une «cloche» de laboratoire, comment imaginer une «chambre à vide» de la dimension d'un terrain de football?

La plus simple façon de prévenir la fuite par les bouts, véritable abcès des configurations ouvertes: «refermer» les configurations imaginées, en incurvant les lignes de champ. Mais cela n'est pas si facile. La rotation constante du plasma à l'intérieur d'un volume torique (tube refermé) introduit des phénomènes de perte d'énergie par rayonnements, ainsi qu'un grand nombre de nouvelles instabilités.

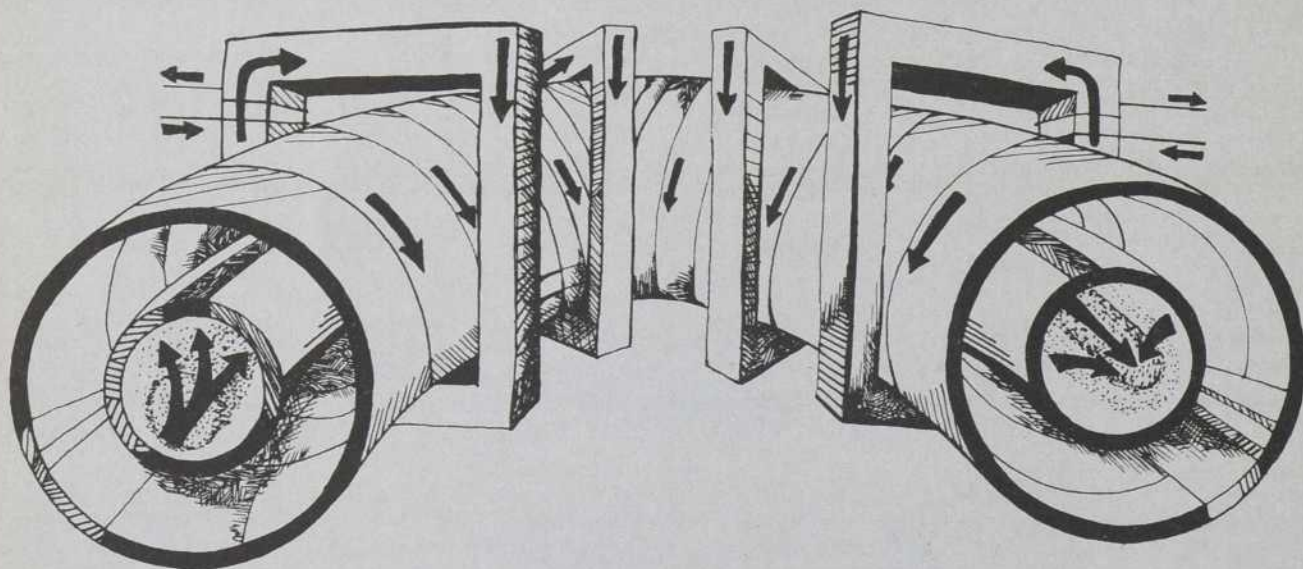
On connaît, à l'heure actuelle, 35 classes fondamentales d'instabilités qui peuvent venir perturber le confinement d'un plasma. De plus, chaque fois qu'on réussit, grâce à

l'addition de forces extérieures, à vaincre l'une de ces instabilités, on introduit à l'intérieur du plasma de nouvelles forces qui seront à leur tour génératrices de désordre. Les chercheurs peuvent certes espérer, à force de tâtonnements, accroître sans cesse leur maîtrise des gaz ionisés, pour obtenir un jour les conditions nécessaires à la fusion, mais ils ne s'illusionnent pas: ils n'obtiendront sans doute jamais un plasma véritablement stable.

Des monstres magnétiques ○ Plusieurs systèmes furent imaginés dès les années 1950, pour confiner un faisceau circulaire de plasma à l'intérieur d'un tore. Les «multipôles magnétiques» permettent de créer des plasmas stables, mais nul laboratoire ne fut apte à accroître la température des gaz ainsi confinés au-delà de 20 000 degrés Celsius.

Ce besoin de températures fortes et de densités élevées donna naissance à un grand nombre de «monstres magnétiques» de plus en plus complexes... et de plus en plus impuissants. Le simple fait de chauffer le gaz ionisé à l'intérieur du tore suffisait à modifier les conditions de confinement, au point qu'aucun système n'était capable de prendre un gaz froid et de l'élever à la température désirée. Vers 1963, sphérateurs, stellarateurs, multipôles et autres appareillages complexes furent tristement mis au rancart. Les chercheurs durent alors abandonner tout espoir ou revenir aux méthodes de confinement ouvert. Pourtant, un appa-

Figure 4. — Le fameux Tokamak



Nous devons au Tokamak soviétique la poursuite actuelle des recherches sur la fusion. En effet, avant que cet appareil n'atteigne, en 1969, un produit «nt» égal à 10^{12} particules/cm³ x secondes, les théoriciens s'entendaient pour affirmer que jamais l'on ne franchirait la limite de Bohn (10^{10}). L'appareil complexe fonctionne de la manière suivante: un courant de très forte intensité (jusqu'à 100 kiloampères) est induit dans le plasma lorsqu'on met en marche les électroaimants extérieurs (transformateurs). Le plasma se trouve alors chauffé et confiné par son propre courant, comme dans les Dzéta-pinches (non décrits ici). Mais pour maintenir cette colonne de plasma en relative stabilité, un champ magnétique hélicoïdal est induit par un fil (spiralé) placé autour du tore. D'autres instabilités seront éliminées en introduisant à l'intérieur du tube une coque de cuivre stabilisatrice. L'avantage du Tokamak vient du fait que le courant très intense dans le plasma n'est produit qu'à partir de courants plutôt faibles, dans les électroaimants, d'où une faible consommation d'énergie. Avant 1969, les chercheurs ne croyaient pas que l'effet joule (induction du courant dans le plasma, à partir des anneaux extérieurs) permettrait d'atteindre des courants aussi intenses et des températures aussi élevées.

reil de conception soviétique, le Tokamak, dont nous ne donnerons pas ici la technologie, devait atteindre en 1969 une température de 5 millions de degrés C avec une densité de 5×10^{13} particules/cm³, pendant un temps de 20 milli-secondes, soit un produit «nt» égal à 10^{12} . Il s'agissait d'un record, à cette époque.

Génération '70: de Tokamak... ○ À l'annonce de ces résultats, le monde entier eut d'abord une réaction sceptique: tous les calculs étaient formels pour conclure à leur invraisemblance. À la suite de nouvelles mesures très précises, effectuées par une équipe britannique, les physiciens du monde entier furent bientôt convaincus de la véracité de ces remarquables résultats.

Il en est résulté un véritable raz-de-marée, puisque 5 Tokamaks sont en construction aux États-Unis (dont le plus gros, à Princeton, porte le nom de PLT-1) et autant en Europe. Pourtant, la température atteinte jusqu'ici dans les Tokamaks reste inférieure aux températures de fusion. Les scientifiques espèrent qu'une simple augmentation de la puissance des électroaimants suffira à atteindre les températures désirées, mais cela ne réglerait que le premier des problèmes rencontrés.

Le second problème était d'accroître d'un facteur 100 le produit «nt» déjà obtenu. Les configurations fermées ne permettent pas de récupération directe de l'énergie, d'où la nécessité formelle de respecter le critère de Lawson. Encore là, diverses solutions furent proposées, chacune rendant plus complexe le fonctionnement de ces majestueux beignets magnétiques. Entre autres, il s'avéra possible de prolonger le temps de vie du plasma confiné en introduisant autour du faisceau une paroi de cuivre. Mais cette paroi, aussi utile qu'elle soit, doit être éliminée si l'on espère récupérer l'énergie libérée par une éventuelle réaction de fusion.

Peu de chercheurs croient réellement que les Tokamaks seront un jour utilisés dans les centrales thermonucléaires, mais il n'en reste pas moins que ce type d'appareil regroupe actuellement presque tous les efforts consentis sur les confinements magnétiques fermés. En décembre dernier, la Commission américaine de l'énergie atomique annonçait par exemple qu'on avait trouvé un moyen, aux laboratoires de Princeton, d'éliminer cette coque de cuivre un peu gênante, sans diminuer le rendement de l'appareil qui sera bientôt complété. On devra attendre encore quelques années pour connaître les résultats des nouveaux Tokamaks, génération '70, avant de porter un jugement définitif sur les configurations magnétiques toriques.

... en Scyllac ○ De même pour les Θ -pinch refermés (Scyllac) dont nous avons déjà parlé plus haut: bien que leur succès soit très incertain, de tels appareils peuvent toujours amener des surprises, surtout parce que la physique des plasmas est justement encore à l'état de «science de l'imprévisible».

Dans le cas des configurations magnétiques fermées, le problème principal demeurera toujours la récupération de l'énergie thermonucléaire. Comment retirer du tore les particules hautement énergétiques libérées par la fusion, sans pour autant rendre inutilisables ces complexes montages de fils et d'électroaimants?

les lasers à la rescousse

La densité d'un mélange de deutérium-tritium solide, à très basse température, est égale à 6×10^{22} atomes par centimètre cube. Si l'on peut chauffer instantanément une pastille d'un tel solide à la température de 10 keV (100 000 000 de degrés C), des réactions thermonucléaires importantes se produiront avant même que le plasma formé brusquement ne commence à se dilater.

Et même lorsque survient cette diffusion, ce sont les particules extérieures de la pastille qui fuiront les premières, alors que les conditions de fusion pourront être maintenues un certain temps au centre de cette gouttelette surchauffée. Une première difficulté provient de ce que les longueurs d'onde des lasers de puissance actuels ne pénètrent pas dans des plasmas de densité aussi élevée, mais sont réfléchis. En fait, il existera, à la surface de la pastille, une mince coquille d'absorption (environ 5 millièmes de pouce, soit 0,13 millimètre) qui sera ensuite responsable de la diffusion de la chaleur à l'intérieur du combustible. Cette diffusion n'étant pas instantanée, le temps de réchauffement, ainsi que les températures maximales atteintes seront d'autant plus faibles que la pastille est grosse.

On a réussi à produire des réactions thermonucléaires par bombardement laser simple. Mais il a fallu se limiter à des gouttelettes si petites, que l'énergie récupérée ne pouvait même pas se comparer à l'énergie de fonctionnement du laser.

Il est pourtant de plus en plus certain que pour des lasers très puissants, les théories classiques d'absorption ne s'appliquent plus et que le rendement approchera rapidement l'unité.

Laser et confinement ○ Mais on ne se débarrasse pas si aisément des champs magnétiques!

Si l'énergie produite à chaque explosion de pastille de deutérium est de l'ordre de plusieurs tonnes de dynamite, on ne pourra pas facilement construire des réacteurs thermonucléaires dont les parois supporteraient de tels chocs.

On a donc intérêt, d'une part, à comprimer le combustible initial et, d'autre part, à en maintenir la fuite sous contrôle. Encore une fois, c'est à des méthodes magnétiques qu'il faudra avoir recours.

En outre, la pastille de deutérium ne gardera la densité désirée que si l'on maintient sa basse température jusqu'au moment où le laser vient la chauffer. Il faut donc à la fois isoler le combustible de la «chaleur» ambiante, et surtout... bien viser. Ici encore, les champs magnétiques peuvent avoir un rôle important.

Enfin, en attendant les lasers de puissance suffisante, nombre de chercheurs fondent certains espoirs sur des combinaisons «laser-machine magnétique» pour alimenter une centrale thermonucléaire efficace. Les différentes combinaisons possibles sont nombreuses (voir fig 5). Mais les plus intéressantes se rapportent aux systèmes ouverts et à la récupération directe de l'énergie. Un laser de basse fréquence, placé à une extrémité d'un Θ -pinch, pourrait contribuer à hausser la température du faisceau de plasma tout au long du tube (plusieurs kilomètres!) améliorant de beaucoup la récupération d'énergie. Aux États-Unis, on affirme même que cette combinaison permettra la réalisation d'une centrale de ce type dont la longueur n'excèdera pas le kilomètre.

Mais le laser pourrait aussi être utilisé pour le chauffage des plasmas, à l'intérieur des machines-miroirs, principalement pour les configurations «baseball» qui ne sont guère loin des exigences requises pour rentabiliser le système de conversion directe de l'énergie.

27 têtes valent mieux qu'une ○ Des travaux en vue de provoquer une implosion de la «pastille de deutérium», augmentant ainsi à la fois la densité et la température interne du combustible, ont été divulgués récemment. Qualifiés de «première véritable percée dans le domaine de la fusion contrôlée» par la très sérieuse revue *Nature*, ces travaux n'en demeurent pas moins aléatoires.

À l'Institut Lebedev (URSS), les chercheurs s'efforcent de coincer la gouttelette de deutérium entre 9 faisceaux lasers (en fait, il s'agit d'un laser très puissant, dont le faisceau est séparé en 9 trajets, qui sont par la suite focalisés tout autour de la cible). Selon des témoignages, le système donne d'excellents résultats... une fois sur 20 environ!

On imagine en effet la difficulté rencontrée pour bien viser de telle sorte que la gouttelette, de forme aussi parfaitement sphérique que possible, soit chauffée également sur toute sa surface et, rigoureusement, en même temps.

Pourtant, à l'Institut Lebedev, on ne se décourage pas: après le bombardement par 9, on prépare le bombardement par 27...

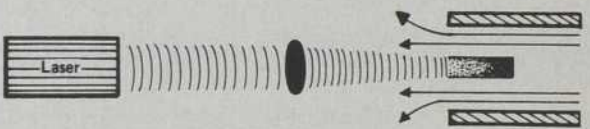
Pendant ce temps, aux États-Unis, l'idée a aussi séduit de nombreuses équipes. Pendant que le groupe soviétique tente de régler les problèmes de précision du tir, les chercheurs américains se penchent sur les conditions théoriques de tels montages. Il a ainsi été établi que, pour les lasers de puissance actuels, une pastille creuse (coquille sphérique) de deutérium simplifierait grandement la réalisation du montage, en exigeant un laser de forme (mode) plus simple, avec une intensité de pointe plus faible.

Bien que les problèmes de précision et de puissance ne soient pas encore réglés, cette méthode demeure maintenant celle qui a produit les meilleurs résultats, s'approchant considérablement des conditions de seuil pour la réaction deutérium-tritium.

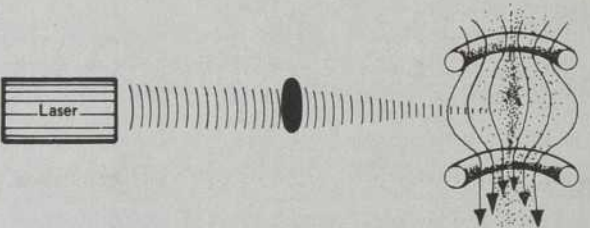
Figure 5. — Cinq types de combinaisons laser-machine magnétique.



a) Le faisceau laser est dirigé sur un granule, sans le moindre confinement. L'absorption doit être totale et immédiate pour produire la thermofusion. Les lasers actuels manquent encore de puissance.



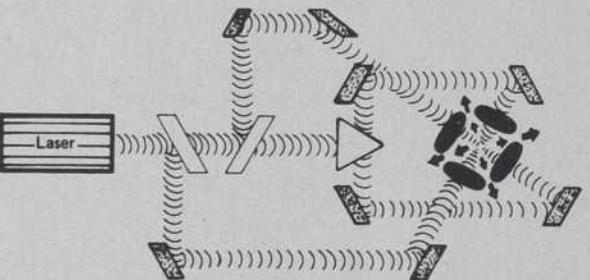
b) Un champ magnétique peut cependant retarder la fuite et aider l'absorption du faisceau laser en limitant l'expansion du plasma.



c) Le laser peut cependant n'être utilisé que comme source de chaleur, principalement dans le cas des configurations ouvertes, avec conversion directe de l'énergie à la sortie.



d) Dans le cas des Θ -pinch, un laser de basse fréquence devient très facilement utilisable, avec une absorption quasi-totale...



e) Pour pallier un manque de puissance des lasers actuels, on tente de provoquer l'implosion du granule en l'entourant de plusieurs faisceaux lasers vigoureusement en phase. Cette méthode a déjà provoqué la fusion de 10^6 atomes à la fois, ce qui constitue le «record» actuel.

un fossé entre la théorie et la pratique

Nous n'en sommes encore qu'à nos toutes premières armes dans le domaine de la fusion nucléaire contrôlée, alors que chaque équipe de recherche prétend avoir en main la solution. Pourtant, entre le jour où l'on criera effectivement victoire et celui où la première centrale ouvrira ses portes, il restera tout un fossé à combler. À coups de milliards.

Rappelons-nous que la première pile atomique classique remonte à 1942, et qu'il a fallu attendre 20 ans pour voir naître les premières centrales atomiques commerciales. Les surrégénérateurs, dont la théorie était déjà connue lors de la seconde guerre mondiale, en sont encore au stade de la mise au point, et la première centrale commerciale de ce type n'a ouvert ses portes qu'en décembre dernier, en URSS.

Combien de temps faudra-t-il attendre avant que les réacteurs à fusion soient utilisables?

Nous avons déjà décrit les difficultés rencontrées au niveau de chaque système envisagé. Nous avons aussi rappelé les obstacles qui rendent difficile l'application de la récupération directe de l'énergie du plasma. Mais même dans le

cas de la récupération thermique classique, les problèmes sont considérables.

La réaction la plus simple implique le tritium, ce qui hypothèque sérieusement les promesses de cette méthode. En effet, le tritium n'existe pas à l'état naturel: il faut le fabriquer à partir du lithium, par bombardement neutronique. Or, le lithium est relativement rare sur terre, de sorte que le problème de l'épuisement des ressources énergétiques ne sera vaincu que lorsqu'on aura trouvé le moyen de faire régir le deutérium seul.

Une sphère soumise à dure épreuve ○ Un système ingénieux (voir fig. 6) a été proposé pour récupérer l'énergie de la réaction thermonucléaire « contrôlée » deutérium-tritium. Le centre de fusion (un granule frappé par laser, ou le tube d'un Θ -pinch, etc.) est entouré de lithium liquide, circulant à grande vitesse. Au moment où se produit l'explosion thermonucléaire, les neutrons rapides émis sont captés par le jet de lithium. Certaines collisions suffisent à régénérer

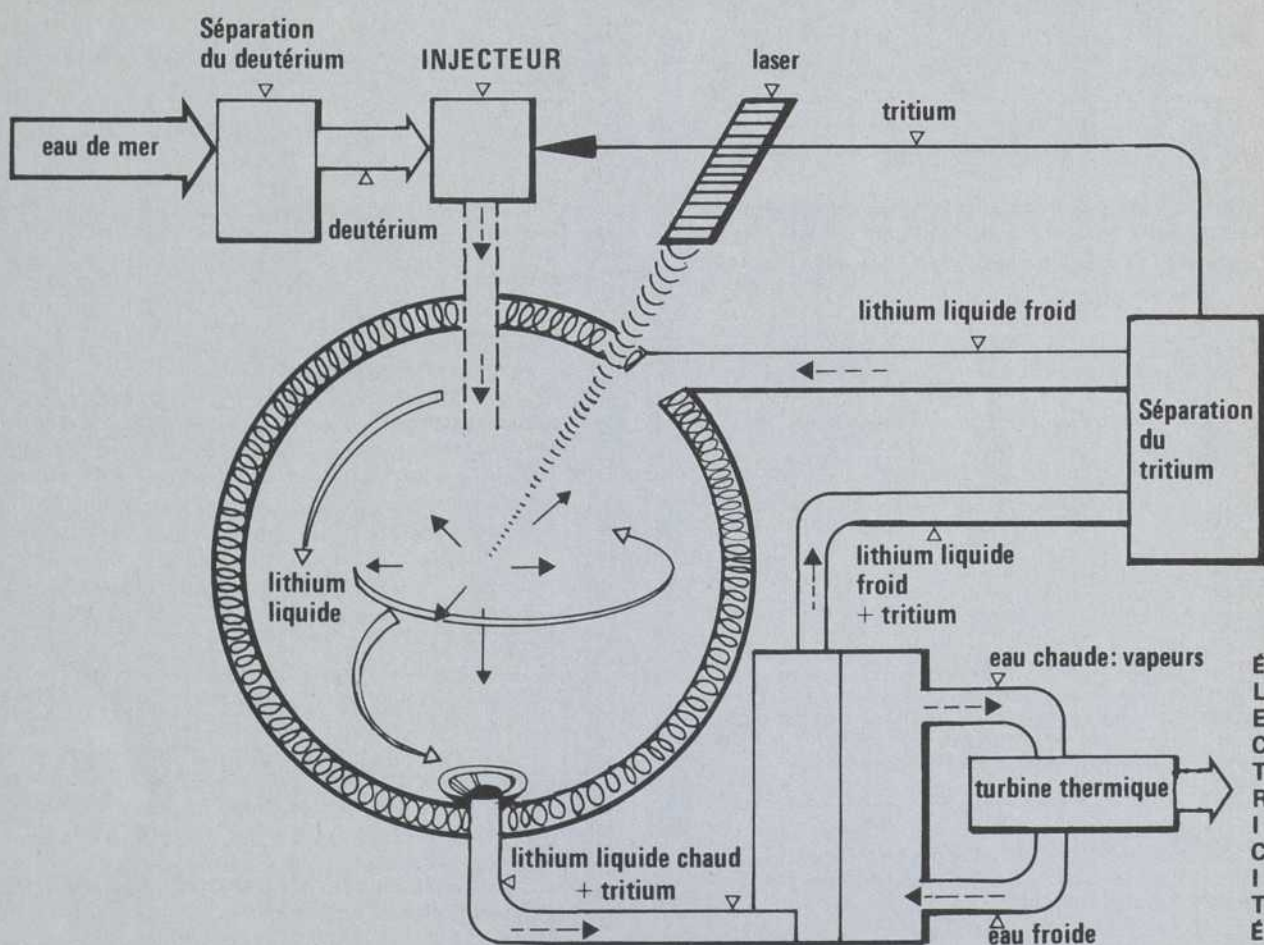


Figure 6 — Schéma d'une centrale à granule deutérium-tritium, bombardé par laser sans confinement.

le tritium, qui sera remplacé dans le réacteur à titre de combustible, alors que les autres chocs chauffent le liquide. C'est donc le lithium qui transmettra à l'eau la chaleur produite dans le réacteur, afin de déclencher le cycle de Carnot (eau-vapeur-turbines-électricité). Le lithium refroidi est séparé du tritium et retourne ensuite dans le réacteur pour recommencer le cycle.

Mais le cylindre, ou la sphère contenant le lithium et le plasma thermonucléaire, risque d'être soumis à des pressions fantastiques et à des chaleurs très élevées. De plus, la nécessité de ce revêtement de lithium pose le même problème que le sodium fondu, dans certains réacteurs à fission: au moindre contact avec l'air, le lithium s'enflamme.

À cela s'ajoute la présence possible de champs magnétiques intenses, dans lesquels le liquide conducteur devra se déplacer à grande vitesse.

De plus, les neutrons produits en très grand nombre (plus encore que pour la fission) et à très grande vitesse, risquent de rendre radioactifs certains éléments de la structure même de l'usine, compliquant donc la construction de cette dernière!

Enfin, ces réacteurs intempestifs qu'on songe à construire au cœur des villes, par souci d'économie, ne présenteront pas plus d'efficacité que les centrales thermiques ou atomiques, au niveau du cycle de Carnot. C'est donc dire que le problème de la pollution par la chaleur ne sera pas réglé.

D'ailleurs, même si la période radioactive du tritium est courte, cet élément parvient assez aisément à diffuser à travers des couches métalliques, ce qui pourrait rendre «hasardeux» les parages immédiats des premières centrales à fusion.

Tous ces problèmes risquent de placer les premiers prototypes bien en deçà des espoirs actuels des chercheurs et de prolonger indûment la course à la véritable fusion «inépuisable et propre», celle impliquant la réaction deutérium-deutérium.

Et d'ici là, les besoins énergétiques ne cessant de croître, il demeurera nécessaire de poursuivre la construction intensive des centrales à uranium et des surrégénérateurs. ■

LES MOTS

Plasma: gaz chauffé à tel point que ses particules sont ionisées. Les particules positives et négatives flottent donc librement, donnant un ensemble électriquement neutre. Le néon, dans les tubes «fluorescents» est un exemple de plasma plutôt froid. Il est évident qu'aux températures de fusion, on a affaire à des plasmas.

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

BOBIN, Jean-Louis, *Le Laser au secours de la fusion*, Science et Avenir, no spécial sur les lasers, 1971.

ETIEVANT, C., *L'Énergie thermonucléaire*, P.U.F. coll. «Que sais-je?», 1965.

GOUGH, William C. et EASTLUND, Bernard J., *The Prospects of Fusion Power*, Scientific American, février 1972.

TUCK, James L., *L'Énergie de fusion*, La Recherche, octobre 1972.

le québec, le canada, et la fusion

Aucun pays ne peut se permettre de «bouder» cette course à la fusion nucléaire. À la venue des nouvelles centrales, les États devront, pour demeurer technologiquement indépendants, posséder déjà des équipes de chercheurs et techniciens compétents dans le domaine.

En ce sens, le Canada doit lui aussi participer, au moins indirectement, à de telles recherches.

Mais il y a plus. En effet le Canada, et surtout le Québec, possède un certain nombre de laboratoires menant des études très poussées dans le domaine des plasmas. De plus les laboratoires de Valcartier (CRDV) ont développé, pour la première fois au monde, la nouvelle génération des lasers à excitation transverse (TEA-CO₂); or les lasers de ce type sont les plus prometteurs du point de vue thermonucléaire.

Voici donc un domaine où notre pays occupe une situation privilégiée. Mais le Québec n'a pas les moyens de disperser ses efforts sur plusieurs fronts. C'est pourquoi l'Institut de recherches en électricité du Québec (Hydro-Québec), l'Université de Montréal, l'Institut national de la recherche scientifique (Université du Québec), la firme RCA et le CRDV se sont regroupés dans un «consortium de la Fusion».

Ne vendons pas cependant la peau de l'ours: de nombreux travaux de base sont poursuivis, mais le Québec (comme le Canada) n'a pas encore de véritable «programme thermonucléaire». Ni les petites bouteilles magnétiques de l'INRS (Kemp I et II), ou les nouveaux lasers, améliorés mais encore faibles, de Valcartier, ni le minuscule \ominus -pinch de l'IREQ ne nous livreront le grand secret de cette réaction. Tout juste permettent-ils d'améliorer sans cesse nos connaissances sur les plasmas thermonucléaires.

Mais les efforts du consortium visent simplement à enquêter d'abord sur les moyens et possibilités à long terme d'un tel programme, et à regrouper par la suite tous les laboratoires vers un échéancier commun, si cela s'avère réaliste.

D'ailleurs, au moment où nous mettons sous presse, (donc plusieurs mois après la formation de ce consortium) le gouvernement fédéral fait toujours la sourde oreille aux demandes de fonds...

AS-TU DEUX MINUTES?

Lis-donc
QUÉBEC-PRESSE
dimanche...



Je désire m'abonner à Québec-Pressé
pour une période de

- 4 mois (\$5)
 12 mois (\$15)

Nom:

Adresse:

Tél.:

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

COUTHURAN SYNECTICIENS



SYNECTIQUE n. f. (du gr. *sunektikos*, qui comprend en soi). Organ. Méthode de stimulation des différentes étapes de la création intellectuelle.

— ENCYCL. La *synectique*, élaborée par l'Américain W. Gordon, est fondée sur le fait qu'il existe des phases dans le processus de la création et qu'il est possible de les décrire et d'utiliser cette connaissance afin d'augmenter la puissance créatrice de l'individu ou du groupe de chercheurs. Les états émotionnels et irrationnels seraient plus importants que les aspects rationnels et intellectuels. Cette méthode a surtout fait découvrir les mécanismes permettant de stimuler un chercheur au cours des différentes étapes de son travail. On peut citer, par exemple, toutes les méthodes d'analogie facilitant la transposition du nouveau en connu et celle du connu en nouveau (analogie personnelle, directe, symbolique, fantastique, etc.). Aux États-Unis, les groupes de *synectique* se composent de cinq à huit membres de formations très différentes (physiciens, mécaniciens, biologistes, géologues, chimistes, etc.). Ce groupe peut ainsi se permettre les analogies évoquées ci-dessus, d'envisager des points de vue très différents, de discuter des formes de pensée originales dues aux disciplines représentées par les membres du groupe. Pour être efficace, il doit travailler pendant une période assez longue.

*Grand Larousse encyclopédique,
supplément, librairie Larousse, Paris
1969, page 828.*

**couthuran et amis créateurs: illustrateurs, graphistes,
c.p. 250, québec 4, québec, (418) 524-2011**

La pomme de terre sans virus pourrait bien offrir aux plantations du Canada le moyen de pénétrer des marchés européens de plusieurs millions de dollars qui leur ont été jusqu'ici inaccessibles.

Les pommes de terre produites en Amérique du Nord se caractérisaient en effet jusqu'à présent par leur teneur en virus. Or, même si les virus de la pomme de terre ne sont pas dangereux pour l'homme, plusieurs gouvernements européens ont longtemps refusé les cargaisons de tubercules canadiens, craignant d'infecter leurs propres plantations.

En 1967, cependant, une équipe de chercheurs de Vancouver mettait au point une méthode de culture des pommes de terre non contaminées par les deux virus qui avaient jusque là infecté presque toutes les variétés commerciales de pommes de terre de semence en Amérique du Nord, diminuant parfois le rendement jusqu'à 38% dans certaines plantations de l'Ouest du Canada.

Pour plusieurs autorités du monde de l'agriculture, la culture des pommes de terre sans virus serait comparable, par son importance dans l'économie du pays, à celle des variétés de céréales à fort rendement.

Les Hollandais n'aiment pas les microbes ○ En 1972, le ministère fédéral de l'Agriculture prévoyait que l'accès de la pomme de terre sans virus aux marchés européens pourrait rapporter de 6 à 10 millions de dollars de plus aux planteurs.

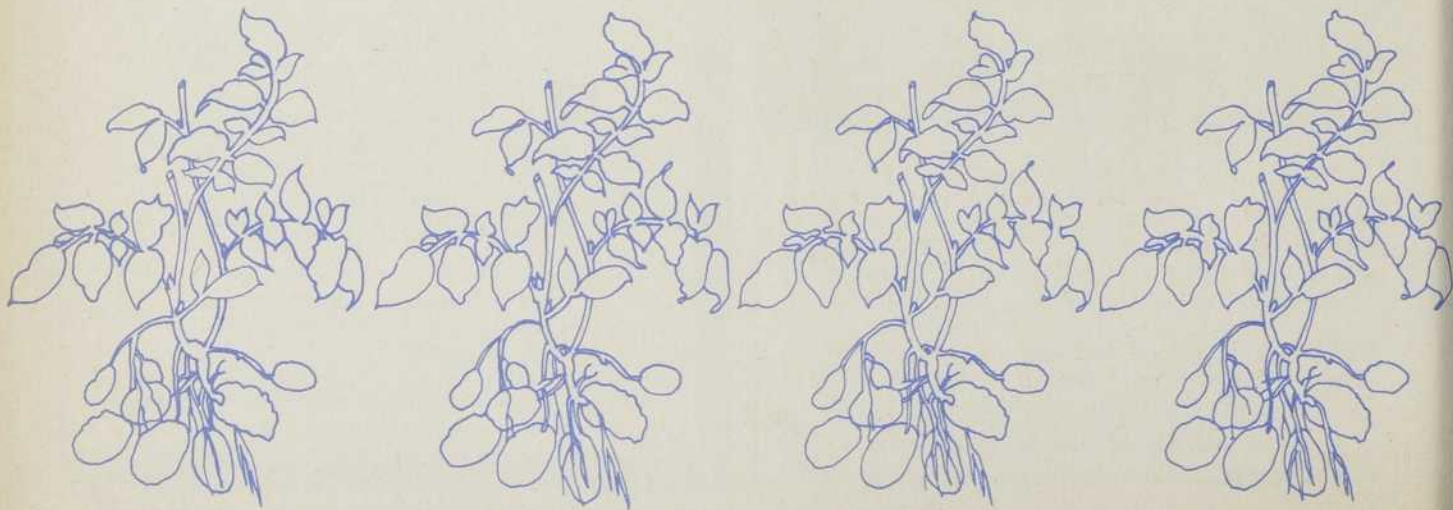
Le Dr D.S. MacLachlan, directeur de la Protection des plantes à la Ferme expérimentale centrale du ministère à Ottawa, a déclaré que plusieurs pays membres de la Communauté économique européenne étaient susceptibles d'acheter.

Effectivement, la pomme de terre sans virus du Canada faisait en 1970 une percée en Europe, puisqu'une cargaison de 30 tonnes de semences, satisfaisant aux normes extrêmement strictes des Pays-Bas, était finalement déchargée dans ce pays.

Au Canada, cette nouvelle culture a été moins remarquée. Cependant, les consommateurs pouvaient désormais s'attendre à conserver leurs pommes de terre plus longtemps, car les variétés sans virus se révèlent plus résistantes aux autres maladies causées par le champignon et les bactéries.

la guérison des pommes de terre

par Lisa Martel



Une maladie invisible ○ La première plantation a été l'oeuvre d'une équipe de spécialistes en pathologie végétale dirigée par M. N.S. Wright, au service de recherches du ministère de l'Agriculture de Vancouver. M. Richard Stace-Smith et Mlle F.C. Mellor y ont collaboré.

Les virus sont des organismes invisibles au microscope qui provoquent diverses maladies chez les animaux et chez les plantes. Dans la pomme de terre, comme dans les autres légumes, ils envahissent l'ensemble de la plante: pousses, racines, tubercules.

L'étendue des maladies caractérisées par des symptômes visibles peut être élargie: il s'agit de prélever soigneusement les plants infectés dès qu'on a relevé les premiers symptômes.

Cependant, comme l'explique M. Wright, «ce qui caractérise les virus que nous avons éliminés, et qu'on appelle couramment virus latents S et X, c'est qu'il n'y a pas de symptômes visibles».

En 1972, les chercheurs de Vancouver signalaient qu'ils avaient réussi à appliquer leur traitement anti-virus à quelque 60 variétés de pommes de terre, soit presque toutes les variétés cultivées en Amérique du Nord.

La méthode de traitement est connue sous le nom de thermothérapie; elle consiste à soumettre les plants à des températures élevées qui neutralisent le virus sans tuer la plante.

Comme pour les chrysanthèmes

○ M. Wright a été initié à cette technique aux Pays-Bas et en Angleterre, en 1957. Ces deux pays s'en servaient pour traiter les oeillets et les chrysanthèmes.

Il a expliqué qu'on avait employé cette méthode pour les plantes ligneuses, mais que le traitement des plantes plus tendres, des herbacées, à des températures élevées, était plus compliqué.

Quoi qu'il en soit, Mlle Mellor a réussi à faire traiter des plants de fraises qui ont survécu plusieurs semaines; en 1966, les chercheurs décidaient d'appliquer la même technique aux pommes de terre.

On cultivait les plants de pomme de terre dans une serre à une température de 91 à 99°F (32 – 35°C). Durant le traitement calorifique, les petits bourgeons auxiliaires qui poussaient entre les feuilles et la tige ont été prélevés, stérilisés et placés dans des solutions chimiques nutritives sous éclairage fluorescent. Lorsque les pousses eurent atteint environ 2 pouces (5 cm), on les planta dans un sol stérilisé.

En 1967, l'expérience réussissait: quelques plants poussaient sans aucune trace de virus. L'équipe de Vancouver venait de cultiver les premiers plants de pomme de terre sans virus en Amérique du Nord. Au printemps de la même année, plusieurs milliers de plants étaient prêts.

La vallée de Pemberton, en Colombie-Britannique, a été choisie pour la culture de ces premières pommes de terre afin de fournir des semences non contaminées aux exploitations commerciales intéressées.

M. Wright ajoute qu'il a fallu les préserver d'une nouvelle contamination. «Une fois les pommes de terre débarrassées des virus, il a fallu les tenir isolées de toutes les sources d'infection.»

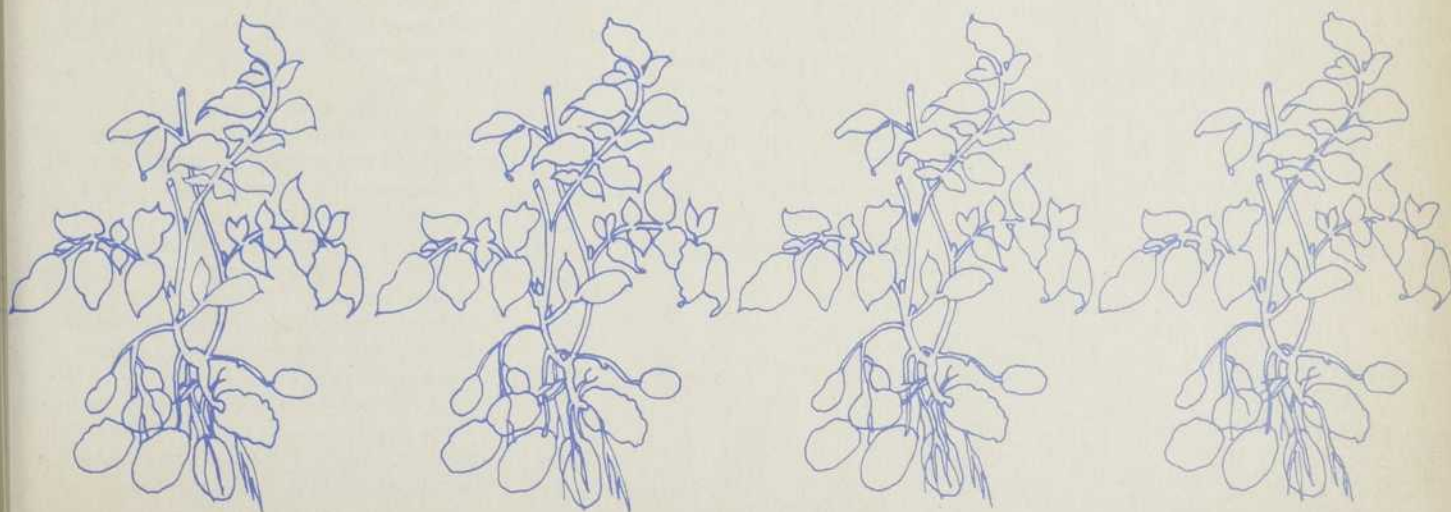
Vacciner les pommes de terre ○ «Pour éviter une nouvelle contamination, explique M. Wright, il a fallu injecter des solutions de virus S et X dans des lapins qui ont réagi en produisant un antisérum. On a ensuite moulu des feuilles de plants de pommes de terre et on a mélangé le jus à l'antisérum. S'il y avait un virus, il se produisait une réaction.»

Bien que les virus S et X ne soient pas transmis par les sols, on avait opéré une rotation des cultures l'année précédente pour retirer tous les tubercules infectés des champs de la vallée de Pemberton.

En 1969, la vallée exportait 130 tonnes de pommes de terre de semence sans virus.

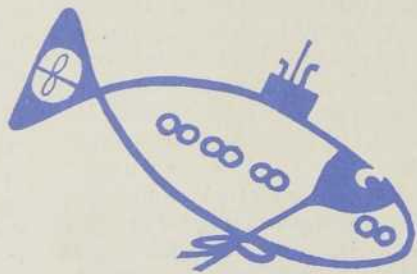
M. Wright estime qu'il faudra plusieurs années pour convertir toute la culture des pommes de terre du Canada à celle des pommes de terre sans virus. Toutes les provinces ont lancé des programmes de culture de cette pomme de terre, sauf l'Ontario et la Saskatchewan, qui importent la quasi-totalité de leurs semences des autres provinces.

En reconnaissance de ses travaux exceptionnels l'équipe de Vancouver a reçu un prix de \$2 500 du gouvernement fédéral, prix le plus élevé dans son genre qui soit décerné au Canada pour un service d'utilité publique. ■



quand le plomb remplace l'argent

par James David



L'argent se fait rare: sur la liste des minéraux indispensables à notre civilisation, ce métal compte parmi les plus rares, et la hausse continue de son cours constitue un présage inquiétant du tarissement des mines.

La photographie, pour citer un exemple, absorbe annuellement des tonnages considérables.

Il faut donc trouver des matériaux susceptibles de remplacer l'argent dans certains de ses usages.

On évalue à 4 millions de dollars la quantité de chlorure d'argent annuellement jetée à la mer au nom de la défense nationale; cependant, il ne sera peut-être bientôt plus nécessaire de soustraire ce composé des ressources mondiales qui s'épuisent de plus en plus.

Deux scientifiques canadiens, travaillant indépendamment dans des centres distants d'environ 1 000 milles, ont pu remplacer, dans la fabrication des batteries activées à l'eau de mer, le chlorure d'argent par du chlorure de plomb. Ce dernier n'était auparavant qu'un sous-produit inutile de l'extraction du bismuth.

Ces batteries servent, entre autres, à faire fonctionner les détecteurs de sous-marins, appelés bouées sonores, qu'on jette par milliers dans les océans et les cours d'eau chaque année, sans jamais les récupérer. Sous l'effet du choc, ces bouées laissent tomber des microphones qui captent tous les bruits sous-marins et les transmettent à des avions munis de récepteurs capables d'identifier un sous-marin.

Depuis l'introduction de ces bouées par les Britanniques durant la Deuxième Guerre mondiale, on a cherché à remplacer le chlorure d'argent cathodique par une substance moins coûteuse.

100 tonnes d'argent à la mer ○ Cette recherche était très importante: au cours d'un seul exercice naval, on peut jeter à la mer jusqu'à 2 000 bouées! Chaque année on perd ainsi, dans le monde, 100 tonnes d'argent, dont 40 dans les régions côtières de l'Amérique du Nord.

L'utilisation du chlorure de plomb, que le Canada à lui seul emmagasine à raison de 200 tonnes par an, permettrait pratiquement d'éliminer ce gaspillage de métal précieux.

À Shirley Bay, près d'Ottawa, M. J.R. Coleman, physico-chimiste au Conseil de recherches pour la défense, a mis au point une batterie au chlorure de plomb, à faible intensité, destinée avant tout aux bouées sonores.

À Halifax, M. T.J. Gray, physico-chimiste et directeur de l'Institut de recherche industrielle de l'Atlantique, a mis au point une batterie au chlorure de plomb

dont les propriétés diffèrent quelque peu: il s'agit d'une batterie fournissant plus d'énergie que celle de M. Coleman et conçue pour des fonctions plus difficiles que la simple alimentation de bouées sonores.

Les possibilités économiques de ces deux découvertes sont énormes. Au milieu de 1972, la batterie au chlorure de plomb était prête pour la mise en marché, et on estime, au Canada, devancer d'un an à 18 mois les autres pays qui se sont penchés sur le problème. D'où un avantage considérable lorsqu'il a été question de faire une offre sur l'important marché de la défense américaine, entre autres.

Une économie de 98,6% ○ Les États-Unis, principaux utilisateurs de bouées sonores au monde, achètent 75% de toute la production; en ce qui concerne le chlorure d'argent, cela représente un marché évalué à environ 3 milliards de dollars par an. On s'attend à ce que nos voisins du Sud achètent au moins 300 000 détecteurs de sous-marins entre 1972 et 1976.

Bien entendu, la différence de prix entre les chlorures d'argent et de plomb signifie que le coût de la bouée sonore et de la batterie activée à l'eau de mer pourrait être considérablement réduit. Cette année, le chlorure de plomb vaut environ 50 cents la livre. Le prix du chlorure d'argent varie, mais s'établit généralement aux environs de 35 dollars la livre, et à la hausse.

Enfin, les batteries au chlorure de plomb auraient d'autres applications que la défense: dans les constructions sous-marines, on pourrait les utiliser pour alimenter les foreuses, les lampes et d'autres outils et même des véhicules sous-marins.

Par ailleurs, puisque la batterie ne perd pas de sa puissance après avoir été stockée pendant longtemps, et qu'elle peut être activée par divers liquides salins, y compris l'urine, elle pourrait servir à alimenter le matériel de secours d'avions commerciaux et légers.

Mais la mise au point de cette batterie se heurtait à maintes difficultés.

Le chlorure de plomb ayant tendance à fariner ou à s'écailler, des particules de la cathode pouvaient se déposer sur l'anode de magnésium et l'attaquer. La corrosion retardait l'activation de la batterie et réduisait sa durée utile.

Les batteries devaient également résister au choc susceptible d'entraîner la désintégration de la cathode de chlorure de plomb, lorsqu'elles étaient jetées à l'eau à 46 milles à l'heure. De plus, elles devaient supporter des périodes de stockage allant jusqu'à 90 jours à 90° Fahrenheit (32° C) et 90% d'humidité relative.

Supprimer le farinage ○ M. Coleman a commencé ses travaux en 1969. Au cours de la même année, la Société Ray-O-Vac Canada Ltd. de Winnipeg a reçu du gouvernement le premier de deux contrats de développement d'une valeur totale de \$35,000.

Au début, M. J.R. Coleman, assisté de M. John Armstrong, mélangeait le chlorure de plomb avec un liant ou une colle. Ce procédé ne donna pas de bons résultats. Il y avait toujours du farinage.

En 1972, on découvrit une méthode satisfaisante: mélanger au chlorure de plomb de la poudre de plomb servant à la fois de liant et de conducteur. On chauffa le mélange et on le pressa dans un moule peu profond.

Après quelques minutes se forma une surface dure et luisante: la cathode résistait aux mauvais traitements et à des températures extrêmes.

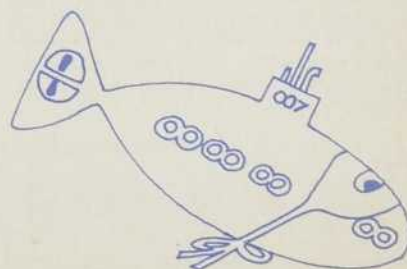
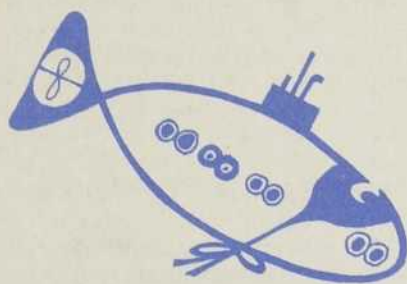
En 1969, à Halifax, M. Gray entreprit également des travaux, couronnés de succès deux ans plus tard: pour augmenter la production d'énergie de la batterie, il remplaça le collecteur de courant en carbone de la cathode par une toile métallique, conducteur plus efficace. Après avoir placé cette toile dans un moule, il y versa du chlorure de plomb fondu pour former la cathode par moulage. Ce procédé fournit en moins de 30 secondes une cathode sans farinage.

Pour éviter la corrosion de l'anode, M. Gray remplaça le magnésium par un alliage d'aluminium, moins coûteux et non corrosif. Puisqu'il n'y a aucune action corrosive, la batterie peut être utilisée indéfiniment, remplie au besoin et vidée pour être stockée.

Pendant l'été de 1972, la Société Ray-O-Vac a commencé à chercher des débouchés sur les marchés mondiaux pour la batterie de M. Coleman. La marine américaine s'est montrée intéressée; des représentants du gouvernement et de l'industrie britanniques sont venus au Canada pour avoir plus de détails concernant son fonctionnement.

La Direction des systèmes de combat aéronautiques des forces armées canadiennes a étudié la première offre pour des bouées sonores alimentées autrement que par des batteries au chlorure d'argent, qui a été présentée par la Société Hermes Electronics Ltd. de Dartmouth en Nouvelle-Écosse. Les batteries destinées aux bouées sonores de cette société seront fabriquées par Ray-O-Vac, seul fournisseur au Canada, qui a dû construire des installations spéciales pour permettre une production à pleine capacité.

Reste à savoir, bien sûr, quels seront à long terme les effets d'importantes quantités de plomb disséminées dans les océans: pour supprimer le gaspillage, peut-être vaudrait-il mieux tout simplement... renoncer à l'espionnage sous-marin? Mais ceci est une autre histoire. ■





«... extraire la quintessence des choses...»: Theophrast Bombast von Hohenheim, dit Paracelse (1493-1541).

cuivre	♀	Vénus
fer	♂	Mars
étain	♃	Jupiter
plomb	♄	Saturne
mercure (vif argent)	♁	Mercure
argent	☾	Lune
or	☉	Soleil

L'astrologie préoccupait aussi les alchimistes et à chacun des métaux, ils assignaient une planète.

LE SOLEIL

Le sigle du quotidien «Le Soleil» est bien connu; il reproduit précisément le symbole alchimique du soleil.

à propos de l'alchimie

par Michel Boudoux

«La chimie est morte... Vive la chimie», titrait récemment QUÉBEC SCIENCE (janvier 1973, pages 9 et 29).

En commençant cette chronique, j'ai failli écrire «la chimie est morte... vive l'Alchimie!». Mais un tel titre — la Rédaction l'eût-elle agréé — n'aurait pas reflété mon avis sur la question. Alors pourquoi consacrer une chronique à un sujet aussi vieux et aussi oublié que l'Alchimie? Simplement parce que face à une technologie de plus en plus stupéfiante, il est peut-être bon de se demander si cette technologie, et les sciences dont elle origine, n'ont pas parfois brûlé les étapes.

Des esprits un peu faibles ○ Au nom du cartésianisme, la science a systématiquement écarté de sa route tout ce qui n'était pas rationnel. Il serait hypocrite de prétendre que ce type de démarche n'a pas porté fruit. Mais tout de même... n'y a-t-il vraiment rien de valable dans ce qu'on appelle les «sciences occultes»?

L'avenir nous le dira, car le débat n'est pas clos. On attend toujours une explication rationnelle des statues de l'Île de Pâques ou des pyramides mexicaines de Teotihuacan, pour ne citer que deux exemples célèbres. Il y aura toujours des esprits un peu «faibles» pour y voir l'intrusion dans un passé très lointain de vaisseaux spatiaux — vénusiens ou autres —, mais le mystère reste complet à ce jour.

Que vient faire l'alchimie dans tout cela? Au cours des siècles, les alchimistes ont souvent été mêlés de près ou de loin à un certain nombre de phénomènes encore mystérieux de nos jours. De plus, leur apport initial aux techniques de la chimie est considérable: ne doit-on pas à un alchimiste arabe du neuvième siècle, Jabîr ibn Hayyân, la découverte de l'acide nitrique (HNO_3), de l'acide sulfurique (H_2SO_4), ainsi que de leur mélange, l'eau régale? Plus près de nous, l'alchimiste Kunckel (1630-1703) isola le phosphore.

El-kimyâ ou la nuit des temps ○ Faire l'historique de l'alchimie n'est pas chose aisée. Ses racines plongent dans la nuit des temps, même si son apogée se situe au Moyen-Âge. Déjà, l'étymologie du mot nous donne une indication: arabe dans sa forme (*el-kimyâ*) et grec dans sa racine; *kimyâ* dérive sans doute de *Khem* (le pays noir) qui désignait l'Égypte dans l'antiquité. Le mot lui-même nous désigne donc la patrie d'origine de l'*art sacré*.

L'orient a connu l'alchimie: selon la légende, les Chinois (toujours eux...) l'auraient pratiquée des 4 500 av. J.-C. Mais c'est surtout le Taoïsme (vers 600 av J.-C.) qui donna naissance à des recherches de cet ordre. Tous ceux qui fréquentent aujourd'hui les boutiques de luxe, dites macrobiotiques, savent que le Taoïsme distingue deux principes complémentaires: le *yang* (principe mâle), et le *yin* (principe féminin) siégeant dans la Terre. Le *yang* — noblesse oblige — a lui son siège dans le Soleil. Selon Lao-Tseu, tout s'explique par la lutte et la réunion de ces deux principes qui engendrent cinq éléments: l'eau, le feu, la terre, le bois et le métal. Parallèlement, le *Tantrisme* indien s'intéressait lui aussi à l'Alchimie; on connaît cependant très mal l'interrelation qui a pu exister entre ces deux mouvements. Mais l'Alchimie, telle qu'allait la connaître l'Europe, se développa en Égypte, plus particulièrement à Alexandrie, durant les premiers siècles de notre ère. D'Alexandrie, elle passa à Byzance, puis aux Arabes.

Le transfert d'Orient en Occident se fit d'abord par l'Espagne, où le Khalifat de Cordoue attirait les étudiants du monde méditerranéen: le pape Sylvestre II (999-1003) fut le premier Européen à connaître les ouvrages alchimiques arabes. Les Croisades surtout, malgré le pillage systématique dont elles s'accompagnaient, mirent l'Occident en rapport avec la civilisation arabe et provoquèrent un vif intérêt pour la science orientale. Tel fut d'ailleurs leur seul apport positif à la civilisation occidentale!

Une science et une mystique ○ L'Alchimie atteignit son apogée européen au XIII^e siècle, époque à laquelle fut traduit de l'arabe au latin l'ouvrage connu sous le nom de *Turba philosophorum* (la tourbe des philosophes). Les traductions de l'arabe, de plus en plus nombreuses, suscitèrent au XIII^e siècle un véritable engouement littéraire.

Mais on répond fort difficilement à la question: qu'est-ce que l'Alchimie?

On discerne néanmoins quatre aspects principaux:

1. une **doctrine** secrète, la **Philosophie hermétique**
2. une **théorie** scientifique (?) sur la constitution de la matière
3. un art pratique — une **technique** — dont le but principal est la transmutation des métaux
4. une **mystique**, l'**Ars magna**.

De tout cela, l'imagerie populaire a surtout retenu le cliché du vieillard mystérieux penché sur son «athanor» (four spécial des alchimistes) et cherchant inlassablement à transformer en or de vils métaux, tout en récitant des incantations plus ou moins magiques!

Qu'y a-t-il de vrai dans tout cela? Un des fondements de la philosophie hermétique était l'affirmation de l'unité de la matière symbolisée par le serpent qui mord la queue (Ouroboros). Ainsi s'énonce le postulat fondamental de l'Alchimie théorique: «la matière est une, mais elle peut prendre plusieurs formes et, sous ces formes nouvelles, se combiner à elle-même et produire de nouveaux corps en nombre indéfini.» Les alchimistes déduisent de là toute une théorie sur la genèse des métaux et, pour citer un de leurs grands maîtres, Albert le Grand, dans son «Composé des composés»: «... la différence seule de cuisson et de digestion produit la variété dans l'espèce métallique».

Pratiquement, les travaux des alchimistes se divisaient en deux «oeuvres»:

- le **Petit Magistère**, où l'on tentait de changer les métaux imparfaits en argent;
- le **Grand Magistère** ou Grand Oeuvre visant à la transmutation des métaux en or, grâce à la Pierre philosophale.

Le grand oeuvre... ○ Qu'il s'agisse du Petit ou du Grand Magistère, les différentes phases étaient identiques: les préliminaires où, longuement, l'**adepte** construisait lui-même ses appareils et installait son laboratoire dans un endroit tranquille, à l'abri des regards indiscrets. Ensuite venait la préparation de la matière: inlassablement l'initié purifiait à la flamme de son **athanor** divers mélanges de soufre, d'argent, d'or ou d'autres métaux. Cela pouvait durer des années. Le produit final était enfermé dans l'**Oeuf philosophique**, une sorte de petit ballon en cristal, dont l'orifice, une fois la matière introduite, devait être soigneusement clos par le «sceau d'Hermès» (d'où l'expression courante: fermeture hermétique).

Alors on remplaçait l'Oeuf philosophique dans l'**athanor** où le feu ne devait pas cesser jusqu'à la fin de l'Oeuvre, c'est-à-dire l'obtention de la fameuse Pierre philosophale.

... et le bûcher ○ Pierre philosophale dont le rôle ne se limitait d'ailleurs pas à la production de l'or: cédon la parole à un des plus illustres alchimistes du XVI^e siècle, Paracelse: «... arrière donc tous les faux disciples qui visent seulement par cette science divine à fabriquer de l'or ou de l'argent! L'Alchimie qu'ils déshonorent et prostituent, n'a qu'un but: extraire la quintessence des choses, préparer les arcanes, les teintures, les élixirs, capables de rendre à l'homme la santé qu'il a perdue.»

Et voilà! Que faut-il conclure? qu'il y eut parmi les alchimistes un grand nombre d'imposteurs ou de fumistes, c'est indéniable! Que Lavoisier ait porté le coup de grâce à la théorie alchimique de la matière, c'est possible mais Lavoisier avait-il prédit la chimie nucléaire qui permet à l'homme du XXI^e siècle diverses transmutations... dont celle du mercure en or?

Si (très) probablement les alchimistes n'ont pas découvert la pierre philosophale, ils n'en gardent pas moins une place de choix parmi les précurseurs de nos chimistes modernes. Souvent on a



Appareils utilisés par les alchimistes.

pu leur reprocher leur ésotérisme et les mystères dont ils entouraient leurs travaux; mais n'oublions pas qu'ils vivaient à une époque où on avait le bûcher facile pour ceux qui remettaient en cause certains «dogmes» scientifiques ou autres! S'ils n'ont rendu publics qu'avec beaucoup de réticences certains de leurs résultats, admirons leur sagesse: ils avaient au moins compris que... le silence est d'or.

Les savants de notre époque sont, hélas! beaucoup moins discrets et ne se font guère prier pour livrer aux pouvoirs politiques les secrets qui permettent à ceux-ci d'assassiner femmes et enfants.

«Science sans conscience n'est que ruine de l'âme» écrivait Rabelais. Que dire alors des ruines de My-Laï... ■

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

GERARDIN, L., *L'alchimie*, Éditions Denoël, Bibliothèque de l'Irrationnel.

Avez-vous lu notre dossier
**le 3^e âge: un âge
 de trop?**

dans le numéro spécial
 de mars de

Maintenant

En vente dans les kiosques et les librairies

Je désire recevoir **MAINTENANT**

- Abonnement ordinaire \$7.
 Abonnement étudiant \$5.

Nom

Adresse

REVUE MAINTENANT
 9820, Jeanne-Mance
 Montréal 357
 739-2758

ROM

**Directeur Général
 Royal Ontario Museum**

Le Royal Ontario Museum est à la recherche d'un directeur général. Le musée, situé à Toronto, est subventionné par la province d'Ontario et dirigé par un Conseil d'administration autonome. Le directeur général est responsable devant ce Conseil.

Le ROM compte un personnel de 350 employés à temps plein et un budget annuel de plus de \$5 millions. Il s'agit d'un musée d'art et de sciences naturelles qui entretient d'étroites relations avec l'Université de Toronto. Les aménagements comprennent également le nouveau Planetarium McLaughlin.

A titre de directeur d'une institution culturelle importante et en pleine expansion, le candidat devra posséder des qualités de gestion autant dans le domaine administratif qu'académique. Il devra également être en mesure de promouvoir les activités du musée et d'étendre son influence à l'échelle provinciale, nationale et internationale.

Le salaire est amplement proportionnel aux responsabilités du poste et d'intéressants avantages sociaux sont offerts.

Si le poste vous intéresse ou si vous connaissez quelqu'un répondant aux conditions de cette offre d'emploi, veuillez communiquer avec nous à l'adresse indiquée ci-dessous et nous vous enverrons une formule de demande d'emploi et les renseignements supplémentaires.

Comité de recherche
ROYAL ONTARIO MUSEUM
 100 Queen's Park, Toronto, Ontario, Canada
 Téléphone: (416) 928-4846

LE DEVOIR

des
 événements

des
 hommes

des
 idées

Abonnez-vous en nous faisant parvenir ce coupon (ou l'équivalent) accompagné d'un chèque ou mandat de poste payable à l'ordre de
LE DEVOIR, Case postale 6033, Montréal 101.

Les tarifs sont les suivants:

DURÉE	CANADA	ÉTATS-UNIS
7 MOIS	\$22.00	\$24.00
8 MOIS	\$24.00	\$27.50
9 MOIS	\$27.00	\$31.00
10 MOIS	\$30.00	\$34.50

Ci-inclus \$..... pour un abonnement de..... mois
 à partir du..... 1973

Nom

Adresse

le cinéma
 qui se fait
 au québec

**cinéma
 québec**
 revue mensuelle

dans chaque
 numéro:
 informations
 critiques
 analyses
 documents

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

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

LA MAISON DE RADIO-CANADA, MONTRÉAL

5. Le chauffage et la climatisation

Le chauffage et la climatisation constituent l'un des éléments techniques les plus intéressants de la Maison de Radio-Canada.

Conçu par le bureau d'ingénieurs-conseils Brais, Frigon et Hanley, le système est basé sur le principe de la récupération interne et de la redistribution de la chaleur dégagée dans l'édifice. Ne produisant ni bruit ni pollution, il cumule l'efficacité, la simplicité et l'économie.

Le système vise avant tout à maintenir l'air à une température de 74°F, et une humidité relative de 45%, tout en assurant un renouvellement d'air frais de 35 pieds cubes par minute et par occupant.

Pour ce faire, l'air de ventilation est aspiré au moyen d'une prise installée sur le toit; il est ensuite dirigé dans un laveur où il est chauffé et humidifié, puis il est injecté dans les divers réseaux de conduites de l'édifice. Après avoir circulé dans ceux-ci et avoir capté une quantité additionnelle de chaleur produite à l'intérieur par les dispositifs d'éclairage, l'équipement électronique et autres appareils, l'air est libéré de cette chaleur au moyen de serpentins et de refroidisseurs. La chaleur récupérée est emmagasinée dans huit immenses réservoirs d'eau d'une capacité de 50,000 gallons chacun. Lorsque l'eau contenue dans ces réservoirs atteint une température de 90° à 110°F et que la chaleur générée devient supérieure à la capacité d'emmagasinage des réservoirs, ceux-ci sont refroidis par des échangeurs alimentés par l'eau pompée du fleuve.

Mélange d'air

Outre les réservoirs, l'installation comprend une pompe qui soutire l'eau froide du fleuve Saint-Laurent — situé à quelques centaines de pieds derrière l'édifice — à raison de 5,000 gallons à la minute, ainsi qu'un ordinateur qui traite les données acheminées continuellement de tous les coins de l'édifice. Cet ordinateur « tâte le pouls » de la température, de l'humidité et de la pureté de l'air ambiant afin de faire réagir le système de climatisation de façon qu'il fournisse les données requises.

Le vaste édifice est subdivisé en zones. L'air qui circule dans chaque pièce provient en partie de l'air aspiré de l'extérieur et en partie de l'air interne qui est recyclé, c'est-à-dire aspiré, filtré et réinjecté dans chaque pièce après avoir été

réchauffé ou refroidi selon les saisons.

L'air ambiant de chaque pièce consiste en un mélange d'air froid à 50°F et d'air chaud à 90°F. Un thermostat commande les soupapes des boîtes de mélange pour maintenir une température de 74°F.

La distribution de l'air se fait de deux façons : Pour les studios de télévision, un système à gaine unique refroidit, filtre et conditionne l'air au moyen d'un appareil qui agit sur les soupapes de mélange d'eau froide en provenance des compresseurs.

Pour les systèmes qui desservent plusieurs pièces au moyen d'un thermostat individuel, une boîte de mélange d'air chaud et d'air froid est utilisée dans chaque pièce et les boîtes de mélange régies par un thermostat sont alimentées par deux gaines.

Il importe de noter qu'en aucun cas l'eau du circuit hydraulique interne ne se mélange à l'eau qui est pompée du fleuve.

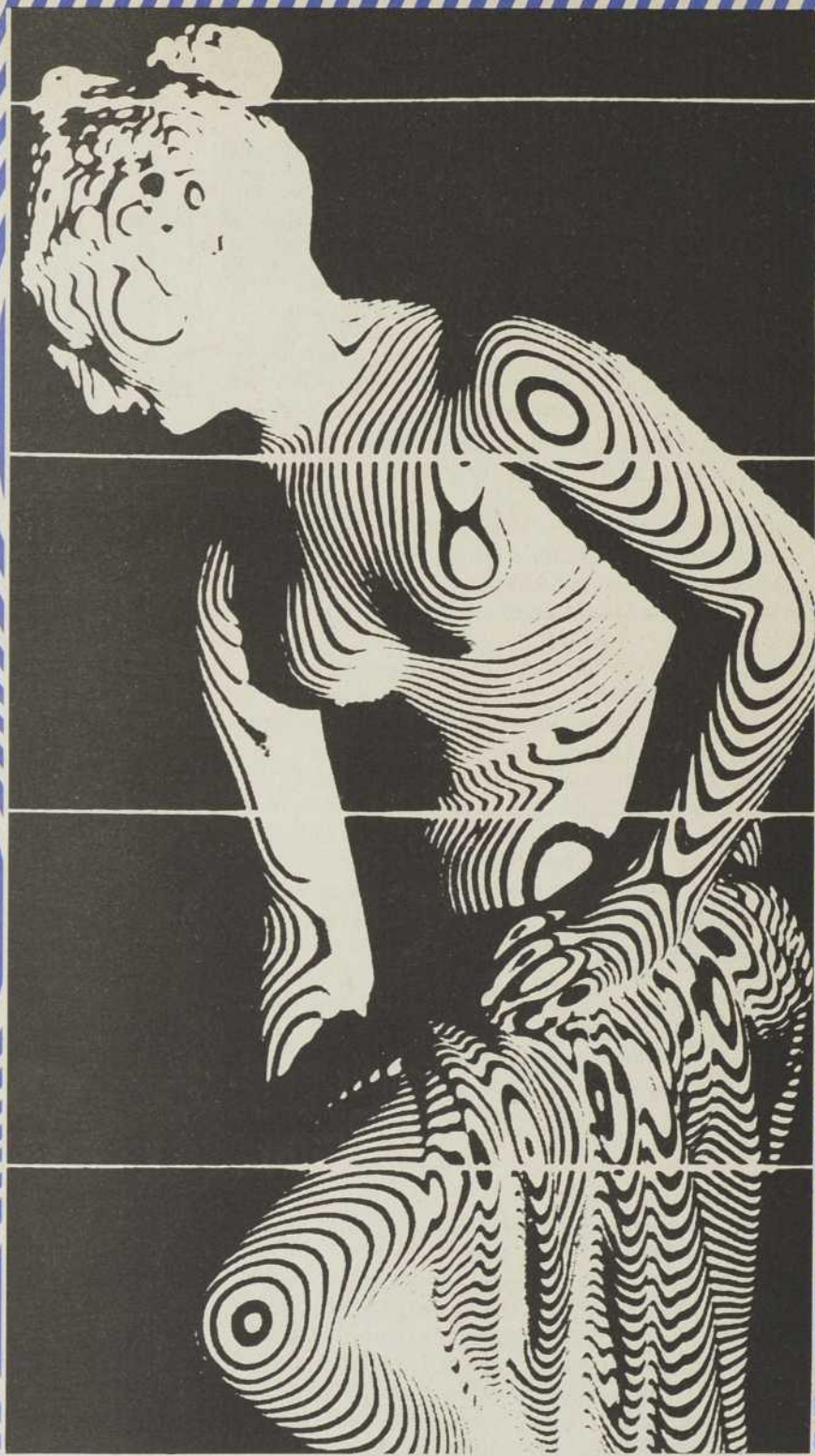
Économie

Au départ, les paramètres de température, d'humidité et de pureté de l'air — compte tenu des conditions optimales dans lesquelles doivent travailler les équipes de production — concouraient au choix d'un système de climatisation à haute performance. Or, la conception architecturale de l'édifice se prêtait bien au choix d'un tel système puisque le secteur des studios de télévision est complètement isolé et se trouve en partie sous le niveau de la rue. De plus, l'éclairage des studios de télévision dégage une importante quantité de chaleur. En somme, il était possible de recourir à un système de récupération de chaleur qui fasse réaliser d'importantes économies au chapitre du combustible.

Bien que le système de chauffage et de climatisation de la Maison de Radio-Canada soit très élaboré, il est d'un coût initial inférieur à la moyenne de ceux des grands édifices à bureaux — indépendamment des économies ultérieures et prévisibles — à cause principalement de la construction modulaire et simple de l'équipement de distribution de l'air.

Le mois prochain:

L'alimentation et les appareils électriques



▲ Topographie de moirés sur une statuette. La distance entre deux lignes de niveau est de 2 mm et de 10 cm entre deux lignes blanches.

▼ « Fall » de Bridgett Riley. Depuis les Indiens Mayas jusqu'à l'ultra-moderne « Op-Art », les effets de moirés sont abondamment exploités par les artistes.

m

par Gilles

L'art, la p
vation des
nous donn
exemples
optique p

Qu'il s'
de l'halluc
déjà de no
que ces fra
et fugitive
chose ou l'
de la rétine

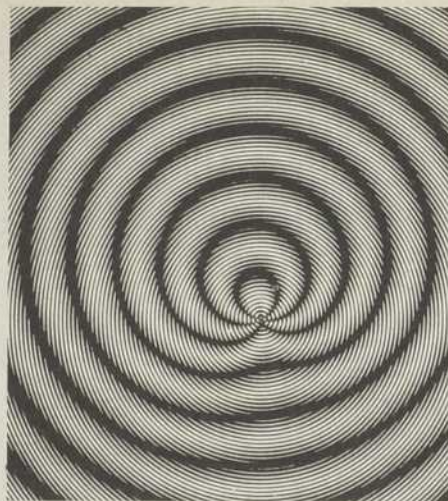
Les mo
par les scie
siècle lors
trude d'un
nous expli
susceptible
médical...
empreintes

Des moiré
que deux e
ment espec
croient av
450. Aux
tient s'ém
capable de
ri en discer
entre les
franges de
sont très r
comme des

Chez l'
ations de
léger dépla
qui, superp
ne une sens
plus, les mo
la simple re
créent l'im
bougent d'u

Ainsi s'é
lévitation e
sensations p
les moirés.

les moirés



Moirés obtenus par la superposition de deux ensembles de cercles concentriques équidistants de dimensions différentes.

par Gilles Paquette

L'art, la publicité, ou la simple observation des rideaux de nos fenêtres, nous donnent quotidiennement des exemples de ce curieux phénomène optique que constituent les moirés.

Qu'ils fournissent une explication de l'hallucination psychédélique risque déjà de nous étonner. Mais qui croirait que ces franges de lumière, capricieuses et fugitives, peuvent s'avérer autre chose qu'une amusante mystification de la rétine?

Les moirés sont pourtant utilisés par les scientifiques depuis plus d'un siècle lorsqu'il s'agit de vérifier l'exactitude d'un réseau; Gilles Paquette nous explique ici comment ils sont susceptibles de faciliter un diagnostic médical... ou la comparaison de deux empreintes digitales.

Des moirés se forment toutes les fois que deux ensembles de lignes régulièrement espacées se superposent et se croisent avec un angle plus petit que 45° . Aux intersections, les lignes semblent s'amincir car l'œil humain, incapable de résoudre ces croisements, n'en discerne que les parties libres (entre les intersections). Les espaces entre les lignes produisent donc des franges claires, tandis que les intersections très rapprochées apparaissent comme des franges noires.

Chez l'observateur, les infimes oscillations de l'œil provoquent un très léger déplacement de l'«after-image» qui, superposée à l'image initiale, amène une sensation de mouvement. En plus, les mouvements occasionnés par la simple respiration de l'observateur créent l'impression que certains moirés bougent d'une façon extravagante.

Ainsi s'expliquent les illusions de lévitation et d'apesanteur reliées aux sensations psychédélices produites par les moirés.

Depuis le néolithique ○ Chacun de nous a déjà observé la formation de moirés tels de longues lignes sinueuses en regardant des rideaux finement tissés (figure 1) ou encore en jetant un coup d'œil sur un rouleau de grillage à moustiquaire. À ce même moment, plusieurs ont certainement remarqué qu'un très léger mouvement (soit de l'objet, soit de l'observateur) provoquait d'importants déplacements du jeu de moirés. Tout de suite, on peut penser que les moirés pourraient être utilisés pour détecter et mesurer de faibles mouvements ou de petits écarts.

Selon le docteur Gérald Oster de Mount Sinai School of Medicine, City University of New York, l'autorité nord-américaine dans le domaine, l'existence des moirés remonte à l'époque néolithique. On les retrouve également dans la décoration intérieure des mosquées médiévales. Les Indiens mayas et navajos en paraient leurs tissus. Plus près de nous, le Op Art (Optical Art) que d'aucuns qualifient de «... an assault on the retina...», utilise à profusion ces effets fugaces et éphémères des moirés pour mystifier les sens de la perception par l'inversion des perspectives (figure 2). Considérons le cas d'une image unique composée d'éléments ordonnés qui se répètent et dont les dimensions sont en deçà de la distance normale d'accommodation de l'œil. L'observateur de cette image perçoit un rapide mouvement vibratoire. Ce phénomène peut s'expliquer de la façon suivante: à une première image normale, se superpose de façon imparfaite (à cause de légers déplacements qui animent l'observateur) une seconde image d'où résultent des ensembles fugaces de moirés.

Au service de la médecine... ○ Les applications pratiques de ce phénomène visuel remontent à environ un siècle. Le premier, Lord Raleigh, utilisa les moirés pour vérifier l'exactitude de réseaux de diffraction. Pour ce faire, on superpose un réseau formé d'un ensemble de traits fins, parallèles et très rapprochés à un autre et on éclaire ce montage en prenant soin de laisser une certaine distance entre la source lumineuse et les réseaux. L'examen du montage par transparence permet de déceler des franges de moirés dans les cas où les deux grilles ne sont pas exactement identiques. Les améliorations apportées à la technique de Raleigh permettent aujourd'hui d'utiliser les moirés dans la vérification de pièces de précision et dans l'analyse expérimentale du stress des matériaux.

Dans plusieurs domaines des sciences physiques (électrostatique, magnétisme, acoustique, radiations électromagnétiques, etc.), les moirés peuvent être utilisés pour la solution graphique de nombreux problèmes (figure 3). L'élaboration d'une théorie mathématique générale rend possible les applications des moirés dans divers domaines.

Une grille de lignes parallèles et équidistantes projetée sur une surface quelconque permet d'évaluer le profil de cette surface. Ainsi, pour donner à un objet tridimensionnel, tel le corps humain, ses propres lignes de contour ou de niveau, donc en définir la topographie exacte, il s'agit d'interposer un réseau entre le corps et la source de lumière. L'ombrage projeté par le réseau se trouve déformé par les courbes du corps et forme d'épaisses lignes noires (figure 4). Les espaces clairs représentent des unités de profondeur. D'après le Dr H. Takasaki de l'Université Shizuoka, l'enregistrement sur film de ces moirés caractéristiques d'un corps en mouvement pourrait être d'une grande utilité dans le diagnostic et la thérapie de certaines maladies de la colonne vertébrale de même qu'en chirurgie plastique. Cette même technique s'applique très facilement à la vérification des irrégularités structurales de nombreux objets produits industriellement: pièces de métal ou de plastique coulées ou frappées, etc.

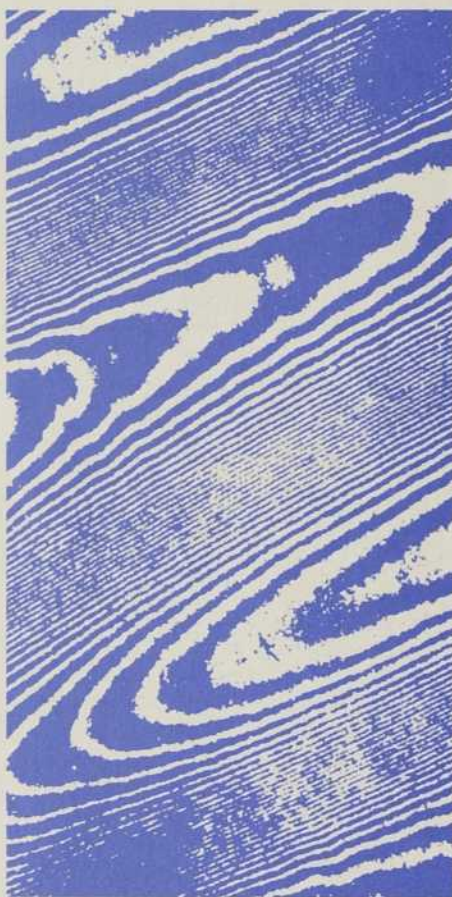


Empreintes digitales agrandies: en observant ces photographies à travers une trame (telle un morceau de moustiquaire) on remarquera que les moirés permettent une différenciation aisée de diverses empreintes.

... et de la police ○ L'emploi de la technique des moirés convient tout particulièrement à l'identification d'images composées d'éléments périodiques noyés ou dissimulés dans un ensemble de détails désordonnés.

Sur un plan très pratique, comme par exemple dans l'identification des empreintes digitales, la technique des moirés peut simplifier la tâche. Selon la méthode classique, le comparaisonniste et l'identification des empreintes digitales se résument à une fastidieuse comparaison ligne par ligne, détail par détail. La complexité et la diversité des empreintes rendent quasi impossible leur classification; en effet, les dessins des empreintes varient à chaque individu et diffèrent même entre jumeaux identiques.

En recouvrant l'image des empreintes digitales d'un fin réseau de lignes parallèles équidistantes, on obtient un type de moiré particulier à chaque empreinte (figure 5). Ce moiré dégage en quelque sorte les éléments périodiques masqués par les détails. La comparaison entre plusieurs ensembles de moirés différents s'en trouve grandement facilitée. Afin d'éviter le processus actuel d'impression et d'agrandissement des empreintes, il serait possible d'obtenir un jeu de moirés en déposant un film transparent marqué d'un réseau adéquat directement sur l'extrémité du doigt. L'enregistrement du moiré ainsi obtenu apparaît au Dr G. Oster aussi spécifique que l'empreinte elle-même, tout en étant beaucoup plus facile à comparer. De plus, en tenant compte de la distance interligne du réseau, il est possible d'apprécier très rapidement certaines dimensions importantes caractéristiques d'une empreinte particulière; ces dimensions étant constantes pour un adulte donné.



Moirés dans un tissu de soie.

Plus fort que le L.S.D. ○ Si l'on considère que le phénomène de moiré constitue une manifestation de l'habileté de l'œil nu à reconnaître des éléments superflus dans des conditions normales, alors l'identification d'ensembles de moirés surviendrait à la suite d'une association entre, d'une part, le mouvement de balayage de l'œil et, d'autre part, les structures périodiques situées au niveau de la rétine. La reconnaissance d'ensembles de moirés plus complexes se situerait plus profondément dans le système optique, peut-être au niveau du cortex visuel du cerveau.

Certains scientifiques ont tenté d'établir une corrélation entre les effets hallucinogènes du LSD et les moirés. Selon le Dr G. Oster, cette drogue modifierait la vision normale en provoquant l'établissement d'une structure de cercles concentriques équidistants (fonctionnant comme un véritable réseau) au niveau de l'œil. Il en résulterait que lors de l'observation d'objets simples par un individu soumis au LSD, ces objets seraient perçus comme des images troublantes et colorées de moirés.

Maintenant que l'on connaît les moirés visuels, à quand les moirés auditifs, olfactifs, etc.? Une combinaison harmonieuse de ces phénomènes pourrait surpasser de beaucoup les effets de plusieurs drogues. ■

POUR EN SAVOIR PLUS LONG

OSTER, G. et NISHIJIMA, Y., *Moiré Patterns*, Scientific American, mai 1963.

OSTER, G., *Moiré Processing of Biological Data*, Annals N.Y. Academy of Sciences, 1969, vol. 157, p. 83.

SOLOMON, Joan, *Moirés*, The Sciences, mars 1971, vol. 11, no 3.

OSTER, Gerald, *The Science of Moiré Patterns*, Edmund Scientific Co., no 9068, 2e édition, 1969, 40 pp., \$3.95.

La compagnie Edmund Scientific Co., 101 E. Gloveter Pike, Barrington, New Jersey 08007, USA, a présentement sur le marché deux jeux de dessins de moirés (set of moiré patterns) en couleur: Série A et Série B.

Ces ensembles consistent en figures (imprimées: opaques et transparentes) permettant de reproduire d'innombrables jeux de moirés.

«La musique
est avec la science
la seule activité
qui rapproche de Dieu.»

(L.V. Beethoven)

Abonnez-vous à QUÉBEC SCIENCE
C.P. 250, Sillery, Québec G
(418) 657-2426
\$3.50 — étudiants \$2.50

les nouveaux ingénieurs

On en parlait depuis un certain temps déjà: le ministère de l'Éducation avait lancé, en janvier '71, une «Opération Sciences Appliquées», dans le but de prévoir et de répondre aux besoins de la société québécoise en ingénieurs, et de rationaliser la formation de ces derniers.

Les premières conclusions de cette «Opération» alimentaient, en mai '72, le colloque de l'American Society for Engineering Education (section française). Sans entrer alors dans les détails, le ministère de l'Éducation affirmait à cette occasion la nécessité de faire place à un programme unique de génie industriel à l'Université du Québec à Trois-Rivières. D'autre part, la constituante de Chicoutimi devrait offrir un cours de génie sans spécialisation, de façon à fournir aux entreprises modernes en perpétuelle évolution des cadres assez souples pour s'adapter.

Effectivement, M. Maurice Boisvert, vice-président à l'enseignement de l'UdQ, annonçait le 16 janvier dernier le lancement de tels programmes dès la rentrée de septembre 1973.

De nombreux «prophètes» brandissaient, il y a peu de temps, le spectre d'une société future «déshumanisée» où les individus de plus en plus spécialisés seraient réduits au rôle d'instruments. On peut donc s'étonner de voir prévaloir au contraire une conception généraliste de l'ingénieur. Il en va pourtant ainsi: «Les besoins nouveaux de notre société exigeraient que certaines universités assurent la préparation d'ingénieurs dont la formation serait essentiellement plus large, multidisciplinaire, et permettrait une adaptation constante au phénomène de plus en plus marqué de la mobilité de la main d'oeuvre professionnelle», déclarait M. André Desgagné, recteur de l'Université du Québec à Chicoutimi, lors de la présentation du nouveau cours de génie unifié.

L'UdQ, le jour même où elle annonçait ces programmes (*génie unifié* à Chicoutimi, *génie industriel* à Trois-Rivières), recevait la bénédiction de la Corporation des ingénieurs du Québec, qui avait été associée à leur élaboration: «Nous sommes d'accord avec les orientations pertinentes de ces deux program-

mes. Elles cadrent bien avec une philosophie de la formation de l'ingénieur et de son rôle que notre Corporation a toujours cherché à promouvoir».

Plusieurs universités américaines ont d'ailleurs précédé le Québec dans cette voie et entrepris la formation de ces nouveaux ingénieurs généralistes capables «de travailler efficacement dans une société en continuelle mutation».

On accordera beaucoup d'importance, à Chicoutimi, aussi bien à l'informatique qu'aux sciences administratives et humaines, et on développera chez le futur diplômé les capacités de travail en équipe ainsi que «la compréhension et le respect des valeurs sociales».

M. Desgagné ajoutait: «Des rencontres avec les industriels nous permettent d'affirmer que leurs entreprises sont de plus en plus disposées à embaucher ces diplômés de formation plus générale qui recevraient, au sein des entreprises, une formation plus spécifique.»

Les jeunes qui se sentiront attirés par cette nouvelle définition de l'ingénieur ne devraient donc pas éprouver la moindre appréhension quant à leur arrivée sur le marché du travail... ■

Fabien Gruhier



par Jean-Marc Fleury

LORSQUE L'HYDRO-QUÉBEC COUPERA VOLONTAIREMENT LE COURANT

Les Américains sont encore traumatisés par la «grande panne» de 1965 qui priva tout le Nord-est américain d'électricité. En plus des pannes totales (blackout), ils connaissent les chutes de tension (brownout) qui viennent constamment leur rappeler que l'énergie commence à se faire rare.

Dans son numéro d'octobre 1972, la revue *Control Engineering* propose un remède drastique pour éliminer les pannes provoquées par une trop forte demande d'électricité. Il s'agirait de modifier les réseaux de distribution pour permettre aux compagnies d'électricité d'arrêter directement les accessoires électriques dans les maisons.

Control Engineering acclame cette approche radicale comme une «nouvelle philosophie de la distribution de l'énergie» et se demande comment il se fait qu'on n'y ait pas pensé avant.

En effet, la demande d'électricité n'est pas constante dans la journée. Elle passe par des périodes de pointe, par exemple à l'heure du souper, ou quand une vague de chaleur vient déclencher les climatiseurs d'air, etc.

Indifféremment, le consommateur ajoute la cuisinière à l'éclairage, au chauffage, au rasoir électrique et à la sècheuse. Mais il est possible de classer ces besoins par ordre d'importance. Ainsi on pourrait fort bien interrompre le chauffage pendant l'heure du souper seulement en comptant sur la chaleur accumulée dans la maison.

La revue propose qu'un ordinateur soit soigneusement programmé pour discerner les deman-

des. Installé dans les bureaux de la compagnie d'électricité, il transmettrait ses signaux par les fils de distribution électrique et couperait les accessoires par ordre d'utilité. Cela éviterait que la demande ne dépasse la puissance du réseau.

Control Engineering ajoute que la technique de transmission des signaux a déjà été mise au point au cours d'études destinées à permettre la lecture des compteurs d'électricité à distance. C'est d'ailleurs au cours de cette étude qu'est née la «nouvelle philosophie de distribution de l'énergie».

Par ailleurs, advenant le jour où l'ordinateur central puisse être programmé pour tenir compte des désirs individuels des consommateurs, il marquerait la fin d'une vaillante petite compagnie québécoise. En effet, la compagnie Gen-Tec, de Québec, fabrique un régulateur de demande d'électricité qui permet précisément aux industries de diminuer leur demande de pointe et d'économiser sur leur compte d'électricité.

DES MICROBES TOUT NUS QUI AIMENT LE SEXE

Une équipe de médecins bostonnais dirigés par le Dr William McCormack vient de confirmer qu'un curieux groupe de bactéries semble très bien s'accommoder du «sexe».

Les mycoplasmes, famille de bactéries «deshabillées» (elles n'ont pas de membrane extérieure) ont souvent été accusées de



divers torts. On les retrouverait par exemple, lors de maladies de l'urètre, chez l'homme.

Les travaux du Boston City Hospital, eux, démontrent tout simplement que les mycoplasmes se retrouvent en abondance chez ceux qui ont des relations sexuelles, donc en principe chez la plupart des gens...

Parmi un groupe de 183 étudiants et infirmières diplômées,

l'étude, publiée dans le *Journal of the American Medical Association*, indique que seulement 5,6 pour cent de ceux qui affirment ne pas avoir eu de relations sexuelles étaient porteurs de ces microbes. Chez ceux qui rapportaient avoir eu des relations sexuelles avec un seul partenaire, le pourcentage s'élève jusqu'à 37,5 pour cent, et augmente à 54,5 et 75,0 pour cent respectivement chez ceux qui disent avoir eu des relations avec deux et trois partenaires.

Les médecins concluent que les mycoplasmes font partie de la microflore vaginale normale des jeunes femmes ayant des relations sexuelles.

LES CHUTES DE NEIGE À QUÉBEC

Devant la rapidité avec laquelle la neige s'empile dans la région de Québec, il est peut-être utile de situer cet hiver dans une perspective plus globale.

M. G.-Oscar Villeneuve, du Ministère des richesses naturelles du Québec, a justement tenté dans *Ressources*, le bulletin de la Direction générale des eaux, de déceler une certaine périodicité des chutes de neige annuelles à Québec.

À partir d'un tableau de la hauteur totale des chutes de neige à Québec durant la période 1901-71, l'auteur a calculé une probabilité non négligeable que les chutes de neige d'une saison soient basées sur celles de la saison précédente. Dans une suprême audace, il affirme même que «les chutes de neige sont cycliques dans la région de Québec». Par contre, M. Villeneuve se refuse absolument à donner la période de ce cycle: «vu les périodes très irrégulières entre les groupes de valeurs fortes et les groupes de valeurs faibles».

Pourtant, s'il existe un cycle, il devrait y avoir une période...

En attendant de recevoir la mise au point de M. Villeneuve, nous allons franchir ce pas.

Son tableau indique que les chutes de neige à Québec suivent un cycle d'environ 40 ans, que nous passons actuellement par le sommet du cycle et que les chutes totales de neige devraient redescendre sous la moyenne annuelle de 3 mètres (120 pouces) d'ici une dizaine d'années.

À vous, M. Villeneuve...

ENFIN, UNE FAÇON DE MESURER L'ÉPAISSEUR DE LA GLACE?

Le Département de génie électrique de l'Université de Toronto annonce qu'il a inventé un nouveau radar capable de mesurer l'épaisseur de la glace.

Appelé «HISS» (Holographic Ice Surveying System), le radar comprend 62 antennes à corne attachées à une poutre de 24 pieds (7,3 mètres) de longueur. Le tout est transporté par hélicoptère à dix pieds (3 mètres) au-dessus du champ de glace. Ensuite un ordinateur spécial traite les signaux réfléchis par la surface de la glace et par l'interface glace-eau, pour obtenir l'épaisseur.

Par contre, après avoir montré la description de l'appareil à M. Henri Arsenault, du Laboratoire de recherche en optique et holographie de l'Université Laval, celui-ci nous a expliqué que l'appareil ne tenait en rien de l'holographie. De plus, M. Arsenault a trouvé que le signal réfléchi serait si faible qu'il se demande si on pourra jamais en tirer quoi que ce soit.

On peut aussi se demander ce qu'il advient du système lorsqu'il y a dix pieds de neige!

Pendant ce temps, les ingénieurs de la mécanique des glaces attendent toujours un appareil qui leur permettrait enfin de mesurer rapidement l'épaisseur des champs de glace. Cette question est cruciale pour le transport maritime en Arctique. Dans ces régions, la navigation consiste en effet essentiellement à découvrir les endroits où l'épaisseur de la glace est minimale. ■

L'ENVIRONNEMENT ET LA CRÉATION DE RÉSERVOIRS ARTIFICIELS

L'homme est souvent amené à créer des réservoirs artificiels à diverses fins. L'insertion de tels réservoirs dans l'environnement a généralement des conséquences écologiques significatives dont l'importance varie selon les dimensions de la nouvelle masse d'eau et les caractéristiques naturelles du milieu où elle se situe: modifications des conditions physico-chimiques de l'eau, modifications des microclimats, répercussions sur l'écosystème, etc. Il importe donc de bien connaître toutes les données de la question, afin de maîtriser, dans la mesure du possible, les effets de cet impact.

HISTORIQUE

L'existence d'un COMITÉ DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT à l'Hydro-Québec témoigne du souci qu'a l'entreprise de respecter les sites où elle doit établir ses installations. Ce comité a été amené à se préoccuper des problèmes écologiques reliés à la création et au maintien de lacs artificiels, et la question a été confiée à la division des Études spéciales et recherches du service de l'Hydraulique.

C'est ainsi qu'un comité *ad hoc* réunissant des membres du personnel de l'Hydro-Québec et des spécialistes de l'extérieur a été formé, que les services de l'INRS (EAU) et de CENTREAU ont été retenus pour certaines études spéciales, puis que des biologistes ont été appelés à joindre le personnel de la division des Études spéciales et recherches. L'entreprise s'est procuré une unité mobile comportant tout l'équipement nécessaire à la réalisation d'études écologiques.

DES ÉTUDES RÉTROSPECTIVES

Pour beaucoup, les premiers efforts de cette équipe sont consacrés à des études qu'on pourrait qualifier de rétrospectives. Ces études consistent à déterminer quels ont été et quels sont les effets sur l'environnement de l'implantation de certains barrages. Les renseignements acquis

de la sorte seront précieux le moment venu d'estimer les conséquences prévisibles de l'érection d'un barrage dans un écosystème particulier.

Le milieu aquatique et une importante bande limitrophe doivent être considérés. En effet, la bande à l'intérieur de laquelle se font ressentir les effets sur le milieu terrestre de la présence d'une masse d'eau artificielle pourra s'étendre jusqu'à quelques milles dans le cas d'un réservoir important. Les caractéristiques physico-chimiques du milieu, les microclimats, le benthos, le plancton, les taux de croissance des poissons, la dynamique des populations animales et végétales constituent quelques-uns des principaux aspects à étudier.

De telles études sont présentement menées sur les réservoirs Baskatong, Gouin, Manicouagan et Outardes.

DES ÉTUDES PROSPECTIVES

D'autre part, les études de nature prospective ont une importance primordiale au sein d'une entreprise comme l'Hydro-Québec. La nécessité d'accroître régulièrement ses installations, de façon à toujours être en mesure de répondre aux besoins d'énergie électrique de ses abonnés, fait que l'entreprise doit sans cesse considérer de nouvelles possibilités de développements.

Avant de concevoir un projet précis de construction, une somme impressionnante d'études techniques et économiques doivent être réalisées. Ces études comprennent des relevés écologiques d'abord préliminaires, puis plus complets, l'étude de toutes les publications concernant l'emplacement envisagé et l'analyse détaillée de ces données. Elles aboutissent à la formulation de recommandations précises sur l'opportunité du développement eu égard à l'environnement et sur les modalités d'un aménagement intégré tenant compte de l'impact écologique prévisible.

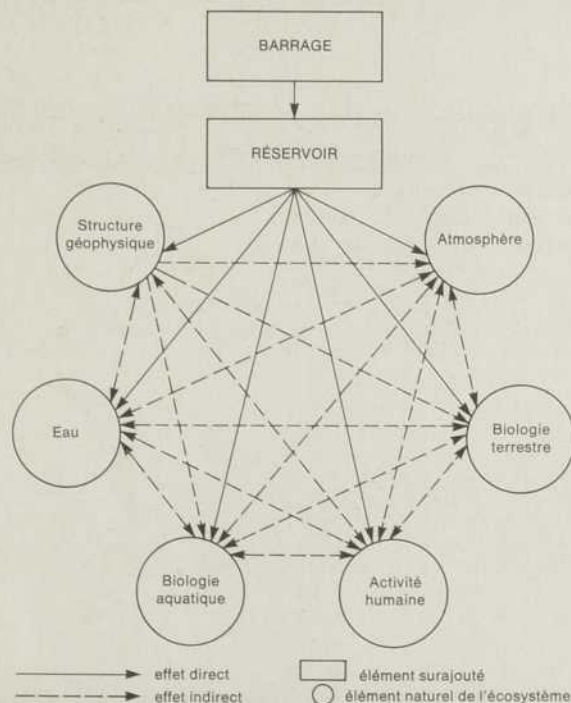
Les études prospectives actuellement en cours s'intègrent, d'une part, à l'élaboration des projets de la baie James et de la rivière Jacques-Cartier et, d'autre part, à la recherche de nouveaux emplacements susceptibles d'exploitation hydroélectrique.

UNE ACTION POSITIVE

L'histoire d'une centrale électrique passe par cinq étapes: celles des études préliminaires, de l'avant-projet, du projet, de la construction et de l'exploitation. Aujourd'hui, chacune de ces étapes nécessite l'intervention de spécialistes de l'environnement. Aux études prospectives et rétrospectives dont il a été question, une action de surveillance écologique et d'assistance technique à la gestion écologique des installations doit s'ajouter.

Ainsi, il n'y a pas nécessairement incompatibilité entre le progrès technique et le respect de l'environnement. L'équilibre de la nature en est un dynamique, et aucune espèce vivante ne peut exister sans agir sur son milieu. Dans le cours de l'évolution, l'apparition d'une espèce se fait à la faveur des conditions d'équilibre particulières d'un écosystème et, pour s'établir en tant que nouvel élément de cet écosystème, l'espèce en question doit nécessairement en modifier l'équilibre. L'homme a l'avantage de pouvoir rationaliser son action sur l'environnement, et l'écologie lui permettra de le faire de mieux en mieux. Dans le cas précis des réservoirs artificiels, il s'est dégagé du Symposium international sur les lacs artificiels (1971) que leur création, sous une gestion appropriée, peut généralement améliorer l'environnement.

L'INSERTION D'UN RÉSERVOIR DANS UN ÉCOSYSTÈME





POUR UNE POLITIQUE DE L'ÉNERGIE
 Michel Grenon, Marabout Université no 229, 1972.
 \$2.90
 En vente dans les librairies

L'importance vitale de l'énergie dans le monde actuel ne fait plus de doute pour personne; voilà une lapalissade qu'on ne répétera jamais assez, aussi longtemps que l'anarchie et le gaspillage tiendront lieu de politique en ce domaine.

Car cette fameuse énergie pourrait bien faire défaut: la croissance exponentielle de la consommation laisse perplexe quiconque se livre à quelques extrapolations fort simples basées sur les réserves de pétrole actuellement recensées, les possibilités forcément limitées d'équipements hydro-électriques... et les prévisions les plus optimistes concernant la maîtrise de la fusion thermonucléaire (cf. le Dossier publié dans le présent numéro).

L'angoisse de la pénurie, qui signifierait l'effondrement de notre civilisation, n'est donc plus un mythe de mauvaise science-fiction alarmiste. Michel Grenon nous démontre, chiffres à l'appui, qu'il serait bien imprudent de négliger cette inquiétante éventualité.

Au moment où paraissait son livre, les États-Unis connaissaient d'ailleurs ce qui pourrait bien être la manifestation initiale d'une telle pénurie énergétique. Le propos de Michel Grenon se trouve donc singulièrement renforcé par les événements, et ceci devrait inciter les pouvoirs politiques à tenir compte — il n'y a plus de temps à perdre — de son cri d'alarme: «En réalité, il est devenu primordial de réfléchir aux moyens de mettre sur pied un système énergétique mondial, seul capable de pallier l'anarchie, le gaspillage et la dégradation de l'environnement.»

F.G.



RECHERCHES AMÉRINDIENNES AU QUÉBEC
 Revue publiée par la Société des recherches amérindiennes au Québec, C.P. 123, succ. g, Montréal 130.
 \$1.50

«Le moment est probablement venu maintenant pour les Amérindiens de parler et pour les autres d'écouter.» Le visage pâle sait donc à quoi s'en tenir dès le premier coup d'oeil à la couverture. Comme chaque article s'accompagne de sa traduction (anglaise ou française selon le cas) nous ne saurions invoquer aucune excuse. Alors écoutons.

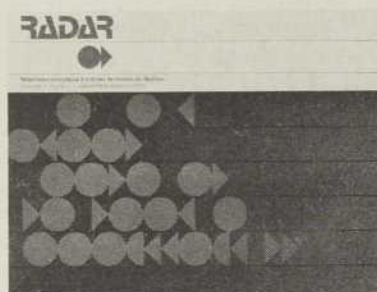
Le sommaire du dernier numéro paru regroupe une douzaine d'articles sous les rubriques droits territoriaux, éducation, habitation («où vont-ils encore nous déménager?») et... développement de la Baie James qui «détruira le gagne-pain d'approximativement 5 000 Indiens Cris.»

Pour finir on nous livre «de quoi alimenter la réflexion des Blancs d'Amérique du Nord et autres étrangers.»

La conclusion s'adresse avant tout aux «autres Indiens d'Amérique du Nord». Je me suis permis de la lire tout de même, au risque d'augmenter encore mon complexe de culpabilité puisqu'elle brosse un tableau de la «perpétuelle lutte pour la liberté et la dignité des Amérindiens.»

Recherches amérindiennes, revue trimestrielle sérieuse — et même un peu austère dans la présentation — est entièrement rédigée par des Indiens. Les auteurs, brillants universitaires pour la plupart, n'ont personnellement rien à envier aux «Blancs» sur le plan de cette dignité qu'ils revendiquent pour leurs frères. Voilà un gage de fidélité, mais on voudrait, de temps en temps, entendre ces «frères» eux-mêmes...

F.G.



RADAR
 Répertoire analytique d'articles de revues du Québec
 Bibliothèque nationale du Québec, Ministère des Affaires culturelles, Québec, 1972

Quelques semaines après le lancement du premier numéro de PÉRIODEX (Index analytique des périodiques de langue française) dont nous parlions dans notre édition de janvier, paraissait un autre index québécois: RADAR (Répertoire analytique d'articles de revues du Québec) publié par la Bibliothèque nationale du Québec. Comme dans le cas de PÉRIODEX, nous ne saurions que recommander chaudement à nos lecteurs de consulter RADAR chaque fois qu'ils veulent étudier un sujet de façon systématique.

Une question se pose cependant. Pourquoi, alors que, au Québec, les revues existantes ont déjà grand peine à survivre, existe-t-il deux index, l'un «de périodiques de langue française» et l'autre «d'articles de revues du Québec»? Un coup d'oeil à la liste des revues dépouillées nous fait vite constater que 41 des périodiques mentionnés sont recensés dans les deux index.

Évidemment, leur préoccupation de base diffère à première vue: RADAR veut donner une vue globale de la production des périodiques québécois; PÉRIODEX, lui, veut servir de soutien à l'enseignement.

Et puis après? Le Québec est-il si riche, pour se payer de tels doublages?

J.-M.G.

ÉCHEC ET MATHS



Problème numéro 19

Quelle est la mesure d'un angle de $15'$, quand on le regarde à travers une loupe qui grossit quatre fois?

SOLUTION DU PROBLÈME NUMÉRO 18

Soient x , y et z , le nombre d'articles achetés par les maris et u , v et w , le nombre d'articles achetés par les femmes.

On peut poser les équations suivantes:
 $x^2 - u^2 = y^2 - v^2 = z^2 - w^2 = 45$
 ou $(x - u)(x + u) = (y - v)(y + v)$
 $= (z - w)(z + w) = 45$.

Il existe trois façons de décomposer 45 en facteurs: 1×45 , 3×15 et 5×9 , ce qui nous incite à poser les équations suivantes:

$$\begin{aligned} x - u &= 1 & (1) \\ x + u &= 45 & (2) \\ y - v &= 3 & (3) \\ y + v &= 15 & (4) \\ z - w &= 5 & (5) \\ z + w &= 9 & (6) \end{aligned}$$

La résolution de ces équations nous donne $x = 23$, $u = 22$, $y = 9$, $v = 6$, $z = 7$ et $w = 2$ ou $x^2 = 529$, $u^2 = 484$, $y^2 = 81$, $v^2 = 36$, $z^2 = 49$ et $w^2 = 4$. On doit donc associer x à André et w à Berthe, z à Charles et v à Denise et, par conséquent, u à Françoise et y à Édouard.

Les couples seront formés ainsi: André et Françoise, Édouard et Denise, Charles et Berthe.

ERRATUM: M. Claude Wauthier, de Chicoutimi, nous signale qu'une erreur s'est glissée dans la publication (QUÉBEC SCIENCE, vol. 11, no 4) des solutions du problème no 15. Un carré manquait en effet au «pentomino y» tel que représenté. Nous félicitons tous les lecteurs perspicaces auxquels n'avait pas échappé cette erreur.

COMITÉ DE SOUTIEN

BELL CANADA
M. René Fortier, vice-président
Zone de Montréal

LA BRASSERIE LABATT LTÉE
M. Maurice Legault, président

BANQUE DE MONTRÉAL
Monsieur C.W. Harris
Vice-président et secrétaire

INSTITUT DE RECHERCHE
DE L'HYDRO-QUÉBEC (IREQ)
M. Lionel Boulet, directeur

Aidez-nous à soutenir
financièrement

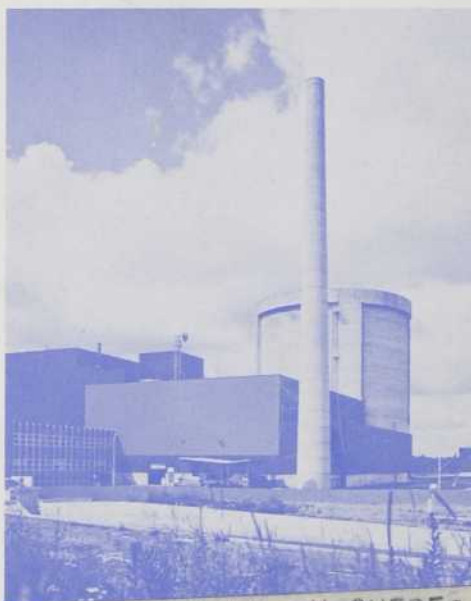
québec
science

le seul
magazine
québécois
d'information
scientifique

Adressez vos dons à:

QUÉBEC SCIENCE
Case postale 250
Sillery, Québec G
Tél. (418) 657-2426

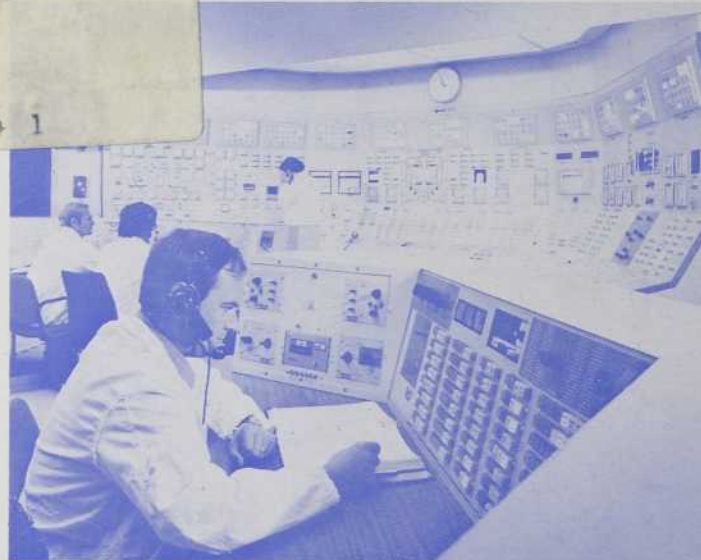
COMMANDE PAR ORDINATEURS DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY



Deux calculateurs numériques contrôlent automatiquement le réacteur et la machine de chargement de la centrale nucléaire Gentilly située sur la rive sud du St-Laurent, non loin de Trois-Rivières. La puissance du réacteur de cette centrale est réglée par des barres et des soupapes de contrôle actionnées par l'un des deux ordinateurs. L'autre ordinateur est prêt à intervenir en cas de défaillance du premier. Par ailleurs, ces ordinateurs affichent et enregistrent les données relatives au contrôle de toutes les sections de la centrale, y compris le turbo-alternateur. L'opérateur prend connaissance des messages d'alarme sur des écrans de télévision. Les relevés des instruments paraissent sur des écrans cathodiques. Les deux ordinateurs sont programmés pour détecter les défaillances. L'un d'eux contrôle automatiquement les opérations de la machine de chargement qui remplace le combustible en cours de marche du réacteur, alors que celui-ci fonctionne à pleine puissance. Propriété de l'Énergie Atomique du Canada, Limitée, la centrale nucléaire Gentilly est exploitée par l'Hydro-Québec.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC
BUREAU DEPOT LEGAL
1700 RUE ST-DENIS
MONTREAL PQ

4 1



BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
REÇU LE
10 MAR 1973
DU QUÉBEC



L'Énergie Atomique du Canada, Limitée

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

Bureau de Montréal: 1550, boulevard de Maisonneuve