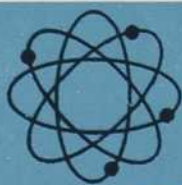


5

VOLUME 7
NUMÉRO 5
FÉVRIER 1969



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Vient de paraître

aux Presses de l'Université
de Montréal

Un ouvrage intitulé *Morphologie évolutive des chordés* vient de paraître aux Presses de l'Université de Montréal. L'auteur en est Paul Pirlot, professeur titulaire au Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'Université de Montréal.

Ce manuel est avant tout destiné aux étudiants universitaires en biologie, année pré-médicale et médecine vétérinaire. Il décrit, suivant l'ordre des systèmes du corps, la morphologie externe et interne, c'est-à-dire les structures organiques majeures, des animaux supérieurs ou chordés, ceux-ci comprenant les vertébrés ainsi que quelques formes moins évoluées. L'exposé a pour but particulier de montrer comment les relations morphologiques entre les divers groupes reflètent l'évolution biologique.

Dans ce domaine qu'on appelle traditionnellement « l'anatomie comparée », deux ou trois livres majeurs ont paru depuis vingt ans aux Etats-Unis. Ils furent utilisés jusqu'ici dans les cours donnés en français au Canada, avec les inconvénients linguistiques que cela entraîne. Par ailleurs, les ouvrages venus d'Europe ne présentent pas la matière selon la formule compacte et efficace, relativement neuve, adoptée par les anatomistes américains. Un livre sur ce sujet, écrit en français et au Canada français, comble donc un besoin réel.

Mais l'auteur n'a pas seulement voulu donner en français l'équivalent des manuels améri-

cains. Il s'est efforcé d'inclure dans son livre des éléments qui dépassent la sèche description classique des faits, tels que des discussions sur des problèmes non encore résolus, des vues synthétiques qu'on ne trouve pas ordinairement dans ce type d'ouvrage.

Ce manuel, préfacé par Marcel Prenant, professeur honoraire d'anatomie et histologie comparées à la Faculté des sciences de Paris, comporte XXXII et 1070 pages et est illustré de 8 hors-texte et 455 figures réalisées par des artistes montréalais. Une bibliographie de plus de mille titres appuie tout particulièrement les références aux travaux récents. Un index et un plan détaillé facilitent l'utilisation de l'ouvrage qui est avant tout un outil didactique. Le professeur qui l'adoptera pourra réduire ses cours théoriques au profit de discussions dont les thèmes seront fournis par les données informatives très actuelles qu'il contient.

Né en Belgique en 1920, Paul Pirlot est licencié en philosophie et lettres (Jury Central, Bruxelles), licencié en sciences (Université de Louvain) et docteur en sciences (Ph.D. et D.Sc., Université de Londres). Il fut boursier de la Fondation universitaire de Belgique, du British Council et « advanced fellow » de la Belgian-American Educational Foundation (Etats-Unis) et boursier post-doctoral du National Research Council of Canada. Pendant huit ans il étudia l'écologie des mammifères en Afrique centrale. Il enseigna et fit des séjours d'études aux Etats-Unis et en Amérique du Sud. En 1958, il fut nommé professeur agrégé de zoologie du Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'Université de Montréal et, en 1963, y fut promu professeur titulaire. En 1968, il a effectué un stage de recherche au Max-Planck-Institut für Hirnforschung à Francfort-sur-le-Main.

Les travaux du professeur Pirlot portent actuellement sur l'anatomie comparée des mammifères d'Amérique tropicale et d'Asie. Il a publié une cinquantaine d'articles, et collabore régulièrement à des programmes scientifiques de Radio-Canada.

Morphologie Evolutive des Chordés

par Paul Pirlot, professeur titulaire au Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'Université de Montréal.

Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal, 1969, XXXII et 1070 pages, illustré de 455 figures et 8 hors-texte, relié toile sous jaquette acétate (6½ x 9½) — \$14.85.

Nous osons croire que nos lecteurs trouvent de l'intérêt à la lecture de nos numéros... Qu'ils soient assurés de tous les efforts des collaborateurs et des responsables de la rédaction pour rendre agréable et instructive chacune de nos éditions.

Le programme de ce numéro permet des incursions dans plusieurs domaines du savoir scientifique. «L'heure qu'il est...» est de grande actualité. La mesure du temps occupe une place de choix dans la technologie et dans les recherches fondamentales. Que l'on songe seulement, par exemple, à la précision exigée dans les départs et les différentes étapes des lancements de satellites, dans l'exécution des programmes spatiaux, où la seconde et la fraction de seconde jouent un rôle essentiel dans le déroulement des expériences.

Dans ce même numéro, vous nous direz peut-être que nous revenons — une fois de plus — «au ciel», à l'astronomie et aux sciences connexes... Tout en évitant la saturation, tout en reconnaissant la place des autres domaines de la science, nous considérons ces «astronomies» modernes comme des thèmes majeurs dans l'évolution actuelle des sciences. «L'astronomie est une des plus anciennes sciences et c'est en même temps une des plus nouvelles, c'est-à-dire de celles dans lesquelles les phénomènes nouveaux et les théories de très grande portée générale apparaissent le plus fréquemment», comme l'écrivait le Professeur Pierre Auger dans une analyse des tendances actuelles de la recherche scientifique. C'est une astronomie renouvelée qui puise de nouveaux et puissants modes d'exploration dans les techniques actuelles. Une astronomie qui peut même commencer l'expérimentation directe à l'aide des véhicules spatiaux. Cette science de l'espace ou de l'Univers réunit une gamme de sujets qu'un honnête homme doit maintenant connaître. Même si nous renonçons à la spécialisation, nous devons tous acquérir au moins quelques éléments de ces sciences pour mieux comprendre l'étonnante description du monde qui se prépare.

L'examen du présent numéro reste incomplet; d'autres intéressants articles vous invitent à lire, à compléter vos connaissances ou à alimenter vos réflexions.

La direction.

Revue de vulgarisation scientifique publiée par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS), et subventionnée par le ministère de l'Éducation de la province de Québec.

DIRECTION

Léo Brassard
directeur
Roger H. Martel
secrétaire de rédaction

Pierre Couillard
Roland Prévost
Marcel Sicotte
Jacques Vanier
conseillers

COLLABORATEURS

Jean R. Beaudry
Gérard Drainville
Raoul Duchesne
Michel Ferland
Roger Fischler
J.-André Fortin
Jean-Guy Fréchette
Thomas de Galiana
Guy Gavrel
Miroslav M. Grandtner
Edouard Kurstak
Paul H. LeBlond
Paul-H. Nadeau
Raymond Perrier
Bernard J.-R. Philogène
Roland Prévost
Jean-René Roy
Madan Lal Sharma
G.-Oscar Villeneuve

Abonnements

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

Adresse

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

Notes

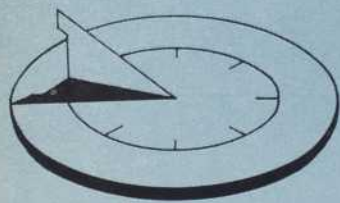
Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire. Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur © ACFAS, 1969. — Le ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication. Port payé à Joliette. — Tous les articles sont classifiés dans l'index analytique, Les Presses de l'Université Laval, Québec.

SOMMAIRE

- 114 **L'heure qu'il est...**
par Jacques Vanier
- 118 **A l'écoute du ciel**
par E. Aisberg
- 122 **Les « phéromones »
une nouvelle porte ouverte
dans la lutte contre les insectes**
par Bernard J. R. Philogène
- 126 **L'eau lourde au Canada**
par Guy Gavrel
- 130 **Lumière et couleur
dans notre vie**
par Maurice Dérivé
- 135 **Préludes aux futures stations
orbitales**
par Jean-René Roy
- 139 **Statistiques et orientation
professionnelle**
par Alphée Nadeau

En couverture

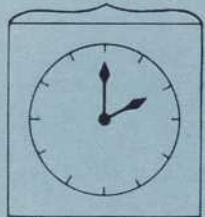
A gauche, un Ours blanc (Ours polaire) qui vient d'être capturé par une équipe de biologistes qui procéderont à une série de mesures et d'observations sur cet animal avant de le libérer. Le Service canadien de la Faune participe activement au programme de recherches entrepris par le gouvernement fédéral dans les vastes régions de la Baie d'Hudson. A droite, quelques formes de chronomètres qui invitent à lire le premier article du présent numéro sur la mesure du temps. — Photographie de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa, et dessins fournis par Jacques Vanier, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université Laval, Québec.



horloge
solaire



sablier



pendule

L'HEURE qu'il est ...

par Jacques Vanier

Le temps, c'est l'usure

En fait, qu'est-ce que le temps si ce n'est l'usure des corps matériels autour de nous? Nos corps s'usent et trop souvent hélas peut-on dire l'âge d'une personne dans un système d'unités donné soit en cycles d'apparition du soleil, ou de la lune ou autre. Les pierres s'usent, les arbres grandissent et meurent et nous voyons tant de phénomènes qui nous rappellent à chaque instant que ce même instant vient de passer.

En fait nous voici au coeur du sujet. Comment mesure-t-on le temps? On peut dire que ce fut une des préoccupations majeures de l'homme depuis qu'il s'est mis à réaliser son existence. Les premiers rendez-vous ont dû certes créer beaucoup d'incompréhension; il est fort probable que les premiers humains ont immédiatement commencé à s'inquiéter au

Cette simple phrase éveille dans notre esprit immédiatement quantité de questions; c'est l'arrivée de l'heure tant attendue, c'est l'inquiétude d'être en retard au rendez-vous ou c'est simplement encore le sentiment d'incapacité devant ces secondes, ces heures et ces jours qui défilent, ce temps qui passe sans qu'on n'y puisse rien. Nous sommes entraînés par ce « fluide » qui ne cesse de couler, qu'on ne peut emmagasiner, et dont nous sommes incapables de contrôler le débit. L'histoire de l'homme en fait, est caractérisée par cette bataille qu'il a dû continuellement mener contre cet impitoyable temps qui passe toujours trop vite. Puisqu'il n'a pu le contrôler, le retarder, l'homme a inventé toutes sortes de moyens pour le mesurer d'abord, le sauver ensuite, et l'utiliser au maximum. L'homme, en effet, se bat avec la nature pour travailler toujours plus vite, pour voyager plus vite, pour lire, penser, raisonner plus vite; l'homme utilise les secondes, les heures au maximum, fait aujourd'hui dans ces secondes, dans ces heures, dix fois, cent fois plus de travail que la veille, et continue ainsi à tricher la nature sur cet atout qui, au premier abord, semblait être entièrement pour cette dernière.

L'auteur, Jacques Vanier, Ph. D., est professeur au Département de Génie Electrique à la Faculté des Sciences de l'Université Laval, Québec.

sujet de ce problème et à essayer de standardiser d'une façon quelconque les instants durant le cycle d'apparition du soleil. Les astres et les saisons ont joué un grand rôle dans la détermination des époques, et les premiers symposiums groupant quelques humains aux aspirations communes voulant élaborer quelques projets de recherche sur les meilleures méthodes de chasse ou de pêche, ont bien pu être fixés à une date comme « Le troisième soleil, après la deuxième pleine lune suivant la fonte des neiges ». Une journée de retard ou d'avance ne devait certes pas influencer beaucoup sur la bonne marche de la réunion. Mais de nos jours, c'est l'heure, la minute, la seconde qui compte, et afin de standardiser par toute la terre, pour que tous et chacun se comprennent, l'homme a inventé l'échelle du temps. L'homme a étudié à fond les astres, a déterminé les cycles de la nature, les uns relativement aux autres, et a pu, à l'aide de phénomènes cycliques qui semblent à première vue immuables, mesurer des phénomènes muables. Ainsi la terre dans son cycle autour du soleil fait sur elle-même $365\frac{1}{4}$ tours. Chaque tour, c'est une journée, $365\frac{1}{4}$ tours ou un cycle autour du soleil, c'est une année. Et ainsi avec ce cycle qui semble immuable, on mesure à partir de notre âge jusqu'à la longueur d'une traversée transatlantique par paquebot. Pour mieux déterminer les périodes de la journée, on a divisé le jour en 24 heures, l'heure en 60 minutes et la minute en 60 secondes. Nous reviendrons sur cette notion de seconde qui joue le rôle d'unité de base à notre échelle de temps et nous verrons jusqu'à quel point on y a raffiné les mesures et définitions.

L'horloge : imagination humaine

Ne peut-on déceler mieux que dans l'horloge cette emprise de la notion de temps sur l'homme? Que d'innombrables machines l'homme n'a-t-il pas inventées pour pouvoir mesurer le débit du « fluide temps »! Parmi les plus célèbres, on peut noter le cadran solaire, fascinante horloge, dont la

stabilité est entièrement fonction des régularités du cycle de rotation terrestre : elle veille sur le soleil et en donne la hauteur dans le firmament (par jour de pluie, elle est plutôt gênée...) On a aussi le fameux sablier qui, lui, mesure plutôt une période de temps mais ne donne pas nécessairement l'heure. Il y a le pendule dont on compte les cycles; chaque cycle dure une période de temps T définie et, on peut en faire une unité de mesure par excellence. En fait, la période du pendule est donnée par :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

où l est la longueur de la corde, et g la constante de gravité. En y attachant des mécanismes capables de combattre les forces de friction et capables aussi d'entraîner un système indicateur tel que des aiguilles, on peut obtenir une indication relative continue de l'instant du cycle de la terre autour du soleil. Il semble que c'est là l'ultime invention et que tous nos problèmes sont résolus. Hélas! Quelle déception nous attend; nous savons très bien que toutes nos horloges avancent ou retardent les unes par rapport aux autres et qu'en fait, T , la période d'un pendule donnée, peut changer avec le temps. La longueur de la corde varie avec la température, l'humidité; bien plus, g n'est pas constant d'un endroit de la terre à un autre. D'autres horloges utilisant d'autres principes, essaient d'enrayer ce défaut avec plus ou moins de succès. On connaît de nos jours la montre avec fourchette vibrante, qui transforme en mouvement d'aiguilles les mouvements périodiques rapides d'un système mécanique. On arrive aussi à faire des horloges, celles-là très stables en utilisant les vibrations internes d'un cristal de quartz très pur. Mais encore là, il faut le réaliser, ces instruments construits avec de tels « coeurs », ne sont pas parfaits, bien que très stables.



Fig. 1 (dessins de ces deux pages)

Histoire illustrée des différents types d'horloges. Leur précision est comme suit : horloge solaire = ± 1 heure par jour; sablier = ± 10 secondes par jour; horloge avec pendule = ± 1 seconde par jour; montre à diapason = ± 1 seconde par jour; oscillateur électronique à cristal = ± 0.001 seconde par jour. (Information de la NASA américaine).

Stabilité, précision et exactitude

Nous avons introduit précédemment la notion de stabilité. En fait, celle-ci n'est pas suffisante pour spécifier entièrement une horloge. La stabilité d'une horloge est cette propriété qui fait que son unité de base telle la période T , définie plus haut, ne varie pas avec le temps. Alors si T demeure constant d'une journée à l'autre, on dira que l'horloge est très stable; on peut aussi bien dire, si on veut, que sa fréquence $1/T = f$ est très stable.

L'exactitude (de l'anglais *accuracy*) est une propriété intrinsèque de l'horloge; l'exactitude est cette propriété qui fait qu'on puisse affirmer que l'unité de temps donnée par une horloge est conforme à la définition adoptée par le comité international chargé de cette question et cela sans qu'on ait à faire une calibration avec un standard primaire. La précision n'est pas une propriété se rattachant seulement à l'instrument en question; la précision fait appel en plus à la méthode de mesure employée. Il est commun toutefois de parler de la précision d'un instrument.

Il est à noter ici qu'une horloge doit fonctionner un temps t très long pour se mériter ce nom. En fait une horloge qui ne fonctionne que quelques instants ne donne pas l'heure mais mesure plutôt la longueur d'une période de temps; nous avons alors un standard de fréquence, puisque pour un instant donné, il nous permet de mesurer T ou $1/f$ en fonction d'un autre standard. On voit en fait que tout oscillateur stable devient une horloge stable si on prend soin de déterminer exactement le temps d'entrée en opération relativement à une horloge standard.

Quelle est la précision de nos mesures avec les horloges que nous avons mentionnées précédemment?

cadran solaire: ± 1 heure par jour
 sablier: ± 10 secondes par jour
 pendule: ± 1 seconde par jour

fourchette: ± 1 seconde par jour
 oscillateur au quartz:
 ± 0.001 seconde par jour

On doit noter que nous avons pris soin de mentionner le laps de temps écoulé avant de déterminer la précision des mesures possibles avec l'instrument en question; de plus, on note que l'erreur possible peut être ou bien négative ou bien positive puisque si on connaissait exactement le signe de l'erreur on pourrait corriger la définition de l'unité de mesure T par un nombre fractionnaire et obtenir des données exactes.

Les horloges atomiques

On voit dans ce qui précède que l'homme a continuellement lutté pour une plus grande précision dans ses mesures du temps. De nos jours, on a dépassé tous les espoirs. Afin de mieux mesurer et contrôler ce temps qui nous entraîne, l'homme est allé chercher à l'intérieur de l'atome un tic tac relativement indépendant des conditions extérieures, telles que l'humidité, la température, les champs magnétiques ou autres. Le principe de base consiste, soit à échantillonner la fréquence de vibration fondamentale d'un atome donné ou soit d'en extraire une certaine quantité d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Dans le premier cas, c'est l'horloge passive; dans le second, c'est l'horloge active, c'est l'oscillateur atomique communément appelé maser.

Le principe de base de ces horloges est le suivant. Un atome dans son état fondamental vibre intérieurement à une fréquence très bien définie. Ceci est dû aux forces magnétiques qui existent entre le noyau et l'électron, qu'on appelle aussi forces d'interaction magnétiques. En physique, on dit que l'atome possède deux niveaux d'énergie séparés par une quantité d'énergie ΔE tel que sur la figure 2. A cette quantité d'énergie correspond une onde électromagnétique de fréquence donnée par:

$$\nu = \frac{\Delta E}{h}$$

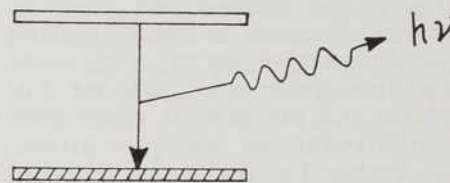


Fig. 2

Le principe de fonctionnement de l'horloge atomique. Un atome passant du niveau 1 au niveau 2 émet un quantum d'énergie dont la fréquence correspondante f est bien définie. La précision des horloges atomiques est de l'ordre de 0.000.001 microseconde par jour.

où h est la constante célèbre de Planck. Si un atome se trouve dans le niveau d'énergie supérieur, il peut émettre un photon (onde électromagnétique) de fréquence ν , en tombant dans le niveau d'énergie inférieur. Si l'atome se trouve dans le niveau inférieur, il peut absorber un photon de fréquence ν . Le maser consiste à utiliser le phénomène d'émission au maximum. Pour cela, on envoie dans une cavité électromagnétique des atomes préalablement choisis qui se trouvent tous dans le niveau d'énergie supérieur. Ils peuvent donc émettre de l'énergie s'entraînant les uns les autres dans un phénomène d'oscillation cohérente, à la fréquence de vibration donnée par l'équation plus haut. L'onde électromagnétique extraite est alors utilisée comme le « tic tac » d'une horloge. Dans le cas de l'hydrogène, le « tic tac » se répète au taux de 1420 millions de fois à la seconde et la stabilité de l'horloge est de l'ordre de $\pm 0.000.000,01$ seconde par jour.

Il existe un certain nombre d'autres horloges atomiques utilisant le même principe de base. Certaines ont une très grande stabilité à court terme, c'est-à-dire, pour des temps de mesure plus courts qu'une seconde; d'autres

ont une grande stabilité à long terme, c'est-à-dire pour des durées de l'ordre du mois. Enfin ces mêmes horloges seront plus ou moins précises selon qu'on pourra obtenir, sans une calibration préalable à l'aide d'un autre standard, une unité de temps de base identique à celle adoptée par le comité international, de qui relève cette définition.

Définition de la seconde

Nous avons mentionné plus haut que le concept de « seconde » joue un rôle fondamental dans la définition d'échelle de temps. Certes il apparaît une solution très simple à utiliser afin de définir la seconde. Puisque, par définition, on a 24 heures dans une journée (un tour de la terre sur elle-même), 60 minutes dans une heure et 60 secondes dans une minute, on peut dire qu'une seconde est égale à $1/84.600$ partie de la journée solaire. Hélas! Une autre déception nous attend: la rotation de la terre n'est pas uniforme. Toutefois en faisant la moyenne sur tous les jours d'une année et en divisant ce jour par 84.600, on finit par définir la seconde solaire moyenne qui est la base de l'échelle de *temps moyen solaire*. Evidemment il y a des variations de la rotation de la terre dont la cause est connue et pour lesquelles on peut appliquer des corrections. Après une correction pour le mouvement des pôles, on définit l'échelle UT-1, les lettres T et U signifiant temps universel. Si on tient compte du mouvement saisonnier de masses (e.g.: glaciers) à la surface de la terre, on peut appliquer une autre correction et obtenir l'échelle de temps UT-2. Mais, même après ces corrections, on s'aperçoit que l'unité de temps, soit la seconde, définie à l'aide du mouvement de la terre n'est pas une constante. Toutefois puisque nos vies sont gouvernées par le mouvement de la terre, l'échelle UT-2 est encore employée.

Le *temps sidéral* est différent du temps solaire en ce que le point de référence, par rapport auquel on mesure une journée, est référé à une étoile (Aries) au lieu du so-

leil. Ceci a la propriété de faire que le jour sidéral ne contient que 23 heures 56 minutes et 4.09 secondes; ceci est dû au fait que la terre faisant un tour sur elle-même dans son cycle autour du soleil, l'année solaire contient 366.24 jours sidéraux.

Afin d'uniformiser l'unité de temps qui, comme on vient de le voir, peut varier suivant les corrections qu'on veut bien y apporter, les astronomes se sont entendus sur une nouvelle définition: la seconde éphéméris. Elle est définie comme étant la fraction $1/31,556,925.9747$ de l'année tropicale en janvier 0, 1900 à 12 heures « temps éphéméris ».

On pourrait dire que notre problème est résolu. En fait, un problème est résolu, celui de l'uniformité de définition d'une unité de temps invariable. Cependant nos observations astronomiques ne nous permettent pas la précision nécessaire pour en faire un standard pratique.

L'horloge atomique vient à notre aide. Pour des mesures de grandes précisions, pour une uniformité de comparaison dans le domaine scientifique, le Comité International des poids et mesures a adopté, en 1968, la définition de la seconde en fonction de la transition entre les niveaux hyperfins de l'état énergétique fondamental du césium. La seconde est définie comme étant la période de temps prise par l'atome de césium pour osciller 9.192.631.770 cycles; ceci est une définition pure et simple puisque la rotation de la terre ne permet pas la précision requise pour comparer les différentes unités avec la précision permise dans une horloge au césium: cette définition est la base de l'échelle de *temps atomique*.

Utilité

On peut certes se demander à ce point-ci quelle est l'utilité de telles définitions et surtout de telles précisions? Il faut signaler d'abord que, bien que la seconde atomique soit exacte et que les appareils la donnant soient disponibles, nous vivons dans un monde où le soleil joue un très grand rôle.

Par conséquent, nos échelles de temps sont corrélées aux mouvements terrestres et l'échelle UT corrélée est l'échelle utilisée pour la vie quotidienne.

Cependant dans certaines expériences de physique de très hautes précisions, il est nécessaire d'avoir la possibilité d'utiliser une horloge très précise dont on peut être certain de l'unité de base. C'est là que l'horloge atomique entre en jeu.

Il y a en effet beaucoup d'applications d'horloges atomiques très stables, qu'on peut énumérer en partie. Du côté expérience physique, on peut citer: vérification de la théorie de la relativité d'Einstein, étude de la radiation des quasars, études par interférométrie à très longue base de corrélation dans la radiation céleste, etc. Du côté pratique, on peut mentionner: trajectographie à l'horloge, navigations aérienne et navale, navigation interplanétaire, synchronisation du temps d'un continent à l'autre.

On ne peut que conclure que ces horloges n'ayant encore connu qu'une existence de l'ordre d'une dizaine d'années connaîtront un essor encore plus grand et seront utilisées de plus en plus dans des applications plus nombreuses.

Question

Un navire en mer veut déterminer sa position à partir de l'heure donnée par un observatoire de latitude et longitude données, et la hauteur du soleil dans le firmament. Avec quelle précision doit-il connaître l'heure à l'observatoire s'il veut déterminer sa position relativement à sa longitude à 1 000 pieds près?

Réponse: approximativement à $\frac{1}{2}$ seconde.

A l'écoute du ciel

par E. Aisberg

Sommes-nous seuls dans l'univers? Et s'il existe, sur d'autres planètes, des êtres pensants, ayant peut-être atteint des niveaux de civilisation supérieurs au nôtre, pourquoi ne se manifestent-ils pas? Pourquoi ne recevons-nous pas de l'espace des signaux radio-électriques émanant d'autres mondes habités? Voilà des questions passionnantes que nous tenterons d'analyser.

Disons d'emblée que, jusqu'à présent, aucune preuve matérielle ne nous fut administrée de l'existence d'êtres pensants sur une quelconque planète. Et pourtant, depuis toujours, peut-on dire, la conviction existe de la pluralité des mondes habités. Elle fut affirmée dans leurs oeuvres par Cyrano de Bergerac, par Fontenelle, par Voltaire et, plus près de nous et avec le lyrisme qui le caractérise, par Camille Flammarion, pour ne citer que les noms les plus connus et en faisant abstraction des innombrables écrivains actuels de « science-fiction ».

L'auteur, E. Aisberg, est directeur de la Société des Editions Radio, à Paris, et membre de l'Association des Ecrivains scientifiques de France.

En toute logique, on ne saurait que partager cette conviction en se fondant sur la théorie des probabilités et, plus spécialement, sur la loi des grands nombres.

La galaxie dont fait partie notre système solaire comporte à elle seule quelque cent milliards d'étoiles. On peut l'imaginer en première approximation comme une lentille biconvexe d'un diamètre de 100 000 années-lumière (rappelez qu'une année-lumière est égale à $9,45 \cdot 10^{12}$ km soit près de dix mille milliards de kilomètres). Dans le « voisinage » de notre système solaire, c'est-à-dire dans un rayon de 100 années-lumière, on trouve quelque 10 000 étoiles.

Mais notre galaxie n'est qu'une des innombrables galaxies composant l'univers. Ainsi, tout près (à 200 000 années-lumière seulement!) trouve-t-on les nuages de Magellan; guère plus loin est située la célèbre nébuleuse d'Andromède. Et le télescope nous en découvre des milliers d'autres. Que l'on songe que chacune de ces taches lumineuses est formée de milliards d'étoiles... Peut-on y penser sans avoir le souffle coupé?

Or, qu'est-ce qu'une étoile? En principe, c'est un soleil comme le nôtre, beaucoup plus grand ou bien plus pe-

tit. Mais toujours une masse énorme de gaz incandescents. Et puisque, autour de notre Soleil se sont formées plusieurs planètes, pourquoi n'en serait-il pas de même d'un certain nombre d'autres étoiles? Parmi les millions de milliards de ces astres, il doit en être qui sont entourés de toute une famille de planètes. Il en est peut-être qui n'en comportent qu'une seule et d'autres qui mériteraient le prix Cognac...

Y a-t-il des preuves de l'existence de planètes autres que celles de notre Soleil? Non. Compte tenu des énormes distances qui nous séparent des autres étoiles, il est impossible d'observer des variations périodiques de leur brillance dues au passage des corps opaques. Mais l'affirmation *a priori* n'a guère, en l'occurrence, besoin de telles preuves.

Et si l'on tient compte du nombre prodigieux de systèmes solaires qui doivent exister dans l'Univers, comment ne pas admettre que, sur certaines planètes, tôt ou tard, les conditions furent réunies qui donnèrent naissance à la vie organique. Il n'est point obligatoire de penser que celle-ci revêt les mêmes formes que sur terre. Le chimisme de base peut être bien différent. Quand on voit la prodigieuse variété qui règne dans le mode animal peuplant notre globe, il est aisé d'imaginer combien peuvent être différentes les formes de la vie se développant dans des conditions physiques et chimiques tout autres. L'imagination des romanciers de « science-fiction » est bien pauvre comparée à celle de la nature!

Dans son ouvrage, *Univers, Vie, Raison*, l'astronome soviétique J. S. Chklovsky estime que le nombre de planètes habitées est de l'ordre du milliard. Est-ce à dire que tel est le nombre de civilisations qui se sont développées dans l'univers? Certainement pas. Rien ne permet d'affirmer que la vie évolue partout vers l'apparition d'êtres doués de raison, comme c'est le cas sur notre terre (1). Il est probable que, sur certaines planètes, l'évolution n'a pas dépassé un très bas niveau d'organisation.

(1). Telle n'est pas cependant l'opinion de Bolit, auteur d'un ouvrage philosophique publié à Paris, en 1967, sous le titre *Energie psychique* et rédigé en langue russe. Dans un de ses chapitres, l'auteur affirme que l'évolution de la matière conduit obligatoirement à l'apparition d'êtres vivants doués d'énergie psychique, ce qui suppose le développement de l'intellect.

En revanche, ailleurs, des civilisations ont pu se développer, dépassant considérablement la nôtre.

Cependant, depuis des milliards d'années que le monde existe, certaines civilisations ont pu atteindre leur apogée, puis disparaître (l'invention des armes atomiques peut y contribuer efficacement...), alors que d'autres n'en sont qu'à leurs premiers balbutiements. Il serait candide de penser qu'un synchronisme quelconque doit régner en cette matière. De plus, la notion même de *synchronisme* perd son sens propre dans cet immense espace d'où peut-être nous parviendra un jour un appel au secours émanant d'une humanité ayant disparu depuis cent mille années.

Cependant, compte tenu de la quantité énorme de planètes présentant une grande probabilité de vie, on peut estimer qu'il en existe un grand nombre peuplées d'êtres doués de raison, ayant maîtrisé les principales lois de la nature et parcouru les étapes capitales de la technique. Il doit y en avoir de très nombreuses où cette situation existe actuellement ou, du moins, à une époque dont nous sommes séparés par autant d'années de temps qu'il y a, dans l'espace, d'années-lumière qui nous en séparent. Dès lors, pourquoi n'en recevons-nous pas de signaux?

Quels sont nos moyens de communication avec le monde extérieur?

Quels sont donc nos moyens de communication avec le monde extérieur? Comment pouvons-nous étudier nos proches voisins, la Lune et les planètes du système solaire avec l'astre du jour qui trône en son centre? Par quelle voie nous viennent des informations sur cette région de l'espace et sur ses parties plus lointaines?

Jusqu'à des temps récents, la seule petite fenêtre qui nous permettait d'entrevoir certains aspects de l'univers était constituée par l'étroite bande de fréquences des ondes électromagnétiques formant la lumière visible. Autrement dit, seuls les moyens *optiques* nous ont permis jusque-là de nous procurer cette somme d'informations qui était, il y a peu d'années encore, à la base de toute l'astronomie.

Avec l'avènement de la radio, une nouvelle ère s'est ouverte dans notre

connaissance du cosmos. Une deuxième «fenêtre» celle des *ondes électromagnétiques* de longueurs inférieures à 30 m, nous a permis de découvrir des mondes et des merveilles.

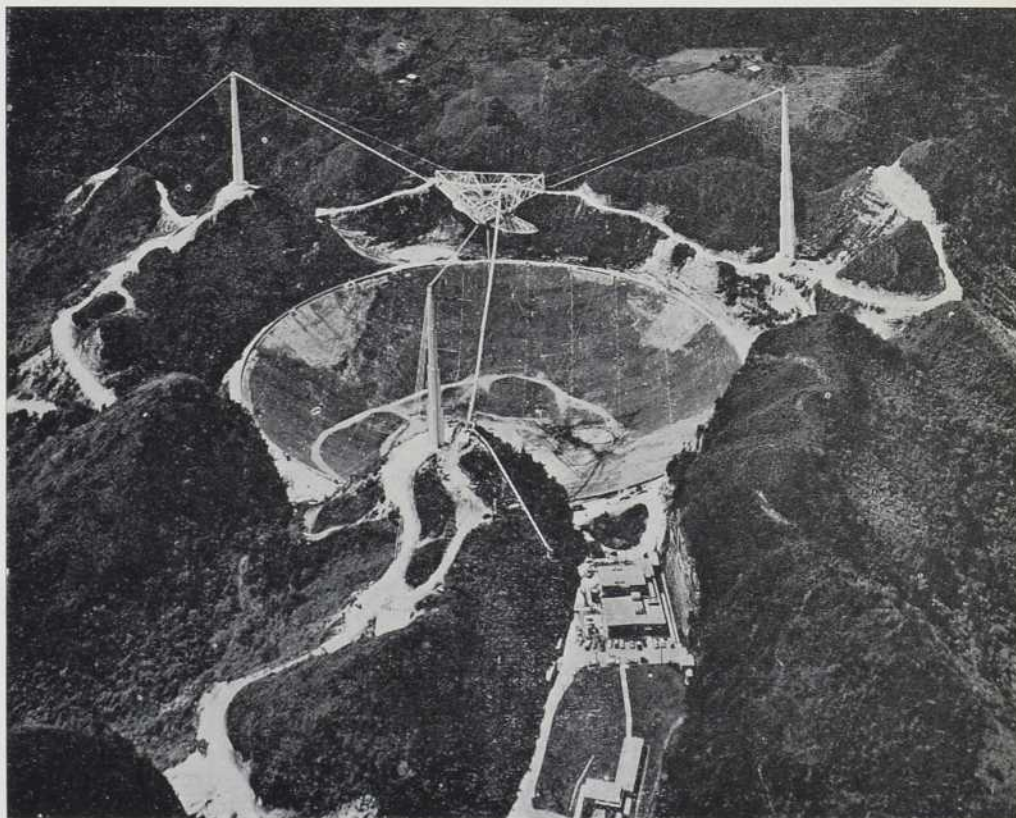
Traversant aisément l'atmosphère de notre globe, ces ondes nous ont notamment révélé qu'en plus de son rayonnement lumineux, le soleil est une source très puissante d'ondes et que ses «dimensions radio-électriques» sont 30 à 40 fois supérieures à celles de sa couronne visible. Elles nous ont aussi mis en présence d'un grand mystère: ces «quasars» ou quasi-étoiles dont chacune émet des ondes avec une puissance supérieure à celle de toute une galaxie!

On a aussi, dès le début des observations radioastronomiques, constaté la présence d'une forte émission sur la longueur d'onde de 21 cm (1 420 MHz) venant de toutes les directions de l'es-

pace. Là, le mystère fut vite percé: il s'agit de l'émission des atomes d'hydrogène, élément le plus répandu dans la nature, qui sont dispersés dans le cosmos. L'unique électron de l'atome peut occuper alternativement deux positions d'équilibre. Passant d'un niveau d'énergie à un autre, il émet cette fameuse onde de 1 420 MHz. Notons qu'une telle impulsion n'est produite par un atome qu'une fois tous les dix millions d'années. Mais leur nombre est tellement élevé qu'il nous parvient, sur cette fréquence, un flot puissant d'énergie...

La *radioastronomie* se développe rapidement. Elle ne se contente pas de l'exploration *passive* de l'espace, se limitant à la *réception* des ondes qui en émanent. A leur tour, nos chercheurs en projettent vers l'espace, méthode *active* qui, dès 1946, a permis d'obtenir un écho radio-électrique de la Lune (2).

Ce radiotélescope géant, situé dans le cratère du volcan Arecibo, (Porto-Rico), constitue l'élément principal du Centre de recherches ionosphériques opéré par l'Université Cornell des États-Unis. La cuvette grillagée forme un réflecteur parabolique de 300 m de diamètre; dans son foyer est suspendue sur trois pilônes une antenne orientable pesant 500 tonnes. (Photo Cornell University).



Dès 1959, un exploit autrement difficile fut accompli lorsqu'un étroit faisceau d'ondes fut dirigé vers *Vénus* et les ondes réfléchies de la surface de cette planète furent captées à l'aide d'immenses antennes paraboliques.

Deux ans plus tard, la « radarisation » de *Vénus* a permis d'obtenir quantité d'utiles informations à son sujet. En promenant le faisceau d'ondes sur diverses régions de cette planète, on a constaté que sa surface présentait un relief assez prononcé, formé probablement de nombreuses montagnes. En effet, les réflexions sont produites non seulement par la partie centrale du disque visible, mais aussi, bien que dans une plus faible mesure, par des régions proches de son bord; cela prouve la présence d'aspérités déterminant la diffusion des ondes.

En raison de l'effet *Doppler*, la fréquence des ondes réfléchies est modifiée lorsque les surfaces réfléchissantes se déplacent dans le sens de la propagation des ondes. En mesurant l'augmentation de la fréquence des ondes réfléchies par un bord et la diminution de la fréquence de celles retournant de l'autre, on a pu établir la vitesse de la rotation de *Vénus* qui accomplit un tour autour de son axe en 243 journées terrestres. C'est dire combien les jours y sont longs!

L'axe en question est presque perpendiculaire au plan de l'orbite, en sorte qu'il n'y existe pas de saisons. Enfin — chose, semble-t-il, unique dans le système solaire — le sens de la rotation est contraire de celui dans lequel l'Etoile du Berger accomplit sa révolution autour du Soleil. En sorte que celui-ci s'y lève à l'ouest et se couche à l'est!...

Nous avons qualifié d'exploit cette exploration radio-électrique de *Vénus*. En effet, l'intensité du champ à la réception obéit toujours à la fameuse loi « inversement proportionnelle au carré

de la distance ». Or, dans le cas d'un aller et retour, l'intensité de l'écho est inversement proportionnelle à la quatrième puissance de la distance. C'est dire que l'on ne saurait en aucune façon songer à l'application d'un tel procédé à des corps célestes en dehors du système solaire.

Mais pourquoi ne pas essayer d'envoyer des signaux vers diverses étoiles avec l'espoir d'en obtenir des « réponses » ? Et quand nous disons « étoiles », nous entendons par là les systèmes solaires pouvant comprendre des planètes.

Pour qu'un signal envoyé à plusieurs années-lumière ait quelques chances d'être reçu, c'est-à-dire de parvenir avec une intensité suffisante pour émerger des bruits galactiques et de ceux inhérents au récepteur, il faut émettre en un faisceau très concentré. L'angle d'ouverture du faisceau doit être de l'ordre de quelques centièmes de seconde.

On sait que la largeur du lobe principal du diagramme d'une antenne à réflecteur parabolique est proportionnelle à la longueur d'onde et inversement proportionnelle au diamètre du réflecteur. C'est dire l'intérêt de l'emploi des ondes les plus courtes et des antennes géantes (celle installée dans le cratère d'un volcan éteint de *Porto Rico* mesure 300 m de diamètre).

A notre tour, avec des récepteurs à gain très poussé et à bruit de fond très faible — c'est le cas des *masers* — avec des antennes de réception géantes, nous serions nous-mêmes capables de capter des signaux émanant dans de telles conditions d'étoiles situées à plusieurs dizaines d'années-lumière de notre globe. Et nombreuses sont les stations où, depuis plusieurs années, on est à l'écoute du ciel.

Quel système de liaison avec l'extérieur pourrait-on établir ?

Que cherche-t-on avidement à recevoir ? Des signaux. Il faut entendre par là non pas des ondes ordinaires, mais des ondes porteuses d'information. Celle-ci doit y être imprimée par un moyen quelconque de modulation, c'est-à-dire de modification d'une des caractéristiques essentielles de l'onde : sa durée (modulation par tout ou rien), sa fréquence, son amplitude (en éliminant les fluctuations dues aux conditions de propagation).

Quelle est la possibilité de l'établissement d'une telle liaison radio-électrique ? Elle est déterminée par le produit de plusieurs facteurs :

1) Facteur *spatial* : il faut que l'étroit faisceau (angle solide d'une faible fraction de seconde) soit justement dirigé vers notre planète; on conçoit combien cette probabilité est faible, car rien ne distingue notre soleil des milliards d'autres astres de notre galaxie.

2) Facteur *temporel* : il faut que, dans l'infinité des temps, l'émission atteigne notre globe terrestre justement à l'époque où des essais de réception des signaux venant de l'espace sont entrepris par nos radioastronomes.

3) Facteur *fréquence* : il faut, enfin, que l'écoute soit effectuée sur la fréquence des ondes émises par notre lointain correspondant.

Le produit de ces trois probabilités, exprimées chacune par une fraction de très faible valeur, doit être encore bien plus faible. C'est sans doute ce qui explique le fait que, jusqu'à présent, notre écoute n'a pas permis d'entendre des paroles venant d'autres espaces et d'autres époques. Est-ce une raison pour se décourager ? Assurément pas.

Puisque, sans en exclure l'emploi, il faut reconnaître la faible probabilité d'établissement de télécommunications cosmiques à l'aide d'ondes radio-électriques, pourquoi ne pas recourir à des méthodes optiques ? N'a-t-on pas, depuis très longtemps, songé à la possibilité de communiquer avec les *Sélénites* ou les *Martiens* à l'aide de signaux lumineux ?

Une analyse mathématique du problème démontre la difficulté d'établir de telles liaisons. En effet, pour qu'une source de lumière soit visible à une très grande distance, il faut que, là encore, le faisceau des rayons soit très étroit. Or, il ne pourra l'être pour une raison très simple : les sources de rayonnement ne sont pas ponctuelles.

Qu'il s'agisse d'un arc voltaïque, d'un corps incandescent, d'un gaz lumineux, chacun de ses points formera un rayon qu'un projecteur enverra dans une direction quelque peu différente. Dans le meilleur cas, l'angle solide du cône de lumière projeté sera de l'ordre d'un demi-degré.

Dans ces conditions, en dirigeant notre rayonnement vers la Lune, nous y formerons une tache lumineuse d'un

diamètre de quelque 3 000 km. Et si nous visons Mars, le diamètre de la tache de lumière peut atteindre 600 000 km, soit près du centuple du diamètre de la planète rouge!... C'est dire que la lumière la plus puissante devient absolument invisible à partir de la planète voisine de la Terre. Que dire dès lors de liaisons interstellaires...

Mais une nouvelle possibilité surgit avec l'apparition du *laser*. Non seulement la lumière qu'il fait jaillir est d'une *puissance* prodigieuse, non seulement elle forme un faisceau de *rayons presque parallèles*, mais elle est de surcroît pratiquement *monochromatique* et — surtout — *cohérente*. C'est ce qui la distingue fondamentalement de toutes les autres sortes de lumière existant dans la nature.

Supposons que nous dirigions un puissant rayon de laser vers un système solaire se trouvant à quelques années-lumière du nôtre. S'il y a, sur une de ses planètes, des êtres hautement civilisés, guettant des signaux venant de l'univers, ils ne distingueront pas, dans leurs télescopes, une variation quelconque de la brillance de cette étoile que constitue pour eux notre soleil. La lumière du laser est si peu de chose comparée au rayonnement de cet astre!

Mais l'*analyse spectrale* révélera l'apparition d'une très étroite bande, d'intensité supérieure, due au monochromatisme du laser. Et une étude plus attentive montrera qu'il s'agit d'un rayonnement de nature très particulière : la lumière cohérente.

Notre système de liaison est, on le voit, fondé sur toute une série d'hypothèses. Cependant, aucune d'elles ne paraît improbable. Et l'on peut, inversement, se demander si des êtres extraterrestres n'ont pas déjà, de leur côté, tenté d'entrer en communication avec nous à l'aide de rayons émis par des lasers.

Ne pourrait-on pas expliquer ainsi la *formidable explosion* qui a secoué une partie de la Sibérie occidentale, le 5 juin 1908, en laissant une colonne lumineuse verticale qui ne devait se dissiper que plusieurs heures après. On a d'abord cru à la chute d'une immense météorite. Mais on n'en put découvrir aucune trace. Il y a dix ans, une nouvelle expédition est venue examiner attentivement toute la région où s'était déroulé le mystérieux phénomène. On

ne trouva aucun indice pouvant en fournir l'explication.

Mais nous savons que la prodigieuse énergie du laser peut provoquer des *décharges* dans l'atmosphère, en formant notamment de véritables boules de feu, c'est-à-dire des sphères de plasma. Et l'on en vient à se demander si l'explosion de 1908 n'a pas été produite par un rayon de laser pénétrant dans l'ionosphère terrestre. On va même jusqu'à supposer qu'il émanait d'une planète de l'étoile 61 de la constellation du Cygne et que l'on répondait ainsi au signal radio émis de la Terre par l'éruption du volcan dans l'île indonésienne Krakatoa, qui a eu lieu le 27 août 1883... Doit-on accorder foi à des hypothèses aussi hardies?

Quoi qu'il en soit, tout doit être fait pour rompre l'isolement de l'Homme dans l'Univers, pour établir des liaisons avec d'autres mondes qui, souhaitons et espérons-le, pourraient donner au nôtre des leçons de sagesse. Car il en a rudement besoin.

Les "phéromones":

une nouvelle porte ouverte

dans la lutte contre les insectes

par Bernard J.R. Philogène

Tous les êtres vivants émettent des substances volatiles qui résultent de l'activité métabolique de l'organisme. Pourquoi de telles substances, à quoi servent-elles ? Il y a déjà bien longtemps que les biologistes ont remarqué que les insectes femelles attirent les mâles à des milles à la ronde ou encore que certains animaux évitent d'instinct ce qui semble être une proie facile. A force d'expérience et d'observation, on est arrivé à établir que les insectes — en particulier — émettent toute une gamme de substances qui attirent ou éloignent leurs congénères ou ennemis selon le cas.

Qu'est-ce qu'une phéromone ?

Karlson et Butenandt ont proposé en 1959 le terme « phéromone » pour qualifier ces substances qui semblent attirer les insectes les uns vers les autres. Une phéromone (du grec *pherein*: transporter, et *horman*: exciter, stimuler) est donc un composé biochimique qui est sécrété à l'extérieur de l'organisme et qui permet aux insectes de communiquer. Les phéromones sont donc différentes des hormones, substances qui travaillent à l'intérieur de l'organisme.

Tandis que les hormones sont issues de glandes endocrines et agissent au niveau des tissus du même organisme, les phéromones affectent les autres membres de la même espèce ou d'une espèce différente.

Les phéromones agissent au niveau du système nerveux central. On distingue généralement deux types de réaction: (I) réaction immédiate de comportement dès la réception du composé organique, comme dans le cas de phéromones sexuelles; (II) réaction ne se manifestant qu'après une période plus ou moins longue, faisant suite à la réception de la phéromone. Par exemple les grillons *Acheta domesticus* et *Grylloides sigillatus* ne peuvent cohabiter car ils sécrètent des phéromones nocives qui les excluent l'un et l'autre (diminution de poids, fécondité plus faible, etc.).

Puisque les phéromones sont avant tout des substances de communication entre des animaux isolés, il s'ensuit qu'elles doivent être volatiles et donc sujettes aux lois de diffusion des gaz. La substance est généralement émise sous forme de liquide qui s'évapore et forme une espèce de nuage autour de l'animal émetteur. La distance à laquelle le composé sera transmis dépendra bien entendu du degré de volatilité de la phéromone. On sait toutefois qu'une

phéromone sexuelle peut être « sentie » par le mâle à plusieurs milles de distance.

Nous allons considérer ici les principales phéromones actuellement étudiées et nous tâcherons de voir quel est leur potentiel en matière de lutte biologique.

Les phéromones sexuelles

Siebold, en 1837, avait déjà remarqué qu'une paire d'appendices attachés à l'organe reproducteur de certaines femelles d'insectes jouaient un rôle important dans l'attraction des mâles. Ces derniers perçoivent ou « sentent » généralement les phéromones dans l'atmosphère au moyen de leurs antennes. Ceci explique du reste pourquoi les antennes des insectes mâles sont souvent beaucoup plus élaborées que chez la femelle (Fig. 1). Si l'on supprime les antennes ou si on les enduit d'un composé isolant, l'insecte ne réagit plus à la présence des phéromones.

C'est en 1939 que l'Allemand Butenandt et son équipe entreprirent d'isoler et d'identifier la

L'auteur, Bernard J. R. Philogène, M. Sc., est en stage d'étude au Département d'Entomologie de l'Université du Wisconsin, E.-U.

substance qui, chez le ver à soie, attire les mâles. Il fallut 20 ans d'un travail intensif pour finalement obtenir 12 mg. d'un dérivé chimique. Un demi-million de femelles avaient été utilisées pour en arriver là. La substance active ainsi isolée reçut le nom de *bombykol*. Ce premier succès en appela d'autres, et une fois la technique mise au point, d'autres phéromones purent être isolées chez d'autres espèces.

Une des caractéristiques des phéromones est leur spécificité. La sélectivité des mâles pour leur phéromone sexuelle est aussi extraordinaire que leur sensibilité. Encore faut-il souligner qu'il suffit d'une concentration de $1/10^{12}$ microgrammes de bombykol par ml de pentane pour attirer 50% des mâles se trouvant dans le voisinage. La spécificité est justement une des caractéristiques les plus recherchées lorsqu'on se soucie de combattre les insectes nuisibles, car il ne faut pas détruire les espèces bénéfiques.

La possibilité de l'utilisation des phéromones sexuelles dans la lutte contre les insectes nuisibles n'a pas manqué d'être entourée d'une certaine publicité. Plusieurs chercheurs ont proposé d'utiliser ces substances pour attirer les mâles en grand nombre et ensuite les exterminer. Depuis la découverte de Butenandt, on a réussi la synthèse de certaines phéromones ce qui rend leur utilisation encore plus vraisemblable. Une autre possibilité est de saturer l'atmosphère de phéromone à un tel point que les mâles seront complètement désorientés, ce qui rendrait l'accouplement pratiquement impossible.

Sans avoir recours aux composés synthétiques, il sera peut-être possible d'utiliser les femelles elles-mêmes dans les programmes de lutte biologique. En 1960, Coppel et ses collaborateurs, utilisant une seule femelle de la mouche à scie *Diprion similis*, réussirent à attirer 11 000 mâles. Ces substances étant naturelles, les insectes ne risquent pas de développer une résistance quelconque, comme c'est le cas pour le DDT et d'au-

tres insecticides. De plus, les phéromones ne sont toxiques ni pour les plantes ni pour les animaux. Le seul problème, c'est la difficulté de les isoler et de les synthétiser. Enfin, il a été démontré que les mâles également possèdent des phéromones capables d'attirer les femelles. L'extermination de ces dernières serait encore plus efficace que celles des mâles.

Les phéromones « d'alarme »

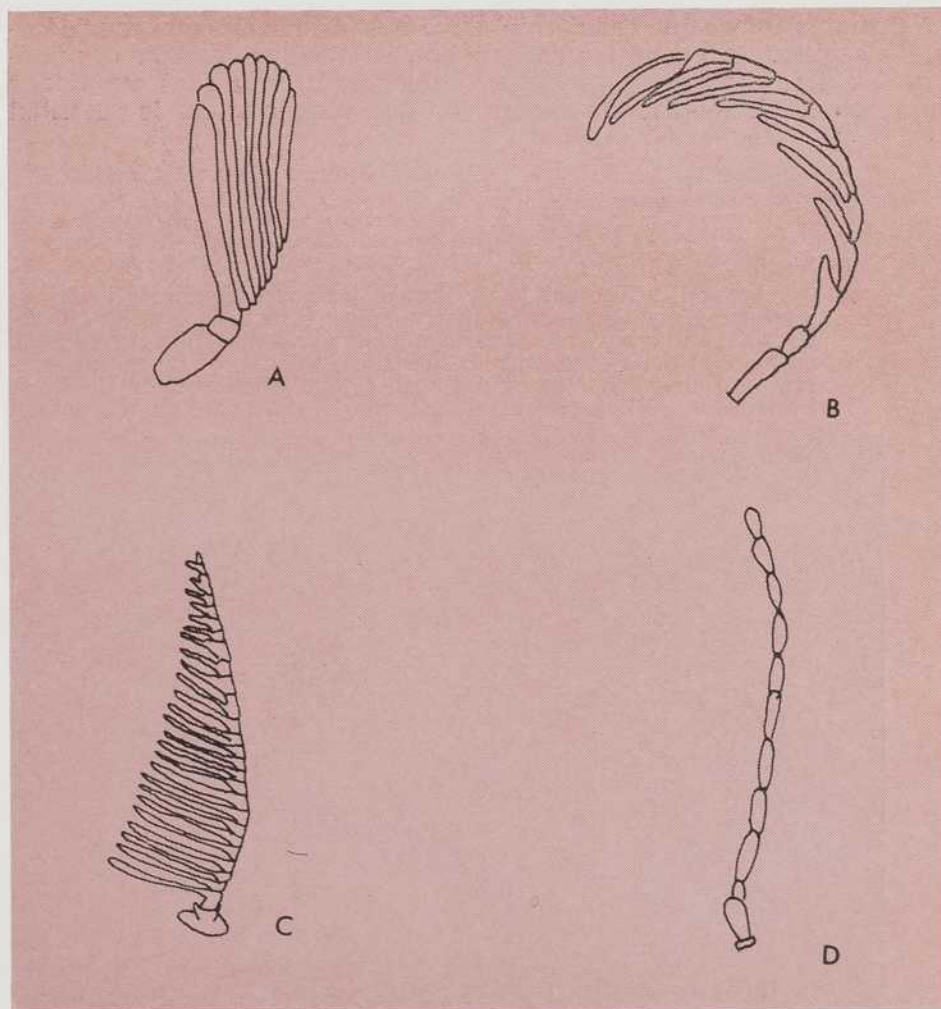
Les insectes sociaux (fourmis, termites, abeilles) ont trente-six mille façons de communiquer entre eux. Les phéromones que l'on découvre chez ces insectes sont

nombreuses et diverses. On a cependant affaire ici à des substances moins spécifiques que dans le cas des phéromones sexuelles. Des composés chimiques analogues réussissent à produire un effet identique.

Les phéromones « d'alarme » servent avant tout aux insectes sociaux pour se protéger. Une fourmi écrasée éloigne immédiatement le reste de la procession parce que le cadavre émet une substance volatile qui transmet au système nerveux des autres fourmis le signal « danger ». Cependant, ces phéromones peuvent aussi servir de moyen de défense.

Fig. 1

Types d'antennes montrant quelques modifications chez les insectes mâles. A et B, Coléoptères, C et D, Hyménoptères. A : *Sandalus*; B, *Pyrochroa*; C, mouche à scie du pin rouge; D, type simple, dit fili-forme.



L'abeille sécrète de l'acétate isoamyl qui signale aux autres ouvrières où il faut piquer si l'essaim est attaqué.

La seule utilisation plausible de ces phéromones serait contre les termites. En enduisant le bois de ces composés biochimiques qui font fuir les insectes, on pourrait espérer les protéger contre ces destructeurs que sont les Isoptères.

Les phéromones de « recrutement »

On entend par phéromone de « recrutement » ces substances qui amènent les insectes à se grouper ou à suivre une direction donnée. De telles phéromones sont utilisées par les insectes pour se déplacer, soit sur terre ou dans l'air, ou encore pour se grouper lorsque, par exemple le nid est endommagé. Les fourmis sont particulièrement bien pourvues dans ce domaine. Alors que ces dernières marquent le chemin qu'elles ont à suivre comme on asphalté une route, c'est-à-dire de façon

continue, les insectes ailés se contentent de laisser des « marques » odorantes le long de la route à suivre.

Les excréments produits par les Buprestes mâles (Coléoptères qui s'attaquent au bois) contiennent une substance volatile faisant office de phéromone de recrutement. Cette substance est particulièrement active et peut contribuer à attirer suffisamment d'insectes pour que l'on ait à faire face à une épidémie.

Ici encore, la nature chimique de ces composés biologiques est mal connue, ce qui en limite leur utilisation; mais il est bien évident que de telles substances, judicieusement disposées, pourraient attirer les insectes que l'on veut détruire dans des trappes préparées à cet effet.

Possibilités présentes et futures

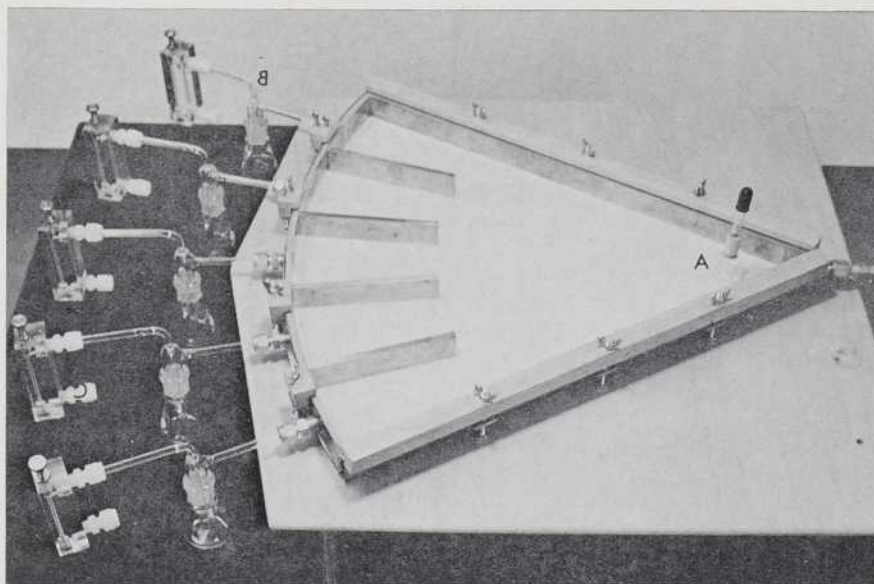
Nous avons pris en considération ici quelques aspects des phéromones. Il nous faut cependant en dire plus long sur le potentiel

que représentent ces composés biochimiques. Les phéromones sexuelles sont probablement les substances les plus physiologiquement actives que l'on connaisse actuellement. Leur utilisation, autant dans le domaine de la lutte biologique que dans celui de l'inventaire des insectes est à l'état embryonnaire. Il faudra noter également que le gros du travail ne se fait que dans un seul pays: les Etats-Unis. Certains Canadiens s'y intéressent ainsi que plusieurs européens. Mais l'équipement élaboré que cet aspect de la recherche entomologique demande n'est pas toujours facilement disponible.

D'autre part, il ne faut pas oublier que nous avons là surtout affaire à un problème biochimique. Autrement dit, l'identification, la synthèse et l'utilisation des phéromones dépassent de beaucoup les possibilités de l'entomologie classique. Une coopération interdisciplinaire est donc essentielle et il semble qu'elle soit déjà plus qu'amorcée. Peut-être verrons-nous un jour les phéromones supplanter les insecticides actuels ou à venir. La Nature ne s'en portera que mieux.

Fig. 2

Appareil utilisé par le Dr Burkholder pour déterminer l'effet de plusieurs phéromones sur les insectes, plus particulièrement les Coléoptères qui s'attaquent aux céréales et à leurs produits. L'insecte est placé en A. B: fioles contenant les substances volatiles; C: cellule assurant un courant d'air continu et égal. (Photo gracieuseté du Dr W. A. Burkholder, du Département d'Entomologie, Université du Wisconsin).



Bibliographie

- American Chemical Society. 1963. *New approaches to pest control and eradication*. Advances in Chemistry series. 41.
- American Chemical Society. 1966. *Natural pest control agents*. Advances in Chemistry series. 53.
- BURKHOLDER, W. E. 1969. *Pheromone Research with Stored Product Coleoptera*. In: « Control of Insect Behavior by Natural Products ». D. Wood and R. Silverstein Eds. Academic Press. (Sous presse).
- JACOBSON, M. 1965. *Insect sex attractants*. Interscience Publishers. John Wiley and Sons, N.Y.
- KARLSON, P. and A. BUTENANDT. 1959. *Pheromones (ectohormones) in insects*. Ann Rev. Entomol. 4: 39.
- REGNIER, F. E. and J. H. LAW. 1968. *Insect Pheromones*. Journal of Lipid Research, 9: 541-551.

Le confort dans les véhicules spatiaux

Accepteriez-vous de partir pour la planète Mars ou Vénus? Non! Alors, pas de problèmes. Oui? Sûrement à bien des conditions. Je ne m'aventurerais pas dans une mission interplanétaire de 2 ans et plus, assis dans une cabine à peine plus spacieuse qu'une Volkswagen quoiqu'en dise la publicité. Jusqu'à présent, l'espace disponible pour chaque astronaute dans les satellites habités n'est guère considérable. Quelle prétention de les appeler « vaisseaux cosmiques »! Autant faire croire aux poissons de votre aquarium qu'ils s'ébattent dans la Méditerranée.

En plus des nombreux problèmes technologiques à résoudre, l'habitabilité du milieu où seront cloisonnés les astronautes, s'avère d'importance primordiale. On tient à éviter qu'un équipage d'une demi-douzaine d'astronautes partis vers Mars en 1981 nous revienne en 1984, avec un passager unique plus dangereux qu'un gorille en furie et ayant bouffé ses 5 compagnons. Déjà la NASA a commencé à envisager les problèmes sociaux et psychologiques qui doivent trouver une solution tangible afin d'assurer le succès de toute mission interplanétaire.

Dans un compte rendu récent remis à la NASA, le Docteur T. M. Fraser, de la Fondation Lovelace, élabore les grandes lignes visant à aménager un habitat confortable dans l'espace. La complexité des missions interplanétaires exige une préparation de longue haleine. Souvenez-vous que l'objectif « Lune » fut choisi il y a huit ans; et nous y sommes.

La première décennie de l'ère spatiale montre que la mise au point d'un véhicule spatial évolue de la façon suivante :

1— Il s'agit d'obtenir quelque chose qui fonctionne, et qui prouve que l'homme peut voyager et travailler dans l'espace; ceci a été le but des expériences initiales Vostok, Mercury, Voshkod et Gemini.

2— On s'efforce de fournir un véhicule fiable, opérationnel et sûr; c'est le but des phases Soyuz et Apollo, où on exige assez de fiabilité pour que la cabine puisse opérer à de grandes distances de la Terre et ramener son équipage sain et sauf.

3— Enfin dans la dernière phase on améliore grandement l'aspect commodité et confort. Ce pas est caractérisé

par l'ébauche d'un grand projet américain, celui du programme des *applications Apollo* qui deviendra opérationnel en 1970. A ce stade le satellite devient un endroit où l'homme doit vivre et travailler durant des périodes atteignant plusieurs mois.

Si le confort est un luxe évident (en raison du coût exorbitant) dans l'optique de l'exploration présente, il s'avère d'une nécessité inéluctable dans les longues opérations. Un équipage peut supporter plusieurs inconvénients dans une mission de pionniers alors que le « tout nouveau, tout beau » joue un rôle de stimulant appréciable. Mais, la routine fastidieuse du 243^e jour de la mission Mars-81 pourra soulever l'ire du cosmonaute le plus flegmatique, si ce dernier a l'impression constante d'être coincé dans une boîte de conserve.

A l'ère de l'espace et de l'atome, l'homme demeure un singe

La première exigence du confort, lorsqu'il y a plusieurs personnes ensemble, c'est la grandeur et la disposition de l'habitat. En plus d'une nourriture variée et attrayante, d'une atmosphère à composition, température et pression familières, chaque homme placé dans des conditions extrêmes veut avoir son « petit coin » bien à lui. C'est probablement une autre manifestation de ce profond instinct du « territoire » dont parle Desmond Morris dans son best-seller *Le Singe nu*.

Combien d'espace chaque astronaute désire-t-il et comment subvenir à ce besoin foncier de l'homme? De son expérience sur les navires, la Marine américaine affirme qu'on doit accorder 650 pieds cubes par homme quoiqu'avec une planification poussée, on ait pu restreindre ce chiffre à 430 dans les sous-marins à propulsion nucléaire. Cependant, en regard de l'espace disponible dans les cabines spatiales actuelles, ce 430 pi³ fait figure d'un véritable amphithéâtre. L'habitable de la capsule Apollo, par exemple, n'offre que 75 pi³ par membre d'équipage, soit un volume de 5 x 5 x 3 pieds.

Pour une mission interplanétaire, les experts estiment qu'il faut accorder à chaque passager au moins 200 pieds cubes. Il faut d'ailleurs effectuer un compartimentage qui assure un endroit privé à chacun. On suggère de diviser le vaisseau de la façon suivante: 40% alloué aux salles de travail et laboratoires; 25% aux salles d'activités communautaires comme salle à manger ou de récréation, endroit pour l'exercice physique et autres loisirs; 20% aux chambres privées pour le sommeil et les effets personnels; 15% aux services, salle de toilette et de lessive, chambre à « débarras ».

Il a été prouvé que le fait de vivre dans des conditions où la propreté laissait à désirer, ne mettait pas en danger la santé d'un équipage; néanmoins, les individus habitués à prendre une dou-

che quotidienne peuvent être affectés dans leurs bonne humeur s'ils ne jouissent pas des disponibilités appropriées. On connaît là-dessus les plaintes des astronautes américains ayant participé aux missions orbitales de plusieurs jours, au sujet des odeurs désagréables dues aux impossibilités de se laver et de se raser.

Basons-nous de nouveau sur l'expérience de la mer, pour prévoir les besoins en eau nécessaire à la toilette personnelle et à la lessive. Dans les sous-marins, 20 gallons d'eau par homme par jour sont disponibles pour tous les besoins. Le minimum vital est considéré en astronautique comme aussi peu que 2-4 gallons. Mais on suggère 6 à 12 gallons quotidiens pour un voyage interplanétaire.

On sait depuis longtemps que la couleur et l'éclairage de l'intérieur sont des composantes psychologiques relativement importantes dans les opérations typiques comme celles dont nous traitons. Il y a encore beaucoup d'inconnus dans ce domaine quoiqu'on l'ait bien étudié dans l'industrie.

On suggère un bon éclairage pour rendre le travail aisé tout en évitant l'éblouissement. Les couleurs pâles donnent l'illusion d'un espace plus grand que les teintes sombres. De plus, étant donné la *réflectivité* (rapport entre la lumière réfléchiée et incidente) élevée d'une cabine spatiale, il faut être prudent dans l'évaluation de l'éclairage; 20 à 50 pieds de chandelle suffiraient.

Réflectivité des composantes du vaisseau

20 à 50 % : tableaux de contrôle;
80 à 100% : instruments;
60 à 95 % : plafonds;
40 à 60 % : murs;
15 à 30 % : planchers.

Il est intéressant de remarquer qu'on suggère un plancher plus sombre que les murs et des murs plus foncés que le plafond; ceci pour reconstituer l'illusion d'une pièce conventionnelle car l'absence de gravité élimine tout rapport physique de haut et de bas.

Naturellement, on conseillera aux astronautes d'apporter leurs disques préférés et une bonne provision de livres. Jeux de cartes et d'échec feront partie de l'équipement général. On verra à assurer des communications terrestres fréquentes avec les membres de la famille.

Enfin, l'exercice physique sera de rigueur non seulement pour maintenir la bonne forme, mais aussi pour raison de santé dans le milieu d'apesanteur.

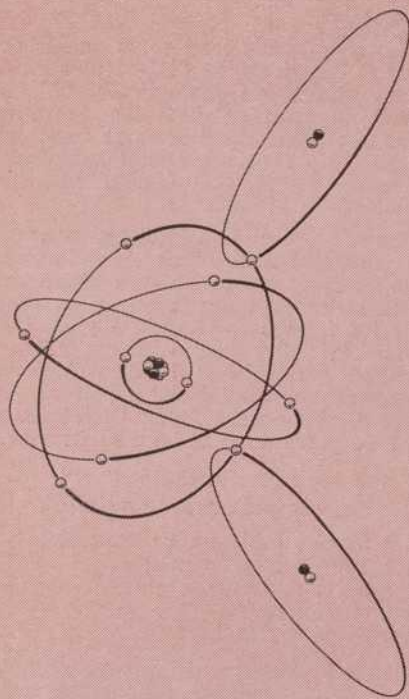
Dans les prochaines expériences des années '70, les chercheurs expérimentent et introduiront graduellement ces nombreuses suggestions pour créer un milieu de travail et de vie agréable et sûr, même à des dizaines de millions de milles de la planète mère.

Jean-René ROY.

L'eau lourde au Canada

Historique, propriétés, applications et méthode de fabrication

par Guy Gavrel



Dessin ci-haut : molécule d'eau lourde, D₂O.

Sept centrales électronucléaires de type CANDU (CANada-Deu-térium-Uranium) sont actuellement en service, en construction ou en projet définitif. Les réacteurs de ces centrales utilisent de l'uranium naturel comme combustible et de l'eau lourde comme modérateur. Leur caloporteur est soit de l'eau lourde pressurisée (Douglas Point), soit de l'eau légère bouillante (Gentilly). De grandes quantités d'eau lourde sont donc nécessaires pour le fonctionnement des réacteurs CANDU. C'est pourquoi trois usines destinées à la fabrication de l'eau lourde sont en voie de construction au Canada.

Historique

La petite quantité d'eau lourde qui se trouvait en France en 1940 fut transportée à Plymouth en Angleterre lors de l'invasion allemande. En fait, c'est le 15 juin 1940 qu'un groupe de chimistes s'embarqua avec elle, et avec le général De Gaulle, à bord du contre-torpilleur Milan. Par ailleurs, durant la deuxième guerre mondiale, des commandos alliés effectuèrent des raids contre les installations norvégiennes de production d'eau lourde.

Pourquoi les Alliés voulaient-ils donc empêcher l'Allemagne de s'approvisionner en eau lourde?

On cherchait alors à obtenir une réaction nucléaire en chaîne en vue d'applications militaires possibles et l'eau lourde était considérée par les savants comme une substance susceptible de favoriser la fission des atomes.

Cependant, comme l'eau lourde était rare et comme son extraction de l'eau naturelle était fort coûteuse, on lui assigna un rôle secondaire dans le programme intensif visant à la mise au point des premières bombes atomiques.

La tâche consistant à réaliser des réacteurs à eau lourde fut confiée à une équipe de chercheurs anglais, français et canadiens qui travaillèrent tout d'abord à Montréal, puis à Chalk River où le NRX entra en service en 1947. Le NRU, autre réacteur de recherche modéré à l'eau lourde, divergea à Chalk River en 1957. D'importants travaux de recherches et de développements effectués au cours des années suivantes aboutirent à la mise en service, en 1962, de la centrale nucléaire prototype NPD de 20 mégawatts électriques (MWe) dont le réacteur emploie l'eau lourde comme modérateur et comme caloporteur.

Le NPD confirma le bien-fondé du concept CANDU et il fut alors

L'auteur, Guy Gavrel, L. ès L., est rédacteur scientifique à l'Énergie Atomique du Canada, Limitée, EAACL, à Ottawa. Les photographies ont été gracieusement fournies par la même société EAACL, Ottawa.

possible d'entreprendre la construction de grandes centrales électronucléaires de type canadien:

Douglas Point, Ontario	(200 MWe)
RAPP, Rajasthan, Inde	(200 MWe)
KANUPP, Pakistan	(132 MWe)
Pickering, Ontario	(2000 MWe)
Gentilly, Québec	(250 MWe)

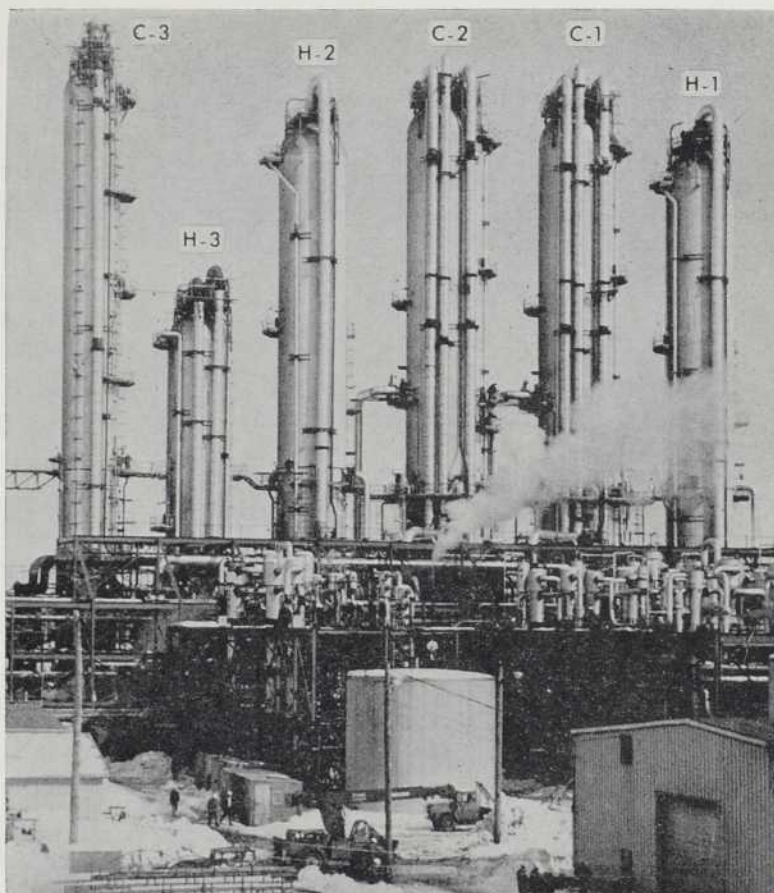
Par ailleurs, la Commission électrique ontarienne a décidé de construire une autre centrale nucléaire à Douglas Point. Tous les réacteurs de cette centrale de 3 000 MWe seront également du type CANDU.

Les travaux entrepris à Montréal et à Chalk River durant la deuxième guerre mondiale ont donné au Canada une certaine avance en ce qui concerne la technologie des réacteurs de centrale alimentés à l'uranium naturel et modérés par eau lourde et c'est pourquoi on commence à s'intéresser sérieusement à la filière CANDU à l'étranger.

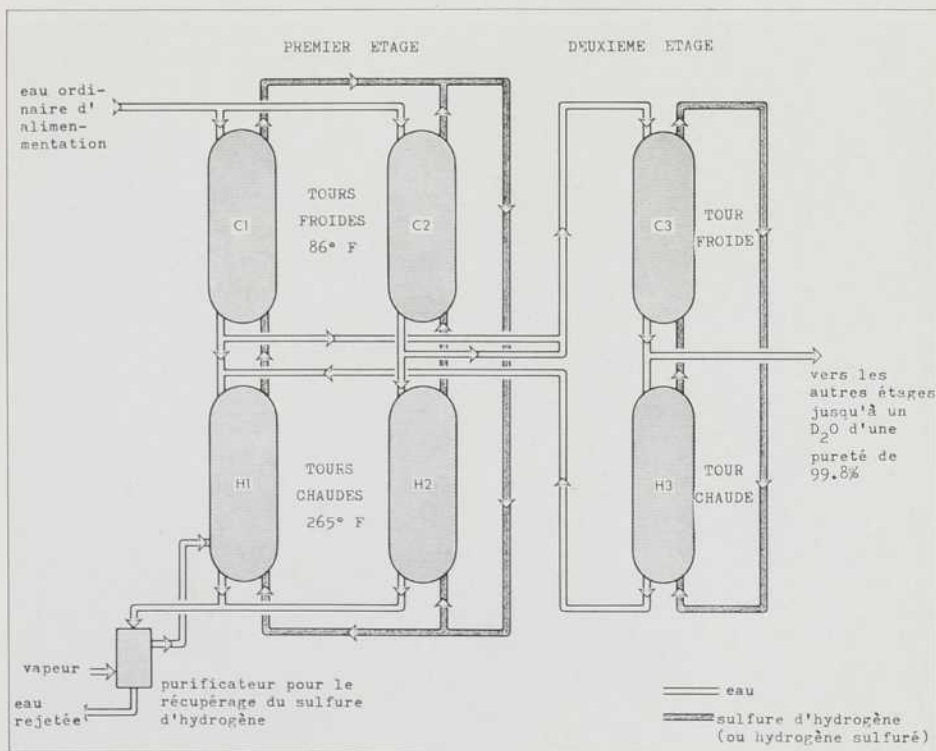
Propriétés comparées de l'eau lourde et de l'eau naturelle (appelée « eau légère » dans le présent article)

Alors que les molécules de l'eau légère (H_2O) comprennent un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène léger, celles de l'eau lourde (D_2O) ont un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène lourd également appelé deutérium. La principale différence entre l'eau lourde et l'eau légère réside donc dans leurs atomes d'hydrogène: le noyau de l'hydrogène léger est constitué par un seul proton tandis que celui de l'hydrogène lourd (deutérium) comprend un neutron et un proton.

A droite: diagramme de la méthode G-S pour la fabrication de l'eau lourde.



Usine d'eau lourde à Glace Bay, Ile du Cap Breton, Nouvelle-Ecosse. Les numéros des tours correspondent à ceux du diagramme.



Le deutérium (D) est un isotope naturel stable de l'hydrogène léger. Son nombre de masse est 2. Toutes les eaux du globe en contiennent dans une proportion d'environ 1/7000. Comme l'eau légère, l'eau lourde est incolore, inodore et insipide. Malgré leur apparence semblable l'eau lourde et l'eau légère ont des propriétés physiques légèrement différentes, comme on peut le voir dans le tableau ci-dessous:

	Eau lourde F	Eau légère
Points de congélation	3.82°C	0°C
Points d'ébullition	101.42°C	100°C
Densités	1.108 à 25°C	1 à 4°C

Ce sont ces différences qui constituent la base des procédés employés pour séparer l'eau lourde de l'eau légère.

L'eau lourde est un modérateur idéal

Pour que la réaction en chaîne d'un réacteur nucléaire alimenté à l'uranium naturel soit entretenue dans de bonnes conditions

d'équilibre thermique, il est nécessaire d'avoir, pour le ralentissement des neutrons rapides, un modérateur ayant les qualités suivantes:

- une bonne densité nucléaire
- des noyaux susceptibles d'entrer en collision avec les neutrons rapides
- un faible pouvoir de capture des neutrons lesquels doivent retourner dans l'uranium.

L'eau lourde possède ces qualités au plus haut point, ce qui en fait un modérateur idéal permettant d'avoir une excellente économie neutronique. Comparée aux autres types possibles de modérateurs, l'eau lourde vient en tête si l'on en juge par le taux élevé de son rapport de modération.

Rapports de modération des principaux modérateurs :

Eau légère 58

EAU LOURDE	21 000
Béryllium	130
Graphite	200

C'est l'excellent rapport de modération de l'eau lourde qui permet l'emploi de l'uranium naturel comme combustible. Sans eau lourde, il faudrait employer de l'uranium enrichi fort coûteux et on dépendrait des pays ayant une usine d'enrichissement pour s'approvisionner en combustible.

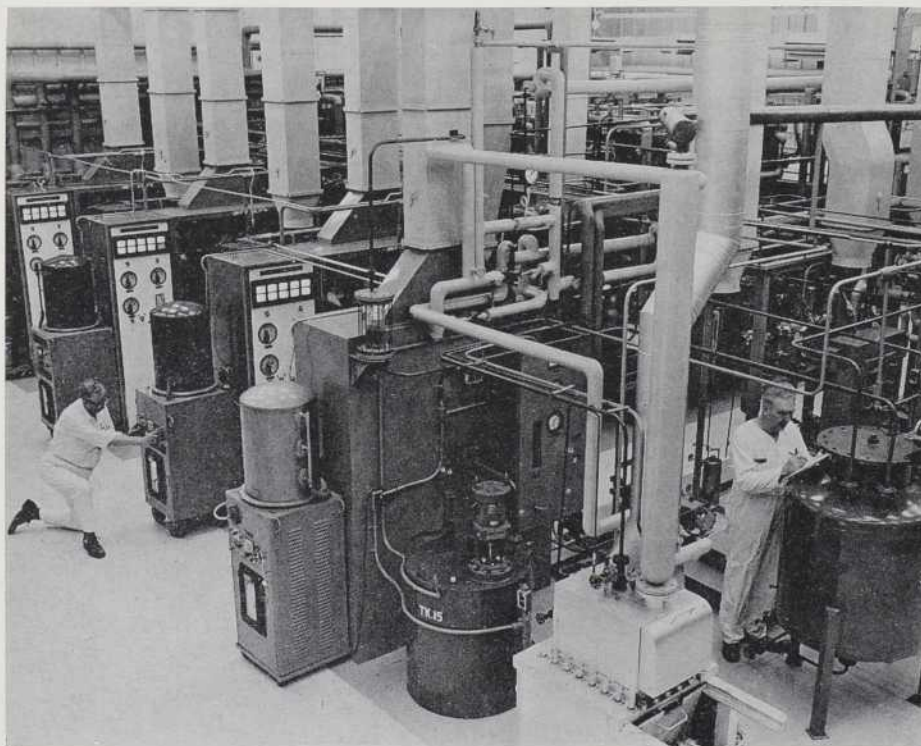
L'uranium naturel modéré par l'eau lourde a un excellent taux de combustion (environ 10 000 mégawatts-jours par tonne d'uranium). Il n'est pas nécessaire pour l'instant de procéder à son retraitement à cause du dépôt des produits de fission.

L'eau lourde employée comme modérateur a un autre avantage. Le combustible qu'elle modère possède, une fois déchargé, un teneur en produit fissile (plutonium) qui présente un très grand intérêt. Le plutonium peut, en effet, être extrait chimiquement du combustible déchargé et réemployé dans le cycle du combustible.

L'eau lourde employée comme caloporteur

Le Canada a fait oeuvre de pionnier dans l'emploi de l'eau lourde pressurisée comme caloporteur. L'eau lourde, comme l'eau légère, est très apte à recueillir et à transporter la chaleur. Par ailleurs, comme on l'a dit plus haut, l'eau lourde ne capture pas trop de neutrons ce qui favorise le bilan neutronique. Dans la centrale de Douglas Point, l'eau lourde employée pour le caloportage primaire entre dans le réacteur à une température d'environ 249°C et elle en sort à 293.3°C. Elle circule sous une pression de 102.2 kg/cm². L'eau lourde employée comme caloporteur présente un inconvénient du fait des fuites qui se produisent dans les nombreux raccords des circuits de caloportage. Cela coûte cher et les radiations neutroniques qui traversent l'eau lourde engendrent du tritium, isotope dangereux pour le personnel des

Installation de Chalk River pour la purification de l'eau lourde employée dans les réacteurs CANDU.



centrales nucléaires. Néanmoins, des perfectionnements sont constamment apportés aux circuits et l'on peut dire que la technologie du caloporteur par eau lourde est au point au Canada. L'eau légère bouillante est un autre type de caloporteur économique qui va être mis à l'épreuve dans la centrale de Gentilly.

Fabrication de l'eau lourde

Il existe en théorie des centaines de façons de fabriquer l'eau lourde. Toutes sortes d'échanges avec des composés à base d'hydrogène peuvent être envisagés mais pour des raisons techniques et économiques, seules quelques méthodes ont été retenues jusqu'à présent. Au Canada on a adopté, pour l'instant, la méthode G-S (Girdler-Spevack) basée sur un échange d'eau légère (H_2O) et de sulfure d'hydrogène (H_2S). Cette méthode a été employée avec succès pendant 15 ans à Savannah River en Caroline du Sud aux Etats-Unis où se trouve la première usine du monde ayant produit de grandes quantités d'eau lourde.

Description sommaire de la méthode G-S adoptée au Canada

L'échange s'effectue dans des tours froides ($30^\circ C$) et chaudes ($130^\circ C$), reliées les unes aux autres, qui mesurent chacune plus de 27 m de hauteur et environ 5 m de diamètre. A l'intérieur de ces tours se trouvent une cinquantaine de plateaux perforés. De l'eau légère désaérée descend en cascade d'un plateau à l'autre tandis qu'un gaz (le sulfure d'hydrogène) circule dans les tours, à contre-courant. Il se produit ainsi un brassage efficace de H_2O et de H_2S . Dans les tours chaudes, les atomes de deutérium ont tendance à se joindre aux molécules de gaz, c'est pourquoi en haut de ces tours sort un sulfure d'hydrogène enrichi en deutérium. Dans les tours froides, par contre, les atomes de deutérium ont tendance à s'associer aux molécules d'eau. C'est donc au bas des tours froides

Armoires de commande d'un spectromètre de masse servant à l'analyse de l'eau, de l'hydrogène, de l'ammoniac et du gaz naturel en vue de déterminer leur teneur en deutérium.



que l'on recueille l'eau enrichie en D_2O tandis qu'en haut de ces tours sort un gaz appauvri en deutérium. Le premier étage de l'installation comprend plusieurs paires de tours chaudes et froides tandis que les étages subséquents comportent de moins en moins de paires. Au dernier étage on obtient une eau lourde ayant une pureté de 99.8%.

Usines d'eau lourde en construction au Canada

La teneur en deutérium des eaux naturelles a fait l'objet de relevés dans tout le Canada. Cette teneur varie beaucoup d'une région à l'autre par suite des phénomènes d'évaporation et de condensation qui interviennent dans le cycle hydrologique. L'une des plus hautes teneurs en deutérium de ce pays se trouve dans les eaux baignant l'île du Cap Breton en Nouvelle-Ecosse. Cela explique pourquoi les deux premières usines d'eau lourde du Canada sont en voie de construction à Glace Bay et à Point Tupper près de Hawkesbury dans l'île du Cap Breton. La capacité totale prévue

pour ces deux usines est de 820 tonnes par an. Cela est insuffisant si l'on songe qu'il faut approximativement 1 tonne d'eau lourde pour produire 1 000 kilowatts d'électricité dans les centrales CANDU et que la capacité totale actuellement prévue pour ces centrales est de 6 millions de kilowatts. Une autre usine d'eau lourde va donc être construite, cette fois tout près des centrales qu'elle alimentera, c'est-à-dire à Douglas Point, en bordure du lac Huron, dans l'Ontario. La capacité initiale de cette usine sera de 400 tonnes d'eau lourde par an. On estime que la construction prendra trois ans et coûtera 65 millions de dollars.

Conclusion

L'eau lourde est essentielle pour le programme électronucléaire du Canada. Sa fabrication est complexe et coûteuse mais à long terme, et avant que ne soient mises au point les centrales surgénératrices, la filière CANDU peut s'avérer l'une des plus économiques du monde et elle intéresse déjà d'autres pays.

Dans le cadre de la recherche des meilleures conditions d'ambiance, la lumière et la couleur, en association étroite, permettent d'apporter plus de facilité et de confort, partant une amélioration de la productivité et un accroissement de la sécurité dans l'usine, une vente plus facile dans le magasin, un confort et une joie de vivre plus grande dans la maison.

Lumière et couleur dans notre vie

par Maurice Dérivé

Lumière et couleur sont en effet des facteurs essentiels trop souvent négligés, et qui doivent pourtant s'imposer à l'esprit, aussi bien lorsqu'il s'agit de moderniser ou de construire un atelier ou une usine que monter un magasin ou éclairer sa maison. En fait les notions concernant l'éclairage d'une part et celles concernant les couleurs fonctionnelles d'autre part ont fait, séparément ou conjointement, l'objet de nombreuses études.

De plus en plus il apparaît de règle d'associer étroitement ces deux notions.

La couleur en effet n'a de sens que par la lumière. Mais nous devons aller plus avant encore en cette voie. C'est, en fait, l'association lumière-couleur qui intervient comme facteur définitif de confort et d'ambiance. Dans les bureaux comme dans les ateliers, dans la maison comme dans les magasins il est possible de réaliser à volonté des ambiances chaudes et dynamiques avec des couleurs dérivées de l'orangé et du rouge comme, par exemple, des beiges ou des chamois, ou des couleurs calmantes et rafraîchissantes qui sont les dérivés du bleu. Le vert est utilisé, sous forme d'un vert clair, d'une nuance appropriée, comme facteur équilibrant, facilitant le confort visuel. Mais il est toutefois bien évident qu'il est nécessaire, pour utiliser ces coloris, de les éclairer en lumière blanche

avec un rendu correct. De même l'on pourra modifier des décors par de simples jeux de lumière. Si cela n'est guère apparu encore dans l'industrie l'on connaît des applications au théâtre et dans des salles de réunion où un éclairage ou une projection de lumière chaude ou froide sur une paroi gris-neutre, donnera à volonté une impression accueillante et intime ou une impression de plus grand espace. Ceci implique d'abord un aperçu sommaire des caractéristiques à cet égard des sources actuellement à notre disposition et qui sont extrêmement diversifiées.

L'éclairage incandescent se prête bien aux ambiances chaudes, intimes.

Pour les ambiances fraîches, calmantes, reposantes, faites à base de bleus, l'éclairage fluorescent est nécessaire. Dans la plupart des cas l'on combine les deux types de sources et en éclairage industriel ou de grands espaces l'on fait aussi intervenir des lampes à décharge.

En éclairage fluorescent l'on dispose aussi de plusieurs types soit pour l'industrie soit de luxe pour la maison et les lieux où un rendu des couleurs est recherché spécialement. Ceci est très important.

Les nuances dites « de Luxe », en effet ont été spécialement conçues pour fournir un équilibre de

lumière donnant un rendu très correct des différents coloris les plus délicats. L'on peut considérer les « teintes » ci-après :

— *Lampe « Blanc Super »* ou « *Industrie* » dans laquelle on recherche le rendement maximum de lumière en abandonnant quelque peu le souci du rendu des couleurs. Cette nuance convient pour l'éclairage des ateliers couverts.

— *Lampe « Lumière du Jour de Luxe »* : donne une lumière du jour d'un ciel mi-couvert, corrigée pour le rendu du rouge sous réserve d'un éclairement assez fort, par exemple de l'ordre de 1.000 lux. Cette source convient pour les échantillonnages, l'éclairage de la maison, d'une pièce déterminée, tel qu'un miroir où l'on veut obtenir un rendu correct de la couleur semblable à celle du jour (c'est ainsi qu'a été créé le miroir de vérité de Fernand Aubry), ou pour les postes d'examen de tissus dans les magasins.

— *Lampe « Blanc Brillant de Luxe »* : c'est la nuance corrigée donnant un rendu agréable des couleurs, qui doit être préférée

L'auteur, Maurice Dérivé, est Chef du Centre d'Eclairagisme de la Compagnie des Lampes Mazda de Paris, secrétaire général du Centre d'Information de la Couleur et membre de l'Association des Ecrivains scientifiques de France. Les trois photographies ont été gracieusement fournies par la Compagnie des Lampes Mazda, Paris.

dans les magasins, les lieux d'accueil, les bureaux de direction.

— *Lampe « Blanc Soleil de Luxe »* ou « *Blanc Confort* »: ces nuances, également corrigées et de rendu correct, donnent les couleurs chaudes qui peuvent s'harmoniser avec celle des lampes à incandescence lorsque l'on réalise des éclairages mixtes. Par contre, elles rendent beaucoup mieux les différents coloris froids que l'incandescence, tout en activant de la même manière les tonalités chaudes.

— *Lampe de couleur*: les lampes fluorescentes existent aussi en divers types colorés: lampes actiniques bleues, lampes lumière de Wood (violet et proche U.V.) rouge, vert, saumon... lampes spéciales pour échantillonnages, lampes 5000°K pour étude des documents en couleurs... etc.

Lorsque ces diverses sources éclairent des objets colorés et leur



Fig. 1 (en haut, à droite).

Salle de séjour, coin des repas. Boîte à rideaux: RBIS 40 équipées de lampes Mazdafluor TF. 40 « Blanc brillant de luxe ». Au-dessus de la table. 3 Mazda par 150 w; éclairage de la niche: Mazda perle 100 w. Les murs sont blancs et les couleurs sont apportées par les éléments de décor, notamment les sièges en fonction des désirs. Le plancher vernis est très chaud.



Fig. 2 (à gauche).

Salle de séjour, en contraste marqué avec celle de la figure 1. Ici l'effet décoratif est fourni par des lampes fluorescentes dissimulées sur le buffet normand (sur lequel est placée aussi une lampe germicide). Eclairage indirect derrière une boiserie. Tonalité générale chaude et intime.

confèrent donc des aspects assez notablement différents. A la notion de luminance c'est-à-dire de facteur réflexion qui fait qu'un objet ou un revêtement mural est foncé ou clair s'ajoutera donc la notion de sa couleur également importante. Le vert, le bleu vert se caractérisent par un caractère équilibrant sur le plan nerveux. Les couleurs froides, telles que le bleu, servent à compenser les répercussions psychologiques néfastes des hautes températures que l'on rencontre souvent dans des installations industrielles et plus spécialement dans les chaufferies. C'est une couleur de calme et de repos.

Le jaune vert tend par réflexion sur de grandes surfaces trop vives à rendre de façon déplaisante la couleur de la peau. Le jaune est correct pour les grands espaces couverts. Les tons buffle et corail conviennent notamment pour les ateliers à main-d'oeuvre féminine ou pour une atmosphère d'intimité afin de compenser les températures des pièces particulièrement froides, et sont utiles pour les endroits qui requièrent une concentration visuelle ou mentale et où la couleur peut contribuer à concentrer l'attention.

Des couloirs et des environnements d'escaliers pourront être utilement revêtus d'une couleur lumineuse comme le jaune. Dans les salles de repos on peut appliquer des couleurs différentes de celles qui sont utilisées dans les zones de production. Ici, il peut être désirable d'utiliser des couleurs rose pour les femmes et turquoise pour les hommes, introduisant ainsi une variété et une rupture voulue dans les réfectoires. Le ton de pêche est une teinte qui surexcite l'appétit alors que l'orangé est connu, après le repas, pour faciliter la digestion.

Etant donné que la plupart des personnes ont un goût simple en matière de couleurs, les teintes « exotiques », préférées par de nombreux décorateurs d'intérieurs, seront bannies des installations industrielles, sinon les travailleurs peuvent avoir une réaction défavorable.

Des gammes restreintes de coloris clairs sont souvent recommandables: d'une manière générale, les facteurs de réflexion seront de 0,5 à 0,7 pour le plancher qui doit évidemment participer lui aussi à l'ambiance, de 0,6 à 0,8 pour les murs, de 0,7 à 0,9 pour le plafond. Ceci correspond aux conditions de bon confort visuel étudiées par les éclairagistes.

Les teintes claires, à leur agrément propre, joindront l'intérêt d'un éclairage meilleur dans l'enceinte ainsi constituée. Il est bien évident, en effet, que l'éclairage étant assuré dans une enceinte, il convient de lui conserver toutes ses qualités en réalisant une ambiance claire et gaie, favorable non seulement à la bonne visibilité, mais aussi au confort dans le travail et à la bonne utilisation de la lumière comme des facultés visuelles. Or, l'éclairage par fluorescence permet aujourd'hui de jouer commodément sur les couleurs et de substituer aux tons des oppositions de couleurs bien préférables sur le plan théorique de l'éclairagisme bien conçu, comme sur le plan pratique du confort visuel. A titre d'exemple, les couples de couleurs les plus recommandés pour peindre l'intérieur des ateliers, ou celui des laboratoires peuvent être les suivants:

Murs	Machines
Chamois clair	Vert clair
Beige crème	Bleu-vert clair
Ocre-jaune pâle	Bleu clair

Une rationalisation, voire une normalisation des concepts de la peinture des lieux de travail, ou de repos, n'est donc pas chose impossible, et elle a même donné lieu déjà, notamment en France, à diverses publications, mais elle nécessite encore bien des efforts. Dans le cadre de la décoration, il est certaines règles qui peuvent précisément éviter la monotonie d'un automatisme trop dirigé tout en évitant des fautes grossières. Ce sont alors les choses à éviter qui devront être précisées, une liberté assez grande étant laissée, par ailleurs, à l'esthéticien. Ainsi peut-on, sur le plan psychologique, assurer qu'il conviendra d'é-

viter le brun uniforme trop triste dans une école ou un bureau, de même sur le plan physique peut-on repousser les couleurs foncées qui absorbent la lumière inutilement.

Certaines personnes ont pu penser et dire qu'il n'était pas souhaitable d'enserrer dans des règles strictes l'usage de la couleur en tant que facteur d'ambiance. Pourtant, l'usage de couleurs froides dans un atelier surchauffé, celui de couleurs dynamiques et revitalisantes dans un autre où s'effectuent des travaux pénibles, de taches vertes équilibrantes devant les yeux d'une personne active... sont des bases saines et utiles. Par contre, la fantaisie dans la couleur, et nous en connaissons trop d'exemples, peut être la cause de fatigues visuelles, voire nerveuses, et celle aussi de risques ou de fausses sécurités.

Des règles ont donc été éditées qui, tout en laissant une large marge à l'architecte ou au décorateur, et en permettant à l'utilisateur de s'intégrer aux cas d'espèces, donnent des bases importantes. (1)

Erreurs à éviter

S'il importe de savoir comment faire logiquement une ambiance colorée il importe aussi, et plus encore peut-être, de savoir ce qu'il ne faut pas faire. On évitera ainsi de renouveler de fâcheux errements et de pénibles fautes de goût... pénibles surtout pour le travailleur qui en est la quotidienne victime. Il a été beaucoup parlé de couleur dans ces dernières années mais il faut maintenant parler surtout de son application logique et correcte.

On doit tout d'abord éviter les couleurs trop vives et trop saturées sur de grandes surfaces. Ce n'est pas seulement une agression

(1) Nous renvoyons pour détails complémentaires au fascicule de recommandations de l'AFNOR: X-08-004 « Couleurs d'ambiance pour les ateliers ». (Voir aussi notre ouvrage: « La couleur dans les activités humaines », Dunod Editeur, 3e éd. 1968).

vis-à-vis de l'oeil et du goût, mais aussi et surtout, une fatigue visuelle et nerveuse par difficulté d'adaptation chromatique : pas de fours ou d'étuves peints en orange pour évoquer la chaleur ou en bleu sous le fallacieux prétexte de les... refroidir; pas de ponts roulants entièrement peints en orange ou jaune, les seules parties présentant du danger seront signalées en jaune-or (moufles, palans, voisinage de la cabine ou du chemin du roulement). Pas de grandes surfaces rouge sang excitant inutilement les nerfs.

On devra éviter aussi les couleurs sombres, tristes, comme les bruns qui absorbent une lumière qui est toujours trop parcimonieusement distribuée. Si on utilise les bleus clairs et les verts clairs à buts fonctionnels, il faut éviter de les placer sous un éclairage incandescent qui les rend mal. Ces couleurs ont un rôle bien défini qu'il convient de leur laisser en leur plénitude sous une lumière blanche.

On doit éviter les gris et les bruns de pouvoir psychique toujours défavorable. Le gris neutre n'a de sens que pour les postes d'échantillonnage où il s'impose pour empêcher toute adaptation chromatique particulière de l'oeil de l'observateur.

On doit éviter les ambiances chaudes dans les ateliers déjà surchauffés ou réservés à des travaux durs et énervants et les ambiances froides dans des lieux déjà exposés aux risques d'un travail monotone ou d'une froidure particulière.

La couleur dans la sécurité

Les signaux lumineux colorés des rues et des routes, ceux aussi des chemins de fer, sont bien connus. Ils se retrouvent maintenant dans l'industrie.

Lorsque l'ambiance d'un atelier aura été rationnellement établie, l'on pourra utiliser au mieux les couleurs de signalisation qui peuvent et doivent rendre de très réels services dans le cadre de la facilité du travail et de la sécurité.

C'est en France, grâce à l'AF NOR, que furent établies les premières signalisations de ce genre pour marquer les tuyauteries : N.F.E. 04-454 et 5, les récipients d'air comprimé, les conducteurs électriques : N.F.C. 33. La norme X. 08-003 donne d'une façon plus générale un code de couleurs de signalisation pour les ateliers.

Cette norme a été internationalisée. Elle pourra rendre des services considérables sous réserve d'être appliquée avec discipline et aussi avec discrétion. Elle ne conserve, sous sa forme actuelle, que trois couleurs de base :

Jaune orangé	Danger
Rouge	Matériel, incendie arrêt absolu
Vert	Sécurité

auxquelles on peut adjoindre le bleu pour attirer l'attention et les contrastes noir blanc pour les tracés de parcours.

Modification des couleurs par la qualité de la lumière

Il est bien évident, d'après ce que nous avons dit, que le revêtement coloré, ne prendra son véritable sens qu'en fonction de la lumière qui en assure la perception.

Ces modifications des coloris par des variations de la nuance de la lumière sont souvent très nettes. Les physiciens donnent le nom de métamérisme à ce phénomène. On le néglige trop parfois. Nos yeux, certes, ont une faculté

Fig. 3

Salle de bains. Le lavabo est éclairé par des lampes Mazdafluor « Blanc brillant de luxe » placées en partie haute et l'ensemble est traité en coloris turquoise très frais.



d'adaptation qui nous permet d'estimer blanche la feuille de papier éclairée en incandescence et qui de ce fait est jaune orangé, mais les qualités psychologiques et physiologiques d'une couleur n'interviennent que lorsque cette couleur est bien rendue et l'équilibre coloris-lumière est alors une fonction de base qui doit être fidèlement observée.

Modification des coloris par la quantité de lumière

Si la nuance, c'est-à-dire la *qualité* de la lumière, intervient notablement dans le rendu des couleurs, il est à observer que sa *quantité* joue également.

Ceci apparaît à beaucoup plus négligeable encore. Ils changeront d'avis s'ils veulent se donner la peine de réaliser cette simple petite expérience :

Dans une grande boîte divisée en deux compartiments et dotée d'une lampe dans chaque case où loge d'un côté une tablette de chocolat et de l'autre une orange. Un observateur non averti verra par une petite ouverture un fragment de ces objets et ne pourra donc découvrir leur forme. Si les deux objets sont éclairés de la même manière il les indiquera sans difficulté, mais si l'on éclaire très fortement le chocolat et très peu l'orange, il se trompera, indiquant l'orange comme chocolat parce qu'elle lui paraît brune et le chocolat l'orange parce que le fort éclairage lui donne cette couleur.

L'expérience peut être renouvelée avec bien d'autres objets, par exemple un pétale de rose et du rouge à lèvres. Le rouge fortement éclairé paraîtra rose et le pétale tendre très peu éclairé semblera rouge sombre.

D'une manière générale un faible éclairage donne les mêmes effets qu'un rabattement des coloris par du noir mais en outre, assez souvent, des effets de bleuissement et de verdissement.

Un fort éclairage au contraire donne les mêmes effets qu'un lavage par le blanc des co-

loris avec souvent un léger échauffement des nuances.

Il faut bien entendu tenir compte de ces phénomènes.

Des locaux mal ou moyennement éclairés seront traités en tonalités très pastels, très claires, mais on recherchera aussi une pureté aussi grande que possible du ton de base et on évitera les mélanges de couleurs lors de la préparation des peintures.

Des locaux fortement éclairés se prêteront à des effets décoratifs plus souples et répondront mieux par ailleurs à des couleurs à buts fonctionnels bien définis.

La tendance actuelle, au reste logique, consiste à monter sans cesse les niveaux d'éclairage dans les lieux de travail. On commence de ce fait à se préoccuper de ces problèmes et des firmes de peintures recommandent des gammes de coloris qui sont étudiés en fonction des niveaux d'éclairage réalisés.

Modification de la lumière par la couleur des parois du local

Si nous avons une lumière blanche dans un local à parois nettement colorées il est évident que la lumière qui, en définitive sera distribuée dans le local, ne sera plus parfaitement blanche mais nuancée par ses réflexions mutuelles sur les dites parois.

De récents travaux consacrés à cet important problème des effets de l'ambiance sur la lumière distribuée dans un local tendent à permettre de chiffrer ce facteur dans les projets d'éclairage.

Conclusions

En France, le Centre d'Information de la Couleur a élaboré des règles d'usage pratique. Pour ces travaux il groupe des techniciens de différentes disciplines destinés à guider tous les usagers dans ce domaine qui demeure délicat : celui de la couleur. Créer un langage commun et faire participer chacun aux expériences des techniciens des activités et des domai-

nes voisins, est son rôle et son but. Des commissions travaillent activement en ce sens. Une de ces commissions a précisément pour tâche d'élaborer les règles de base de l'association lumière-couleur en vue de ses applications pratiques.

Cette liaison entre des techniciens de diverses disciplines a déjà permis des associations des plus heureuses ayant donné des résultats concrets tout à fait directs. C'est ainsi que dans un problème particulier, des médecins axés sur des questions de psychologie des couleurs ont pu intervenir utilement pour modifier véritablement un climat social déficient.

De telles possibilités dont nous pourrions donner bien d'autres exemples sont multiples et doivent désormais se répandre dans le cadre des couleurs fonctionnelles pour les ateliers, les bureaux et les laboratoires comme dans le choix des couleurs dans le décor du magasin, des salles de spectacles, de la maison. C'est une oeuvre commune de grande envergure mais qui est déjà fort avancée. Elle évitera dans l'avenir bien des errements ou des erreurs et permettra d'avancer plus sûrement dans la logique de la recherche pour des conditions de travail meilleures et de vie plus agréable.

Préludes aux futures stations orbitales

par Jean-René Roy

Même si nous vivons à plein l'époque de l'odyssée lunaire, il ne faut pas oublier que l'espace circumterrestre demeure celui qui s'avère, dans l'immédiat, le plus susceptible d'applications technologiques, scientifiques et militaires. La planification des efforts de l'astronautique au cours des années 70, attache la première importance à cette maîtrise de la banlieue terrestre. Au cours des prochains mois, l'atterrissage sur la Lune deviendra un fait accompli; déjà une première expédition aura implanté des mini-laboratoires qui sonderont le sol lunaire, et émettront à la Terre des données après le départ des astronautes. Les scientifiques pourront analyser les premiers 50 livres d'échantillons de sol lunaire rapportés par l'équipage d'Apollo; les précieux fragments seront distribués pour étude à 110 scientifiques de 7 pays différents, dont 5 chercheurs canadiens de la Commission géologique du Canada. La prochaine décennie verra l'établissement sur notre satellite naturel de stations d'exploration appartenant à tous les pays, imitant en cela la politique d'investigation de l'Antarctique.

Parallèlement, nous assisterons à la mise sur orbite terrestre des stations orbitales, laboratoires de grande envergure où séjourneront plus d'une dizaine de chercheurs représentant toutes les disciplines, durant des périodes allant jusqu'à une année. Plusieurs projets préparatoires sont en voie de réalisation: 1—le laboratoire orbital habité MOL (Manned Orbital Laboratory) de l'Aviation améri-

caine; 2—la plateforme orbitale des Soviétiques et 3—l'Atelier orbital Saturne de la NASA.

1ère partie

L'Opération "MOL"

« La raison du plus fort... »

Conçu par des militaires de l'Aviation américaine, le MOL appartient en propre aux militaires. Estimé au départ, à un coût d'environ 3 milliards de dollars, le projet est entré officiellement en scène le 25 août 1965; le feu vert du Département de la Défense des Etats-Unis survenait après bien des hésitations face aux critiques acerbes des pacifistes et des dirigeants de la NASA, étant donné la menace réelle de double emploi avec les programmes de l'agence civile de l'espace.

Les premières envolées du laboratoire sont prévues pour bientôt. Quoique de caractère militaire, le MOL n'emportera aucune arme en orbite; l'interdiction formelle d'une telle entreprise a été ratifiée par les deux grands. Le traité ne les empêche cependant pas de se livrer cavalièrement à la « surveillance » des territoires. Il est significatif qu'on ait retenu pour le MOL une trajectoire polaire de quelques centaines de milles d'altitude, permettant un survol quotidien du globe. En plus des observations scientifiques de routine, le programme prévoit la détec-

tion des activités militaires au sol, et même l'arraisonnement des « satellites non identifiés ». Nous revivrons peut-être dans quelques années une quelconque « affaire du Pueblo ». C'est malheureux. Le programme MOL et certains projets soviétiques — comme le système de bombardement sur orbite fractionnelle, FOBS — sont à même de prouver que nous sommes encore très primitifs. Heureusement, la majorité des missions spatiales visent avant tout l'amélioration du bien-être de l'humanité par une meilleure connaissance du milieu cosmique que nous habitons dans notre coin de la Galaxie.

Le « MOL » en deux coups de pinceau

Le MOL, constitué d'un cylindre de 40 pieds en longueur et de 10 pieds de diamètre, offrira aux deux membres d'équipage de 150 à 350 pieds cubes par homme, — comparativement à 70 pi³ dans la cabine Apollo. Toutes les commodités pour un vol d'au moins trente jours seront assurées. Le poids du laboratoire orbital est d'environ 25 000 livres dont 3 000 à 5 000 consacrées à l'instrumentation. Deux astronautes prendront place dans une version tronquée de l'habitacle Gemini joint au cylindre. L'ensemble est placé au sommet d'une fusée Titan 3M qui

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique, B. Sc. IV, à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal.

servira de lanceur. Au retour, les hommes réutiliseront la capsule Gemini B pour la rentrée atmosphérique et la récupération.

La fusée Titan 3M est une fusée Titan 3A, semblable à celles utilisées par la NASA pour l'opération Gemini (en fait, on utilisait alors la Titan 2), flanquée de deux énormes boosters qui brûlent un carburant solide de poudre. La poussée des boosters atteint 3 300 000 livres, et la charge utile de la 3M frôle 32 000 livres; c'est amplement suffisant pour mettre en orbite le laboratoire cylindrique et le taxi Gemini. Une version élémentaire du MOL sera préalablement lancée par une Titan 3C.

Ce n'est pas encore un salon

Le MOL laisse poindre les premières concessions au confort se traduisant par un habitat très volumineux et une atmosphère de constitution plus confortable; on a choisi un mélange de 70% d'oxygène et de 30% d'hélium sous une pression de 5 livres par pouce carré, soit $\frac{1}{3}$ de la pression familière. L'hélium convient parfaitement à l'organisme humain, comme il a été démontré dans de nombreuses expériences: entre autres l'opération *Conshelf* du Capitaine J. Y. Cousteau où un groupe d'aquanautes séjournent plusieurs dizaines de jours à quelques centaines de pieds sous l'eau. L'héliox évite les dangers de décompression inhérents à l'azote, facilement absorbable par le sang. L'hélium possède une grande chaleur spécifique facilitant la climatisation. Toutefois dès qu'une personne respire l'héliox, elle a la surprise de voir sa belle voix de basse passer à celle d'un mezzo-soprano. C'est l'effet « Donald Duck » de l'hélium qui n'amortit pas autant les vibrations de l'air.

Voyons plus en détail les quatre composantes du MOL:

1. Tout d'abord, le *taxi Gemini B*; cette version modifiée de la célèbre capsule spatiale des années 65-66 a vu son poids diminué de plus d'une demi-tonne. En effet, on n'a plus besoin de tous les services ordinaires car le taxi ne sera

utilisé que pour la navette entre la Terre et le MOL; la durée de chaque mission aller-retour est d'environ 6 heures. Une autre modification importante est la percée d'une écoutille de deux pieds de diamètre dans le bouclier thermique de la capsule. La jonction Gemini B-MOL s'effectuant par l'arrière, les deux astronautes pourront s'introduire dans le laboratoire par cette écoutille.

2. Le *compartiment survie*, pressurisé en permanence de sorte que les membres de l'équipage y travailleront en bras de chemise, réunit tous les services: couchettes, cuisine, placard, etc.

3. Le *laboratoire* proprement dit, aussi pressurisé, constitue le centre névralgique de la station orbitale; en plus de contenir toute l'instrumentation scientifique pour mesurer et enregistrer les données, c'est là qu'on trouve les contrôles de navigation. Cette section communique au compartiment survie au moyen d'un sas; un autre sas permet d'atteindre la section suivante, le compartiment photo.

4. En conditions normales, le *compartiment photo* ne devrait pas recevoir la visite des astronautes. Du point de vue des militaires, l'importance stratégique du compartiment photo est primordiale d'autant plus qu'on utilisera toutes les techniques les plus récentes de l'optique de l'infrarouge et de l'ultra-violet. En plus des radars et des sondes, un large éventail de télescopes et d'antennes déployées à l'arrière du MOL effectueront l'observation d'intérêt militaire; bien des investigations scientifiques seront néanmoins menées.

Une métamorphose continuelle

Les modifications constantes qu'on a apportées à la configuration du MOL ont beaucoup retardé le premier lancement de ce laboratoire qui aurait dû avoir lieu il y a déjà bien des mois. On prévoit une évolution prononcée; on étudie par exemple l'arrimage de plusieurs Gemini B, manoeuvre qui rendrait plus souple la relève

d'équipages plus nombreux. Il est possible qu'on utilise plus tard les véhicules de type *planeur hypersonique* comme le HL-10. Cependant, comme ce dernier a une capacité de 12 passagers, on préfère envisager son utilisation dans les concepts plus élaborés de stations orbitales, tels ceux prévus par la NASA: le LORL, à titre d'exemple, pourrait prendre à son bord 24 hommes, et le volume habitable serait de 67 000 pieds cubes, soit 2 750 pi³ par homme.

Soulignons que l'arrangement MOL-Gemini B a déjà été essayé en vol; le 3 octobre 1966, une fusée Titan 3C plaçait en orbite une version non-habité pour vérifications préliminaires.

L'importance et l'intérêt de l'expérience MOL tiennent surtout au fait que ce laboratoire sert de schéma d'essai aux stations orbitales à venir; le MOL préfigure les constructions géantes de la deuxième et troisième décennie de l'ère spatiale. L'Aviation américaine envisage des versions plus complexes de stations orbitales qui ne manqueront pas de faire double emploi avec les projets « pacifiques » de la NASA; l'agence civile ne manque pas de trépiigner devant cette militarisation de l'espace circumterrestre d'autant plus que ces projets du Département de la Défense grugent à belles dents dans son propre budget.

2e partie

L'URSS opte pour la plateforme orbitale

Même si la *Pravda* peut consacrer la moitié d'une édition à une expérience spatiale quelque peu sensationnelle accomplie par l'URSS, ce n'est qu'à la suite d'un succès au moins partiel. Convaincus de la force de l'élément surprise, les dirigeants soviétiques attachent encore énormément d'importance à la propagande et au prestige que leur apporte la

le est
à les
per-
pen-
de ca-
rière
s les
ions
ar la
apple,
d 24
able
sur
ment
sary
e fi-
une
lica-
de
sur-
sert
es or-
figure
de la
de de-
méri-
plus
tales
faire
voies
géog-
réplu-
ation
d'au-
Dégen-
ropre

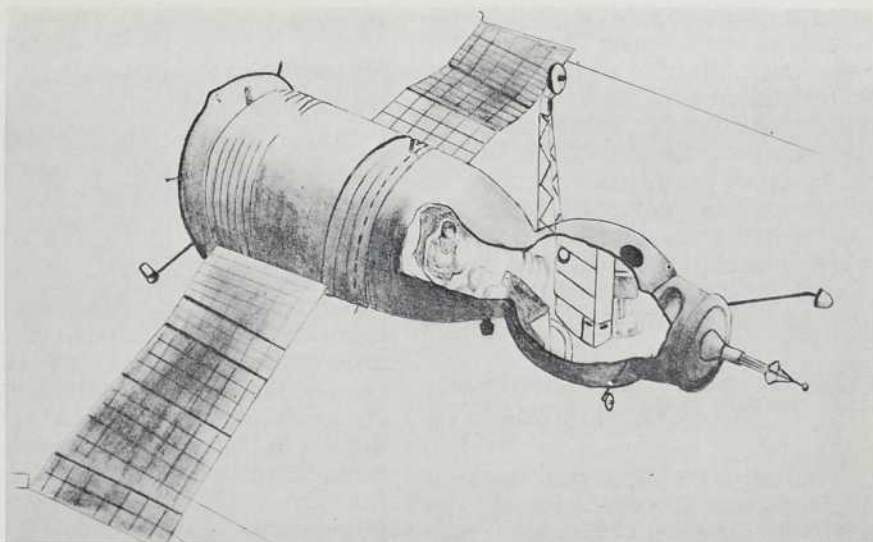
moindre envolée spatiale. A tra-
vers des informations extrême-
ment vagues, les réalisations pas-
sées et les programmes en cours
permettent de tirer des conclu-
sions intéressantes.

Un fossé à combler

Présentement, les Soviétiques souffrent des sérieux handicaps que seule la technique de station sur orbite leur fera combler rapidement. Si le début de la première décennie spatiale a été marqué par le leadership incontesté des Russes, les Américains ont rapidement doré leur blason. Ces derniers ont accumulé dans les dernières années avec les opérations Gemini et Apollo, une expérience des vols habités de longue durée et des rendez-vous et arrimages orbitaux d'une envergure impressionnante. En janvier 1969, les Soviétiques n'avaient accumulé que 630 heures-hommes dans l'espace contre 3 214 pour les astronautes de la NASA; Jim Lovell avec ses 572 heures (soit 24 jours) a presque autant d'heures de vol cosmique que les douze premiers cosmonautes russes ensemble! D'autre part, l'URSS n'a jamais gardé en orbite un vaisseau habité plus de 5 jours: période qui demeure légèrement en deçà de la durée d'un voyage Terre-Lune, sans séjour sur orbite lunaire. On ne risque à de grandes distances de la Terre qu'un véhicule ayant fourni des garanties absolues de fonctionnement parfait durant une bonne dizaine de jours.

Face aux Américains qui maîtrisent avec grande précision le rendez-vous orbital et l'arrimage contrôlé par des astronautes, les Soviétiques n'ont que trois rendez-vous à leur actif et deux arrimages. En octobre 1967, ils réussissaient le premier rendez-vous automatique avec les satellites Cosmos 186 et 188 de type Soyouz. Insistons sur l'importance à long terme de cette technique automatique, surtout dans l'assemblage orbital d'une plateforme géante.

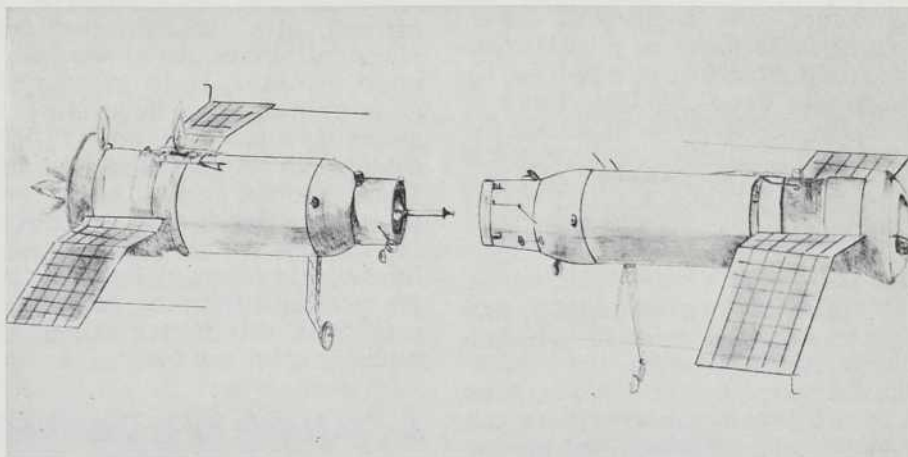
Peu après le vol d'Apollo 7 en octobre 68, le colonel Georgy Beregovoy aux commandes de So-



Soyouz-3

Ce dessin montre Soyouz-3 tel qu'il apparaissait lors du vol du colonel Beregovoy à l'automne 1968. C'est la version habitée des Cosmos 186 et 188; cette fois-ci le module et l'intérieur nous apparaissent avec plus de détails.

La section sphérique frontale abrite le module de commande, la section laboratoire et un atelier de travail pour le cosmonaute. Ce dernier communique de cette section à la cabine par une écoutille. On peut voir que la forme cylindrique avant est dotée d'un mécanisme pour l'arrimage avec un autre satellite. En fait, on ignore si Soyouz-3 s'est arrimé à Soyouz-2 après leur rendez-vous opéré automatiquement dans sa première phase, et terminé sous le contrôle du pilote.



Cosmos 188 et 186

L'une des manoeuvres les plus intéressantes et les plus prometteuses pour l'assemblage de stations orbitales est le rendez-vous et l'arrimage automatiques. Les satellites soviétiques Cosmos 188 et 186, de type Soyouz, ont réussi pour une première mondiale le premier arrimage automatique en octobre 1967; la manoeuvre fut répétée en avril 1968 avec Cosmos 212 et 213. Aucun de ces vols n'emportait de cosmonaute.

Derrière les nez sphériques conçus pour l'arrimage des deux satellites, les parties légèrement sphériques dissimulent les modules de commande qui sont ramenés à terre et récupérés. Les satellites ont un diamètre de 11½ pieds et pèsent environ 15 000 livres. Soulignons l'utilisation de panneaux solaires pour fournir l'énergie électrique par conversion de l'énergie lumineuse du Soleil. Les Américains emploient la méthode plus sophistiquée de la combinaison chimique de l'oxygène et de l'hydrogène pour obtenir simultanément de l'électricité et de l'eau.

(Dessins de Mariette Chagnon, Montréal, d'après des schémas de la Pravda).

youz 3, dixième satellite habité soviétique et premier rendez-vous avec cosmonaute, s'approchait à 650 pieds de Soyouz 2; ce dernier avait été mis sur orbite la veille de l'envol de Beregovoy. A la suite de cette première approche, le pilote en manoeuvrant cette fois lui-même sa cabine, put s'approcher à quelques pieds. Il n'y eut pas d'arrimage; pourquoi? Dieu seul le sait.

Une technique fondamentale : la plateforme orbitale

Toutes ces expériences servent évidemment à perfectionner les manoeuvres essentielles à la construction de stations géantes à partir desquelles on prévoit la conquête de la Lune et même des planètes. Les Américains ont il y a plusieurs années opté pour un rendez-vous sur orbite lunaire; ceci pour des raisons d'économie de tout ordre, car le rendez-vous autour de la Terre avec atterrissage direct sur la Lune nécessiterait la constitution d'un vaisseau beaucoup plus lourd à partir de deux lancements de la Saturne V. Passés maîtres dans la miniaturisation, les Américains n'ont eu besoin que des 7 500 000 livres de poussée de l'ainée de la filière Saturne pour envoyer 3 hommes à la Lune. Il est intéressant de noter qu'on a parlé récemment d'une fusée soviétique de 10 000 000 livres de poussée.

Il faut voir plus loin que la simple excursion lunaire et envisager un véritable débarquement sur la Lune; à long terme, cette exploration exige des constructions très ambitieuses où le concept de plateforme s'intègre parfaitement. Durant les années 1964-65, l'URSS a procédé à une revision complète de son programme spatial à long terme. L'élément central de la nouvelle ligne de pensée est la *plateforme orbitale habitée*, pilier de l'astronautique soviétique des deux prochaines décennies. Les premières plateformes formées de quelques modules pourraient être mises en chantier à partir de la filière Soyouz, dont la version connue servirait de taxi dans une plateforme plus élaborée.

Le programme est appelé à croître jusqu'à servir de base de lancement vers la Lune et même les planètes.

Tout d'abord, la plateforme servira à expérimenter le comportement humain en orbite durant de longs séjours; elle remplira le rôle de police orbitale pour l'observation militaire des activités d'éventuels ennemis, copiant ainsi les manoeuvres du MOL de l'Aviation américaine. Evidemment, elle sera un observatoire astronomique et géophysique précieux; étant donné la vaste superficie de l'Union soviétique, la station jouera un rôle important en météorologie et dans le relevé des richesses naturelles du pays.

On envisagerait l'utilisation de la plateforme à des fins d'exploration beaucoup plus ambitieuses. Ainsi on y assemblera et préparera les véhicules habités et les laboratoires à destination de la Lune. On y trouvera la base de lancement pour les satellites en direction du Soleil et des planètes Mars, Vénus, Mercure, Jupiter sur lesquelles les Soviétiques feront atterrir des laboratoires complexes au cours des années 70. Si pour les Etats-Unis la conquête de la planète Mars ne se situe pas avant les années 80, pour l'URSS, cet assaut vers les planètes jouit d'une priorité de tout premier ordre. Les Soviétiques préparent l'envoi d'hommes dans l'espace lointain de façon globale; il y aura peu de différence entre leurs méthodes de débarquement lunaire et celui sur Mars.

Au lendemain de la Catastrophe Soyouz I

L'écrasement de Komarov n'a pas modifié l'élaboration de la plateforme orbitale même si un éventuel atterrissage lunaire en a été retardé. La commission d'enquête sur la catastrophe Soyouz I a rapidement prouvé que l'échec de la mission fut causé par le mauvais fonctionnement du système d'orientation de la capsule. Cosmos 186 et 188 en octobre 1967 et Cosmos 212 et 213 en avril 1968 ont prouvé que tout était rentré dans l'ordre.

Malgré que les Soviétiques semblent avoir renoncé au premier rang dans la course au débarquement sur la Lune, ils préparent un assaut d'exploration lunaire avec laboratoires et sondes; les relevés « géologiques » et « géophysiques » de ce nouveau continent culmineront avec la construction d'une vaste station souterraine vers 1975.

La NASA de son côté, a bien des plans pour une exploration lunaire de grande envergure, mais la réticence du Congrès fait qu'aucun crédit n'a été voté pour de tels programmes.

En URSS, les détails d'une mission lunaire sont élaborés dans le plus grand secret; toutefois, bien des allusions par des cosmonautes et des savants russes laissent croire que leur approche du débarquement lunaire est bien différente de l'opération Apollo. Le père des spoutniks, le professeur Léonide Sédov, déclarait au lendemain du vol historique d'Apollo 8, que les Soviétiques n'avaient aucun projet *analogue* à celui d'Apollo 8. Ne nous méprenons pas; cela est loin de signifier que son pays demeure indifférent à la Lune. Les savants russes utiliseront vraisemblablement la technique du rendez-vous sur orbite terrestre suivant le concept de plateforme orbitale. La mission Apollo opérera l'atterrissage sur la Lune et le retour par des phases de rendez-vous autour de la Lune; ce procédé nécessite au départ un véhicule beaucoup moins lourd que la technique soviétique, mais exige des communications et des relais de radars impeccables.

Terre-Lune via la plateforme

Le satellite habité serait constitué et assemblé au système de propulsion à partir de la plateforme orbitale terrestre. De là, le véhicule sera lancé vers la Lune qu'il contournera sur une orbite très basse; on en profitera pour larguer les réservoirs vides. Après quoi *tout* le satellite avec son équipage descendra sur le sol lunaire. La phase de retour nécessitera un lancement puissant qui

enverra directement l'équipage de la surface lunaire sur une orbite précise autour de la Terre; on pourrait alors recouper la trajectoire de la plateforme. Cette technique nécessite une navigation et une télémétrie sans défaut, ce que les engins Soviétiques n'ont pas encore démontré parfaitement. Une approche plus probable sera tout simplement de laisser sur une orbite terrestre temporaire, le véhicule de retour. Toutefois, les vols circumlunaires des stations automatiques Zond 5 et 6 l'autonne dernier, laissent croire que la rentrée directe du corridor atmosphérique soit la plus économique.

D'après la tradition soviétique, l'atterrissage en douceur sur la

Lune et le retour à la Terre, seront préalablement mis à l'essai à vide. Le véhicule pourrait aussi emporter des organismes vivants et même des animaux.

Comme l'a souligné le professeur Sédov, le concept de la plateforme orbitale demeure pour les Soviétiques la pièce de base de toute l'exploration spatiale vers la Lune et les planètes.

Bibliographie

DUCROCQ, A. *Dix ans dans l'espace*, no spécial de « Sciences et Avenir », octobre 1967, 102 pages.

ROY, Jean-René. *Dix années d'astronautique en Russie*, « Le Jeune Scientifique », vol. VI, no 3, déc. 1967, pp. 49-54, janv. 1968, pp. 79-82.

Von BRAUN, W., ORDWAY III F. I., *History of Rocketry and Space Travel*, Crowell, 1966, 244 pages.

Von BRAUN, W. *The McGraw-Hill Encyclopedia of Space*, McGraw-Hill, 1967, 832 pages.

— *Review of the Soviet Space Program*. U.S. Government Printing Office, 1967, 138 pages.

— *Aviation Week and Space Technology*, McGraw-Hill, 18 mars 1968, 340 pages.

Dans un prochain article : la 3e partie ou « L'Atelier orbital Saturne I et le programme Apollo ».

Statistiques et orientation professionnelle

quelques chiffres sur certaines carrières scientifiques et autres professions

par Alphée Nadeau

A la fin de chaque année, un nombre de plus en plus grand d'étudiants doivent faire face au difficile problème du choix d'une carrière ou d'une orientation particulière. Ce choix, tous le savent bien, est de la plus haute importance dans la vie d'un individu. En effet, à moins de consentir à perdre une ou plusieurs années d'études, une fois engagé dans une voie précise, un étudiant ne saurait songer à modifier cette orientation à tout venant.

C'est ainsi que déjà en secondaire V les étudiants sont appelés à poser des gestes, à prendre des décisions qui influenceront par la suite tout le cours de leur vie. Cela est d'autant plus vrai à la fin du cours collégial, au moment de l'entrée à l'Université. Certes, celui qui, après s'être dirigé vers une certaine discipline, découvre que celle-ci ne réussit pas à combler ses aspirations, ne

doit pas hésiter à modifier cette orientation même au risque de retarder d'une année son entrée sur le marché du travail. Ne connaissons-nous pas, en effet, de ces personnes qui ont accédé à une carrière sans goût particulier pour celle-ci et qui se retrouvent au seuil de leur vie d'adulte pratiquant une profession qu'ils détestent déjà et dans l'exercice de laquelle ils ne trouvent aucune satisfaction personnelle.

C'est afin d'éviter de telles mésaventures à nos étudiants qui doivent prendre très tôt des décisions engageant leur avenir que les collèges mettent à leur disposition des « orienteurs professionnels ».

Nous avons, pour les mêmes raisons, pensé que les quelques tableaux qui suivent seraient de nature à intéresser et aider ces mêmes étudiants.

Dans une première étape, nous avons voulu comparer entre elles les trois universités canadiennes-françaises du Québec — Laval, Montréal et Sherbrooke — de même que l'université d'Ottawa qui accueille elle aussi un certain nombre de nos étudiants. Pour chaque université, dans une discipline donnée, nous trouvons le nombre de diplômes conférés en juin 1968. Nous ne tenterons en aucune façon d'analyser les raisons des divergences inter-universitaires ainsi obtenues; ces tableaux se veulent uniquement une illustration des faits, rien de plus.

Nous avons essayé de donner un inventaire représentatif des différents diplômes conférés par les universités du Québec. Il va

L'auteur, Alphée Nadeau, B. Sc., est professeur de Physique au Collège Sainte-Anne, La Pocatière, P. Q.

de soi que cet inventaire est très incomplet. Tout étudiant qui voudrait, de la même façon, comparer — non seulement ces quatre universités — mais les universités canadiennes entre elles dans une discipline autre que celles que l'on retrouve ici, n'aura qu'à consulter le *Guide des universités, collèges et instituts de technologie* du ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration. (1). Nul doute que votre orienteur professionnel dispose d'un exemplaire de cette étude statistique et qu'il se fera un plaisir de vous en laisser prendre connaissance.

Pour notre part, nous en avons extrait les quatre catégories suivantes :

- 1— les baccalauréats ès sciences biologiques, chimiques, mathématiques et physiques;
- 2— les diplômes de génies chimique, civil, électrique et physique;
- 3— les diplômes en sciences biologiques: art dentaire, éducation physique et pharmacie;
- 4— les diplômes en sciences humaines: droit, histoire, philosophie, psychologie et science politique.

On notera que nous avons conservé le même ordre de présentation des universités pour les tableaux I et II: Laval, Montréal, Sherbrooke et Ottawa. Ceci permet de comparer facilement le nombre de diplômes conférés par une même université dans chacune des seize (16) disciplines choisies.

De plus, les deux dernières colonnes de ces mêmes tableaux nous permettent de tirer quelques conclusions fort intéressantes sur l'ordre de préférence manifesté par les diplômés pour chaque discipline, tant au sein des sciences pures ou appliquées qu'au sein des sciences humaines ou biologiques.

Ainsi, du côté des sciences pures et appliquées, constatons-nous trois niveaux de préférence: les génies civil et électrique dominant; suivent d'assez loin les

TABEAU I

Nombre de gradués en juin 1968: B. Sc. et Génie, dans quatre universités.

B. Sc.	Laval	Montréal	Sherbrooke	Ottawa	Total	Rang
biologie	11	20	26	5	62	5
chimie	17	10	14	6	47	7
mathématiques	31	22	15	3	71	3
physique	21	16	11	6	54	6
Génie						
chimique	32	27	—	7	66	4
civil	41	59	11	9	120	1
électrique	35	44	16	17	112	2
physique	18	9	—	—	27	8

TABEAU II

Nombre de gradués en juin 1968: sciences biologiques et sciences humaines dans quatre universités.

Sciences biologiques	Laval	Montréal	Sherbrooke	Ottawa	Total	Rang
art dentaire	—	51	—	—	51	8
éducation phys.	18	67	24	27	136	3
pharmacie	24	58	—	—	82	6
Sciences humaines						
droit	111	120	39	93	363	1
histoire	47	120	—	11	178	2
philosophie	25	46	—	—	71	7
psychologie	13	85	—	—	98	5
science politique	35	62	—	32	129	4

TABEAU III

Salaire mensuel offert au mois de juin 1968: B. Sc. et Génie.

B. Sc.	Salaire	Génie	Salaire
biologie	\$550	civil	\$610
chimie	\$570	électrique	\$610
mathématiques	\$580	physique	\$610
physique	\$585	chimique	\$615

Salaire mensuel offert au mois de juin 1968: sciences biologiques et sciences humaines.

Sciences biologiques	Salaire	Sciences humaines	Salaire
éducation phys.	\$535	philosophie	\$495
pharmacie	\$680	psychologie	\$510
art dentaire	\$750	histoire	\$555
		science politique	\$560
		droit	\$560

sciences mathématiques, le génie chimique, la biologie, la physique et la chimie. Le génie physique vient loin derrière au troisième rang — c'est d'ailleurs la profession la moins recherchée parmi les 16 citées ici en exemple.

Par ailleurs, du côté des sciences biologiques et humaines, la préférence va nettement au droit, lequel est suivi par l'histoire, l'éducation physique et les sciences politiques. Un troisième palier comprend la psychologie, la pharmacie et la philosophie. L'art dentaire ferme la marche.

Il va de soi que ces chiffres représentent l'ordre de préférence de ces disciplines en juin 1968 seulement et ne présagent en rien des années à venir. Ils constituent cependant un excellent exemple de ce qu'était l'offre sur le marché du travail en juin 1968.

Puisque tout étudiant qui cherche à s'orienter dans la vie n'est pas sans se poser un jour ou l'autre la question *salaires*, nous avons cru bon de compléter ce travail par un tableau comparatif des salaires payés en juin 1968 aux nouveaux diplômés des seize (16) disciplines étudiées dans la première partie de ce texte.

Nous croyons cependant nécessaire de souligner que le salaire mensuel à lui seul ne constitue pas un critère de choix valable. A tout prendre, il est certes préférable de pratiquer une profession moins rémunérée mais qui apporte par contre bien d'autres satisfactions à celui qui la pratique qu'une occupation à traitement élevé mais pour laquelle on ne fait preuve d'aucune aptitude personnelle.

Tout étudiant ferait bien de se rappeler ce principe fondamental au moment de faire son choix. Ces considérations n'empêchent pas pour autant de s'intéresser au traitement que l'on peut escompter obtenir dans la profession de son choix et de vouloir savoir comment ce salaire se compare avec celui des autres professions. Le tableau III pourra sûrement vous aider dans ce domaine.

On voudra bien noter que nous y avons conservé les quatre grandes divisions de la première partie et que, dans chaque division, nous avons distribué les disciplines selon un ordre croissant de salaire. Notons de plus que le salaire indiqué dans chaque discipline représente le salaire moyen *national* et non pas le salaire moyen gagné au Québec.

Selon le ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration, (2). « les traitements initiaux consentis aux diplômés en sciences, en 1968, étaient, dans l'ensemble, supérieurs à ceux des diplômés en arts, au même niveau / et / le traitement moyen versé aux diplômés en génie, en 1968, était supérieur à la moyenne des traitements accordés aux diplômés en quelque autre discipline que ce soit ».

TABLEAU IV

Salaires mensuels moyens, par province, en juin 1968.

Ile-du-Prince-Edouard	\$313.32
Nouveau-Brunswick	381.39
Nouvelle-Ecosse	382.13
Terre-Neuve	428.35
Manitoba	437.50
Saskatchewan	454.01
Québec	466.36
Alberta	469.70
Moyenne nationale	476.19
Ontario	490.63
Colombie-Britannique	527.02

De plus, si on compare le tableau des salaires mensuels offerts aux nouveaux diplômés en juin 1968 avec le tableau du salaire mensuel moyen, par province, pour le même mois (3), on constate que, dès son entrée sur le marché du travail, dans n'importe laquelle des 16 disciplines analysées ici, le nouveau diplômé gagne un salaire mensuel *supérieur* à la moyenne nationale. Il gagne même un salaire mensuel supérieur au salaire moyen gagné par les habitants de quelque province que ce soit. Une seule exception, la Colombie-Britannique avec un

salaires mensuel moyen tel que les nouveaux diplômés en philosophie et en psychologie passent en-dessous de la moyenne provinciale.

En conclusion, le nouveau diplômé, de quelque discipline que ce soit, se classe très bien face à l'ensemble de la population canadienne. Cela explique pourquoi nous croyons fermement que le choix d'une carrière ne doit jamais être basé uniquement sur le salaire mais avant tout sur les aptitudes personnelles de l'individu: disons-le, quel que soit son choix, le nouveau diplômé sera appelé à occuper une place privilégiée dans la société.

Bibliographie

1. Ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration, Direction de l'analyse du marché du travail, Ottawa. *Guide des universités, collèges et instituts de technologie*, juin 1968.
 2. Idem, Ibidem, page i.
 3. Bureau fédéral de la Statistique, Ottawa. *Revue statistique du Canada*, no 11-004 F, supplément hebdomadaire du 26 novembre 1968.
- N.B. Pour obtenir le salaire mensuel moyen, par province, nous avons multiplié le salaire hebdomadaire moyen, par province, tel que donné à la p. 3 de ce supplément, par le facteur 52/12.

Cinquième congrès

de l'ASSOCIATION des JEUNES SCIENTIFIQUES (AJS)

Le 5e congrès de l'Association des Jeunes Scientifiques se tiendra à l'Université de Montréal les 14 (soir), 15 et 16 mars 1969.

Au programme:

- *plus de 50 communications des étudiants;*
- *une exposition de périodiques scientifiques;*
- *un colloque sur le rôle de l'homme de science;*
- *un symposium;*
- *des ateliers de travail, etc.*

Tout étudiant intéressé aux sciences est invité à assister ou à participer à cet important congrès. Pour obtenir plus de renseignements, veuillez vous adresser à:

Congrès des Jeunes Scientifiques,
appartement 6010,
2375, Chemin Côte-Sainte-Catherine,
MONTREAL 250, P.Q.

BIBLIOTHEQUE
NATIONALE

6 MAR 1969

PÉRIODIQUES