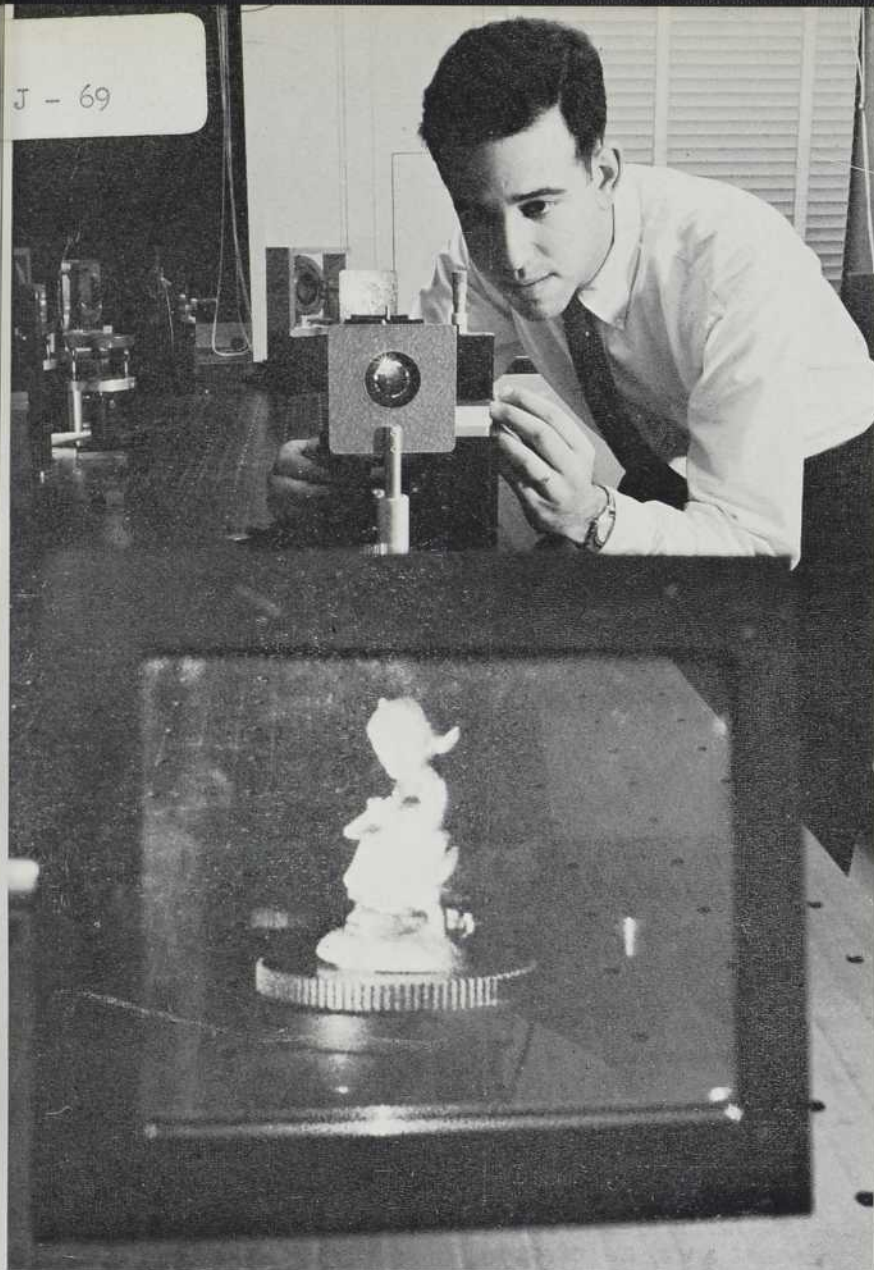
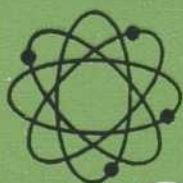


J - 69



7

VOLUME 7
NUMÉRO 7
AVRIL 1969



le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Un minéral portant un nom historique du Canada français

Bien que les minéraux soient utilisés depuis des milliers d'années, on en découvre sans cesse de nouveaux. Sur plus de 2 500 minéraux connus, un seul porte un nom canadien-français.

Au cours d'une excursion à la carrière Desourdy, sur les flancs du mont Saint-Hilaire, le professeur Guy Perrault, chef du département de génie géologique à l'École Polytechnique de Montréal, a découvert un nouveau silicate de zirconium et de sodium. Le professeur Perrault était alors accompagné de deux spécialistes qui faisaient un séjour à Polytechnique, délégués de l'Institut de Minéralogie de Moscou.

L'identification ayant été assurée par de nombreux tests chimiques et physiques, M. Perrault proposa de donner au nouveau minéral le nom de *lemoynite*, en mémoire d'un héros de la Nouvelle-France, Charles Lemoine, dont les fils se rendirent aussi célèbres: d'Iberville, Sérigny, Bienville et Châteauguay. Le nom de la nouvelle espèce a reçu la sanction de la Commission de nomenclature de l'Association internationale de Minéralogie.

Pour le spécialiste, la carrière Desourdy est un phénomène: on y a récolté et identifié près de 90 minéraux différents, dont un bon nombre ne se trouve que dans de rares endroits de la Russie, de la Norvège et du Groenland. En 1953, un collectionneur de roches, M. Melanson, apportait au professeur Perrault quelques spécimens qu'il ne pouvait identifier. Parmi eux se trouvait une espèce très rare. Depuis la présentation des résultats des analyses, lors d'un congrès scientifique, la carrière Desourdy est devenue une véritable mine d'or pour les minéralogistes et les géologues. Plus d'une dizaine d'espèces n'ont pas encore été identifiées.

Vient de paraître:

« 12 000 PROBLEMES », vol. I

(4)
Concours mathématiques, révisions mathématiques, au niveau des Olympiades... en 4 volumes, par Hector GRAVEL, professeur agrégé, Sciences de l'Éducation, Université de Montréal.

Un cahier de format 8½ x 11 pouces, miméographié, 143 pages, publié conjointement par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences et l'Association mathématique du Québec, mars 1969. La série comprendra 4 volumes et le IIe sera disponible bientôt.

En vente, à \$1.00 l'exemplaire, à cette adresse: *Comité de Publication, Association mathématique du Québec*, case postale 6128, Montréal 101. (A 50 cents l'exemplaire pour les étudiants inscrits au Concours mathématique du Québec).

Lorsque la guerre éclata une équipe de physiciens français était en tête dans la marche vers la construction de la première pile atomique. Au moment de la tragédie qui bouleversa ce pays, Frédéric Joliot avait déjà dans l'esprit les principes de la future expérience.

Le gouvernement des Etats-Unis vient de reconnaître ces travaux français. La commission de l'Energie atomique (U.S.A.E.C.), organisme gouvernemental a, en effet, décerné un prix spécial de 35 000 dollars à la grande équipe française des années 39, prix qui a été remis à la fin de l'année 1968 à Washington par le professeur Seaborg, l'illustre découvreur du plutonium, maintenant président de la commission de l'Energie atomique.

« Ce prix est décerné par l'U.S.A.E.C. pour reconnaître l'éminente contribution apportée au développement de l'énergie nucléaire par l'équipe de Frédéric Joliot, Hans Halban, Lew Kowarski et par Francis Perrin. La recherche expérimentale poursuivie par cette équipe en 1939-40, de même que les considérations théoriques avancées par Francis Perrin, ont joué un rôle important à l'aube des recherches sur la fission nucléaire. (...) L'attachement à leur oeuvre dont ces savants firent preuve en temps de guerre devant la fortune adverse eut comme conséquence l'heureux déroulement d'une expérience menée en 1940 en Grande-Bretagne à Cambridge, qui apporta la démonstration expérimentale que des fissions en chaîne pourraient se développer dans un mélange homogène d'eau lourde et d'oxyde d'uranium. La contribution de ces éminents savants français à la naissance des réacteurs nucléaires mérite l'éloge le plus haut. »

De la grande équipe qui remporta ces succès voilà presque trente ans, seuls sont vivants Francis Perrin, aujourd'hui président du commissariat de l'Energie atomique, et le professeur Lew Kowarski, attaché à la direction du C.E.R.N. Ils étaient évidemment présents à Washington, avec Hélène Langevin, fille de Frédéric Joliot, et Peter Halban, fils de Hans Halban — qui fut professeur au Collège de France — représentant les deux disparus.

Heureux événement qui vient confirmer la valeur et l'oeuvre géniale de scientifiques français. La collaboration d'une autre équipe quasi internationale allait ensuite compléter ces travaux et aboutir aux résultats que l'on sait. L'énergie atomique, après trente ans, est harnachée en grande partie et se range maintenant à un rythme accéléré dans la vie des laboratoires et des usines... Il est cependant malheureux de constater que les impératifs des guerres soient à la source de si importantes applications de la recherche scientifique.

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'Education 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
Louis-P. Coiteux
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, Qué., Canada. Tél. : 514, 753-7466.

Notes

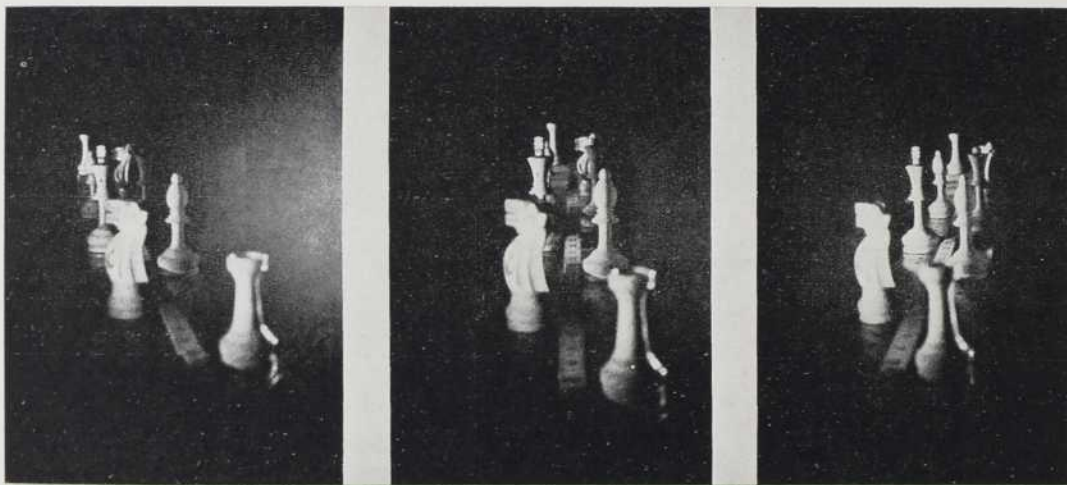
Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire. Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur © ACFAS, 1969. — Tous les articles sont classifiés dans l'index analytique, Les Presses de l'Université Laval, Québec. — Courrier de la deuxième classe. Enregistrement no 1052.

S O M M A I R E

- 170 **Holographie et hologrammes**
par Jean-René Roy
- 175 **L'énigme du rond carré ou la mathématique des transformations**
par Raoul Duchesne
- 178 **Feuillaison et défoliation au Jardin Zoologique de Québec**
par G.-Oscar Villeneuve
- 182 **Lumière et couleur dans les cabines d'avions supersoniques**
par Maurice Dérivé
- 186 **La végétation du Vénézuéla**
par M. M. Grandtner
- 192 **Les plantes introduites du Québec**
2 - Statistiques
par C. Rousseau et L. Cinq-Mars
- 196 **5e congrès de l'Association des Jeunes Scientifiques**
L'astronomie supersonique

Photographies de la couverture :

Des images en trois dimensions ou des « hologrammes », l'une des étonnantes applications du laser. A gauche, un scientifique ajuste un diaphragme destiné à diriger un rayon laser sur l'hologramme qui apparaît au premier plan de la photo. A droite, l'image tridimensionnelle de la statuette tourne de 360° lorsque l'observateur se déplace de gauche à droite en face de l'hologramme. — Photographies de la Bell Telephone Laboratories.



L'effet tridimensionnel d'un hologramme est mis en évidence par le changement des positions relatives des pièces du jeu d'échec lorsqu'on les observe à un angle différent. Ici l'observateur se déplace de gauche à droite. Chaque pièce est à 6 pouces l'une de l'autre. Cet hologramme présente une profondeur de champ exceptionnelle de 4 pieds. On obtient une telle profondeur de champ en séparant le rayon laser initial en plusieurs faisceaux.

HOLOGRAPHIE et hologrammes

des images en trois dimensions

par Jean-René Roy

Une application du laser, aussi bizarre au profane que passionnante pour le chercheur, fait fuir dans le monde de la science depuis près de six ans : l'*holographie*. Ce néologisme décrit une technique révolutionnaire par laquelle on produit des *hologrammes*. Bien entendu! Mais cela ne nous apprend pas grand-chose direz-vous. Qu'est-ce qu'un hologramme alors? C'est un *enregistrement photographique qui permet de reconstruire l'image en 3 dimensions d'un objet*; largeur, hauteur et aussi profondeur. Toute image ordinaire n'a que deux dimensions, à moins de créer un effet de profondeur par la stéréoscopie.

Pour fabriquer un hologramme, on utilise un faisceau de lumière monochromatique (une seule longueur d'onde, une couleur unique) émise par un laser. On divise ce faisceau en deux parties : un des faisceaux est dirigé vers l'objet à holographier, et réfléchi sur une plaque photogra-

phique; tandis que l'autre frappe directement la plaque photographique. Nous étudierons le processus plus en détail.

La plaque n'enregistre pas l'image de l'objet, mais un *patron d'interférences* très complexe des deux faisceaux de lumière arrivant sur la plaque. L'image tridimensionnelle de l'objet est obtenue en éclairant avec un laser la plaque photographique.

Après des débuts quelque peu engourdis, l'holographie jouit présentement d'un avenir très prometteur en science et en technologie. Quoique le principe de l'holographie ait été suggéré dès 1947 par Dennis Gabor, ce n'est qu'avec l'avènement du laser que cette technique révolutionnaire devint possible. L'atout incontesté du laser réside dans la *cohérence* de son faisceau lumineux. Sans cette propriété, pas d'holographie, et un laser ne vaudrait guère plus qu'un vulgaire tube fluorescent. C'est donc dire que la cohé-

rence constitue la caractéristique essentielle de l'effet laser; elle est à l'origine des milliards de dollars dépensés en recherche sur le laser, ses applications et procédés connexes.

La cohérence et ses suites

Un faisceau d'ondes est *cohérent* lorsqu'il est produit par une *succession ordonnée d'ondes, réparties sur une bande de fréquences très étroite*. (Nous donnons en schéma les caractéristiques générales d'une onde: Fig. 2). Un exemple typique est le train d'ondes concentriques engendrées par une pierre jetée dans l'eau. Dans un tube fluorescent par exemple, tout grouille en tout sens comme une foule désordonnée. A l'opposé, l'effet laser se compare à une troupe disciplinée marchant au pas, capable de fai-

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

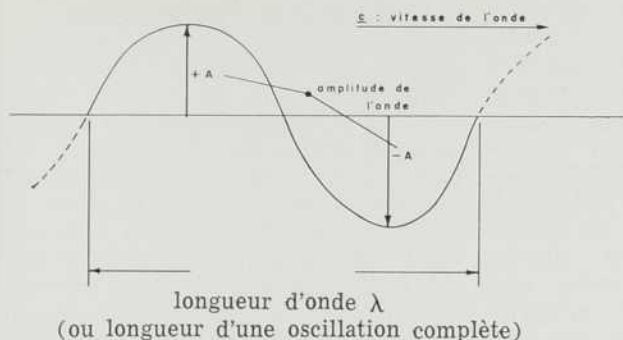


Fig. 2 Caractéristiques d'une onde.

Longueurs d'onde de la lumière : 4×10^{-5} à 8×10^{-5} cm

Vitesse de la lumière : 3×10^{10} cm/sec

Fréquence (nombre d'oscillations par seconde): environ 10^{17} cps = ν

(Ces paramètres sont reliés entre eux par la relation : $c = \lambda \nu$).

re s'écrouler un pont. En bref, la troupe s'avancant au pas évoque les fronts d'ondes en phase du faisceau de lumière du laser; de plus, le fait que chaque soldat s'avance au même rythme que ses compagnons remplit la seconde exigence de la cohérence : les ondes doivent vibrer selon une *fréquence unique*.

Comme vous le devinez, la perfection n'est pas de ce monde. Aussi, la cohérence absolue n'existe pas; on doit parler de degrés plus ou moins grands de cohérence. De cette façon, on peut dire que, sans afficher une cohérence absolument impeccable, la lumière du laser est plus cohérente que celle de toute autre source; le faisceau du laser est assez cohérent pour manifester des propriétés tout à fait différentes de celles de la lumière ordinaire. Les autres caractéristiques exclusives du laser sont l'intensité lumineuse et la possibilité d'en obtenir des faisceaux monochromatiques et très directionnels. La cohérence permet de focaliser un rayon laser si finement qu'on peut perforer un diamant.

Comment construit-on un hologramme?

A partir d'un faisceau de lumière émis par un laser (Fig. 3), deux faisceaux de lumière cohérente sont produits à l'aide d'un miroir semi-transparent; ce der-

nier laisse la moitié du faisceau tout en réfléchissant l'autre partie. Les deux faisceaux voyageant à la même vitesse (3×10^{10} cm/sec), parcourent donc des distances égales en des temps égaux. Les faisceaux étant monochromatiques, leurs ondes oscillent au même rythme. S'ils sont réunis après avoir chacun parcouru une *distance égale*, les deux trains s'additionnent algébriquement, correspondant au faisceau original.

Mais que se produit-il si un des faisceaux a parcouru une distance plus grande (ou plus courte) que son jumeau? Un phénomène bien connu apparaît, l'*INTERFÉRENCE*. Soulignons, qu'il est essentiel pour avoir interférence de

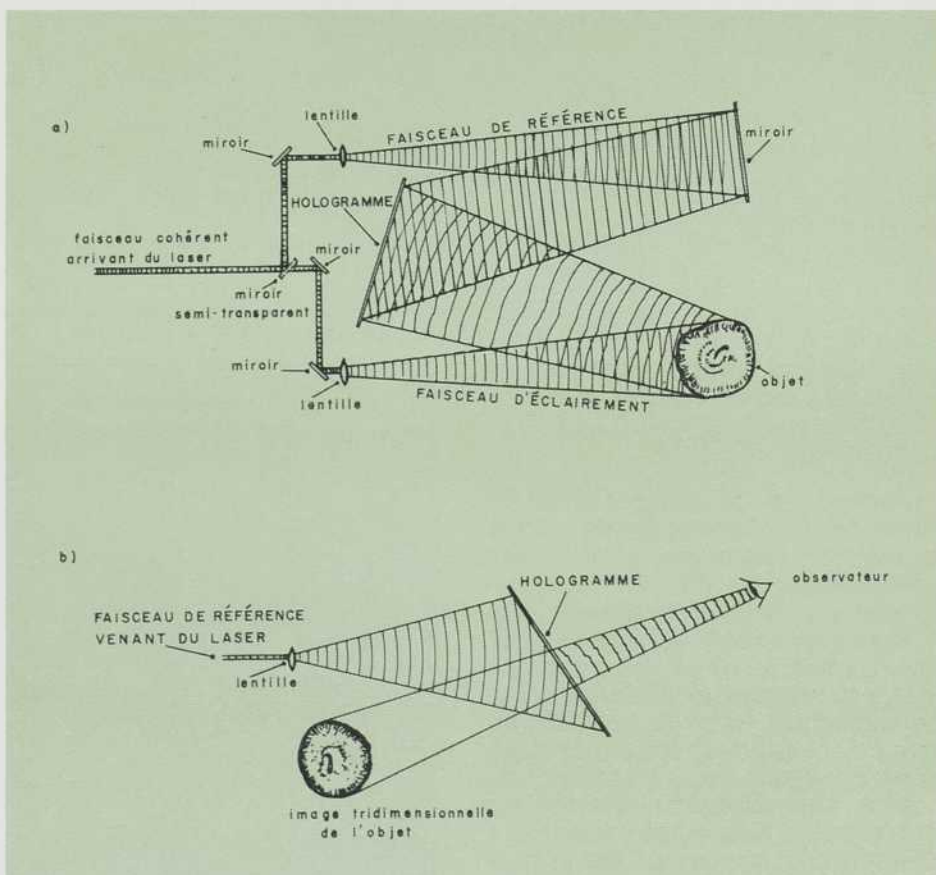


Fig. 3 Comment on construit et rejoue un hologramme.

A) Pour fabriquer l'hologramme, un faisceau de lumière cohérente émis par un laser est divisé en deux parties : un premier faisceau va se réfléchir sur deux miroirs successifs pour aboutir à la plaque photographique; le second faisceau éclaire l'objet dont la lumière réfléchie va interférer avec celle du premier faisceau sur la plaque. Le patron d'interférences qui en résulte forme l'hologramme.

B) Pour rejouer l'hologramme, on l'éclaire à l'aide du seul faisceau de référence; l'hologramme reproduit les fronts d'ondes réfléchis par l'objet original. Quoique l'objet ait été enlevé, on aperçoit une image *tridimensionnelle* de l'objet.

croiser deux trains d'ondes ayant la même fréquence (ou longueur d'onde); cela est nécessaire pour que s'additionnent des ondes réellement en phase ou déphasées les unes par rapport aux autres. Réunissons les deux faisceaux (Fig. 4); s'ils se rencontrent avec un angle quelconque, nous constatons qu'en certains points, les ondes s'amplifient; c'est l'interférence *constructive*. Nous obtenons l'interférence *destructive*, lorsque les amplitudes des ondes sont égales mais de signe opposé; elles s'annihilent complètement.

Le phénomène d'interférence peut se produire avec toutes les ondes : électromagnétiques, acoustiques, aquatiques, lumineuses, etc. Les trains d'ondes doivent pour produire de l'interférence, parcourir des distances différant entre elles d'une fraction de leur longueur d'onde (plus ou moins un multiple de cette longueur d'onde). La rencontre de deux faisceaux lumineux obéissant aux conditions énumérées plus haut produira un *patron d'interférences*; ce dernier consiste en une alternance de raies noires correspondant à l'interférence destructive, et de raies brillantes correspondant à l'interférence constructive. L'intervalle d'une raie à l'autre demeure constant.

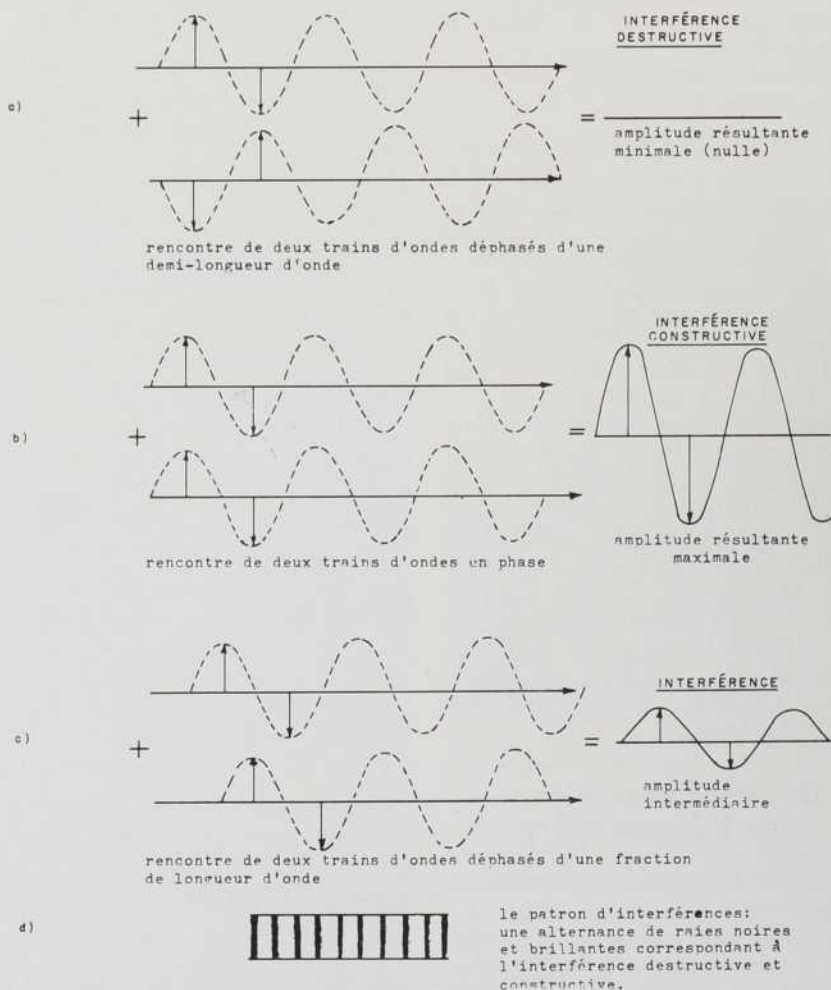
Pourquoi nous sommes-nous attardé sur l'interférence? Tout simplement parce que c'est la clef de l'holographie. Revenons maintenant à nos deux faisceaux. Appelons *faisceau de référence* celui qui, une fois réfléchi par un miroir, est renvoyé à la plaque photographique; et *faisceau d'éclairage* celui qui éclaire l'objet dont on veut tirer un hologramme. Ayant parcouru des trajets différents, les deux faisceaux (Fig. 3) se superposent sur la plaque. Toutefois, dépendant de la forme de l'objet, on remarque que le faisceau d'éclairage est plus ou moins déphasé selon l'endroit de l'objet d'où chaque train d'ondes provient; ainsi des fronts d'ondes arrivant de la face ou des côtés, ont parcouru des chemins de longueur différente. La rencontre des faisceaux est enregistré

sur la plaque photographique sous la forme d'un patron d'interférences très complexe. Cet enregistrement est l'hologramme cherché; il apparaît sous la forme de grains d'émulsion photographique de densité variable, — cette densité atteignant son maximum aux endroits où les fronts d'ondes sont arrivés en phase. L'hologramme n'a aucune ressemblance avec l'objet enregistré; il constitue cependant un dossier optique complet des caractéristiques directionnelles et de l'intensité de la lumière telle que transmise par l'objet. C'est de ce patron d'interférences, que la baguette magique du physicien fera surgir l'image tridimensionnelle de l'objet.

On rejoue l'hologramme

Une fois la plaque photographique développée, on éclaire directement l'hologramme au moyen d'un faisceau de référence du laser. Et le tour est joué : l'image reconstituée de l'objet se dessine. Cette image affiche des qualités peu communes; c'est une image en 3 dimensions. Si on se déplace devant elle, il y a un effet de parallaxe; c'est-à-dire que différentes facettes de l'objet nous apparaissent selon les angles sous lesquels on envisage l'objet (Fig. 1 et 6). Une image ordinaire étant à deux dimensions, ne peut rien nous révéler de plus malgré toutes les acrobaties qu'on puisse faire devant elle.

Fig. 4 Naissance d'un patron d'interférences.



L'exclusivité de la méthode holographique est de montrer un objet sous toutes ses faces, soit 360° (Fig. 6). On étudie ainsi l'utilisation d'hologrammes pour la présentation d'images tridimensionnelles de formes complexes que notre imagination a peine à recréer. Par exemple, les livres de physique, de chimie ou de biologie pourraient présenter sous des angles différents, des modèles de molécules ou d'organismes complexes. Les livres d'art pourraient mieux nous faire goûter les merveilles de la sculpture en nous révélant toutes les facettes d'une oeuvre.

Quelques-unes des applications

Une possibilité intéressante de l'holographie, est de pouvoir focaliser à différentes profondeurs de l'hologramme. Ceci ouvre un champ d'étude très vaste en microscopie qui peut surmonter de sérieux problèmes de profondeur de champ dans l'examen d'échantillons biologiques. Au lieu de mettre sous objectif un organisme ayant subi une préparation spéciale qui affecte considérablement l'échantillon, on utilise un hologramme de l'organisme; il devient possible de l'étudier à loi-

Fig. 5 (à droite).

Un chercheur ajuste un diaphragme destiné à diriger un rayon laser sur l'hologramme visible au premier plan.

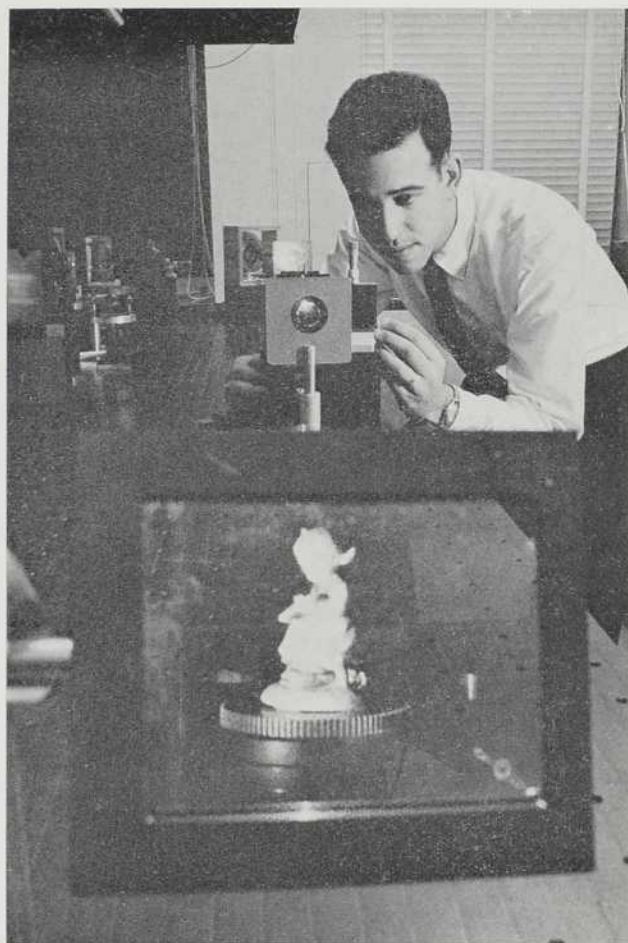
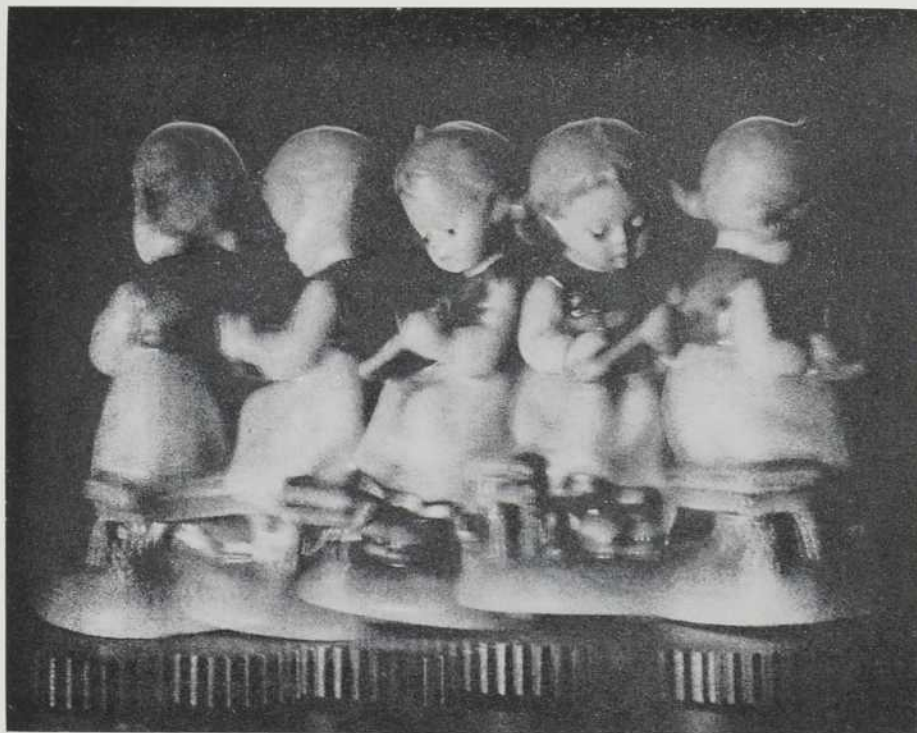


Fig. 6 (en bas).

Une photographie à 5 expositions superposées ou ce que l'on voit en se déplaçant devant l'hologramme de la fig. 5. La granulation de l'image est caractéristique d'un objet illuminé par une lumière cohérente comme celle du laser.



sir, tout en focalisant à différents plans dans la profondeur de l'image holographique.

Née de l'application des méthodes interférométriques, l'holographie apporte dans ce domaine des outils nouveaux. L'atout majeur de l'holographie est d'enregistrer des patrons d'interférences extrêmement « enchevêtrés » comparativement à ceux de l'interférométrie conventionnelle. D'autre part, il y a longtemps qu'on utilise l'interférométrie dans les mesures de très petites distances de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière, pour la détection des perturbations ou des inhomogénéités des milieux optiques; elle sert aussi dans la détermination des indices de réfraction des matériaux; l'indice de réfraction est une mesure de la vitesse de la lumière dans un milieu, par rapport à celle dans le vide. La possibilité en holographie de manipuler des

patrons compliqués permet d'envisager des expériences interférométriques sur une foule d'autres matériaux, tels le béton, pièces métalliques, échantillons de roches, composantes électroniques. Les diagnostics suivis par holographie de phénomènes comme les lignes de courant dans les fluides, ou les ondes de chocs dans les essais en soufflerie, ont révélé déjà des comportements hydrodynamiques sous un jour nouveau.

Les banques pour hologrammes

Par leur nature même, les hologrammes qui sont une reproduction fidèle de la réalité en tant qu'image photographique, s'avèrent des réservoirs d'information. D'ailleurs, on a découvert une façon de stocker les hologrammes pour les utiliser sur demande. A l'automne 1968, des chercheurs des laboratoires de la compagnie Telephone Bell aux Etats-Unis, mettaient au point un cristal aux propriétés sensationnelles; il s'agit du *niobate de lithium* à peine plus gros qu'un cube de sucre. Ce cristal peut emmagasiner plus d'un millier d'hologrammes différents. De cette *mémoire optique* inusitée digérant des hologrammes, on peut retirer l'information stockée ou l'effacer à volonté. Cette découverte s'avère d'un intérêt incontesté. L'époque où chacun pourra posséder une microbibliothèque (un cristal et un laser) est peut-être à venir.

Pour enregistrer les hologrammes, on remplace la plaque photographique usuelle, par un cristal de niobate de lithium disposé sur une plateforme rotative (Fig. 7). Le cristal enregistre le patron d'interférences dû à la rencontre du faisceau de référence avec celui d'éclairement. Après la formation d'un hologramme dans une direction donnée qu'on prend en note, le cristal est tourné légèrement d'une fraction de degré pour un autre enregistrement.

Comment le niobate de lithium peut-il conserver les hologrammes? Lorsqu'éclairé par un laser, le cristal libère dans son intérieur assez d'électrons pour établir un *champ électrique interne semi-*



Fig. 7

Le cristal de niobate de lithium qui repose sur la table tournante graduée peut emmagasiner jusqu'à 1 000 hologrammes différents, simplement en tournant d'une fraction de degré le cristal à chaque enregistrement. Le cliché montre le faisceau de référence d'un rayon laser arrivant de la droite sous un angle précis; le rayon fait surgir l'hologramme emmagasiné à cet angle. (Fig. 1, 5, 6 et 7: photos Bell Telephone Laboratories).

permanent; ce champ électrique entraîne une variation dans l'indice de réfraction du cristal. L'indice varie alors selon l'intensité de la lumière des faisceaux frappant le cristal; ce dernier enregistre par le fait même les variations en intensité inhérentes au patron d'interférences dû à la rencontre des faisceaux.

La plaque photographique est impressionnée par le patron d'interférences; ce dernier est traduit par une modification *permanente* dans les propriétés de transmission de la plaque, — modification provoquée par les réactions photochimiques du composé d'argent sensible à la lumière. Dans le niobate de lithium, le patron est recueilli sous forme d'une *modulation de l'indice de réfraction du cristal*.

Le séjour des hologrammes dans le cristal est semi-permanent; en effet, les hologrammes peuvent être effacés simplement en chauffant le cristal à 170°C; ce dernier est alors disponible pour d'autres enregistrements. Tout comme dans la méthode or-

dinaire, on peut faire rejouer l'hologramme en éclairant le cristal avec l'angle exact sous lequel, il fut interné; un autre angle dévoile un hologramme différent. L'emmagasinage des hologrammes ouvre de nouvelles frontières en informatique où il élargit les possibilités d'utilisation du laser dans les calculatrices électroniques.

Bibliographie

- HERRIOTT, D.R. *Applications of laser light*. Scientific American, septembre 1968, pp. 140-156.
- LENGYEL, B.A. *Lasers*. J. Wiley and Sons, New York, 1964, 125 p.
- MILLER, S.E. *Communications by Laser*. Scientific American, janvier 1966.
- PENNINGTON, K.S. *Advances in Holography*. Scientific American, février 1968, pp. 40-48.
- PRAT, R. *L'optique*. Paris, Ed. du Seuil, « Le rayon de la Science » no 16, 200 p.
- VANIER, Jacques. *Cohérence et Masers*. Le Jeune Scientifique, vol. IV, no 1, octobre 1965, pp. 17-23.
- Scientific American. *Light*. No spécial, septembre 1968, 276 p., consacré entièrement à la lumière; les aspects multiples de l'optique classique ainsi que les récentes découvertes y sont traités amplement.

L'énigme du "rond carré"

ou la mathématique des transformations

par Raoul Duchesne

Disons tout de suite qu'il ne s'agit pas d'apporter une solution à la quadrature du cercle. Je ne tiens nullement à jouer le Don Quichotte! C'est en effet aller à contre-courant de l'histoire que de s'attaquer à ce problème, puisqu'il est définitivement catalogué dans la série des trois problèmes historiques qu'on ne saurait résoudre par le procédé géométrique de la règle et du compas. Les deux autres sont la « duplication du cube » et la « trisection d'un angle », comme on sait. Déjà, en 1755, l'Académie des sciences de Paris refusait d'examiner tout mémoire se rapportant à ces sujets.

Mon propos consiste tout simplement à faire voir comment on peut « glisser » insensiblement du cercle au carré circonscrit à ce cercle, non par un tour de passe-passe, mais par une transformation d'ordre topologique. (La notion de topologie sera explicitée dans la suite du texte).

Il s'agit bien d'équarrir un cercle, cette fois, et non de calculer sa surface, comme le laisserait entendre l'expression *quadrature*, expression qui a tellement été galvaudée au cours des millénaires et qui désigne tout simplement l'opération qui permet d'obtenir une aire géométrique quelconque en unités carrées. Les géomètres grecs, mal pourvus de nombres adéquats, n'employaient pour ce faire que la méthode rigide de la règle et du compas; ce qui ne manquait pas d'ingéniosité, mais qui pouvait apporter une fois ou l'autre de sérieuses complications. Ce fut le cas pour la quadrature du cercle en particulier.

C'est un problème assez banal, par exemple, que de transformer un rectangle en un carré d'aire équivalente au moyen de la règle et du compas. Encore que ce ne soit pas un exercice à dédaigner, même pour les élèves initiés aux mathématiques modernes. On se contente ordinairement d'exprimer

le résultat par la formule du produit : base \times hauteur, et d'énoncer que l'aire du rectangle est égale au produit de ses deux dimensions. Il était même devenu courant, un certain temps, d'employer l'expression « rectangle de deux quantités » au lieu du « produit de deux quantités », conformément à une figure de style appelée chiasme. De même que l'on emploie couramment encore de nos jours l'expression « carré d'une quantité » ou le « cube d'une quantité » au lieu de la deuxième puissance ou de la troisième puissance de cette quantité, du fait que l'aire du carré et le volume du cube s'expriment respectivement par la deuxième et la troisième puissance du côté de ces figures.

L'auteur, Raoul Duchesne, c.s.v., B. Sc., est professeur de mathématiques au Collège de Joliette. Le dessin de cette page est de Max. Boucher, c.s.v., directeur du Studio d'Arts au Collège de Joliette.



Pour calculer l'aire d'un cercle, il n'en va pas comme pour le rectangle ou un autre polygone. Il faut recourir au nombre « pi » symbolisé par la lettre grecque π , qui n'est pas un nombre géométrique*, si l'on convient d'appeler de la sorte la seule espèce de nombres reconnus par les anciens. C'est le fond de la démonstration publiée par le mathématicien allemand Ferdinand Lindemann, en 1882, démonstration qui fait voir qu'il serait illusoire pour un géomètre de prétendre faire apparaître le nombre « pi » au bout de son compas. Prenons-en donc notre parti! Même s'il a fallu attendre les travaux de Augustin Cauchy (1789-1857) pour obtenir une définition satisfaisante du nombre « pi » au moyen de la notion assez subtile de limite d'une fonction, le cas n'est tout de même pas désespéré. Cela fait voir tout simplement que le problème de la quadrature du cercle relève

en définitive de l'analyse infinitésimale justement considérée comme le sommet de la pensée mathématique. Au moyen du nombre « pi », le calcul de l'aire du cercle devient une simple application de la formule πr^2 . L'étudiant qui l'utilise n'a pas à bouder les décimales du 3.1416; il est encore mieux servi que par le procédé de la règle et du compas, qui débouche sur une impasse, comme on le reconnaît actuellement.

Une farce multi-millénaire

Il faut reconnaître que l'expression « quadrature du cercle » s'est avérée de tout temps malheureuse et a prêté à de fausses interprétations. Le profane y voit un défi à son gros bon sens, supposant de prime abord qu'on veut lui faire avaler l'absurdité grossière du rond-carré. Il se rallie d'instinct au vieil aphorisme philosophique qui tient que les formes et les figures sont irréductibles en leur essence, séparées en quelque sorte les unes des autres par un fossé infranchissable. Il prend sa revanche et réagit par le gros rire. Ce rire est contagieux et se répercute depuis des

millénaires; il fait écho à celui que dut provoquer certain passage de la célèbre comédie « *Les Oiseaux* », où Aristophane met en scène un pauvre géomètre en mal d'« accoucher » d'un rond-carré. Ce gros rire, les honnêtes explorateurs de la quadrature du cercle en ont été plus ou moins les victimes, même s'ils ont pu, à leur façon, contribuer au progrès de la technique et obtenir d'intéressantes approximations.

Les temps nouveaux

Les mathématiques ont tellement évolué au cours des tout derniers siècles, de même que les autres secteurs de la civilisation, que les problèmes de quadrature ont perdu une bonne part de leur intérêt. Ils sont traités, dans la plupart des cas, par méthode de calcul intégral et ne posent pas de difficulté. Des disciplines nouvelles, plus dynamiques et plus souples, ont fait éclater la carapace des cadres rigides et remplacé les algorithmes si estimés des anciens.

C'est ainsi, par exemple, que les figures, telles que définies par

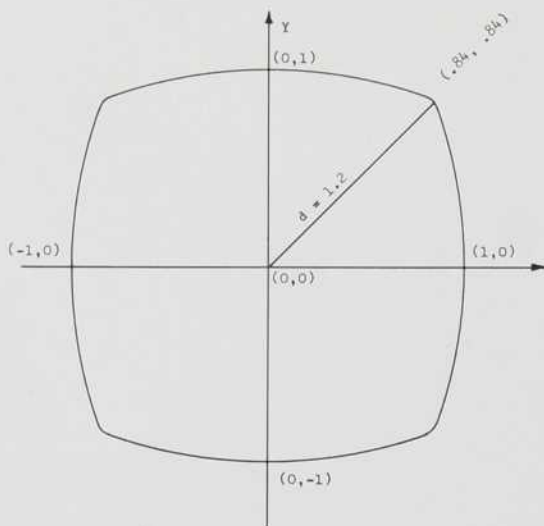


Fig. 1

Image de $f(2)$: $x^4 + y^4 = 1$, c'est-à-dire la courbe obtenue en donnant à « n » la valeur 2 dans l'expression $x^{2n} + y^{2n} = 1$. Les quatre coins sont encore passablement arrondis.

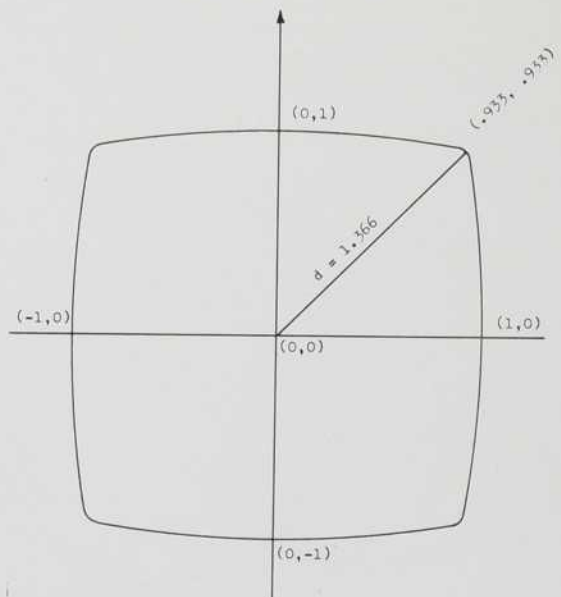


Fig. 2

Image de $f(5)$: $x^{10} + y^{10} = 1$, c'est-à-dire la courbe obtenue en donnant à « n » la valeur 5 dans l'expression $x^{2n} + y^{2n} = 1$. Les quatre coins sont moins arrondis et les côtés sont moins arqués.

Aristote, ne sont plus aussi irréductibles et intouchables que le laisse entendre l'aphorisme ancien. Il existe, en tout cas, une mathématique dite des « transformations » qui leur fait subir d'étranges contorsions. Cette nouvelle discipline désignée sous le vocable générique de *topologie* semble avoir donné des ailes nouvelles à la mathématique. Ce n'est plus tellement la métrique exprimée par un nombre qui intéresse le mathématicien topologiste, mais le jeu des relations engendrées par les transformations les plus diverses. Il s'applique à découvrir les invariants de ces transformations, les cheminement les plus rapides et les plus adroits, les solutions uniques, les résultats obtenus à la limite, etc. (Je m'excuse auprès des spécialistes de donner une définition aussi sommaire de l'imposante topologie !).

On comprendra que dans cette perspective l'énigme du rond-carré n'est pas tout à fait dénuée de sens, et, « rira bien qui rira le dernier », comme dit le fabuliste. Sous l'angle de la topologie, ces deux figures ne sont pas définitivement irréductibles. Il y a un moyen d'établir une fonction qui va transformer le cercle en carré par mode changement continu. Un petit film à la manière de Jean L. Nicolet (1) pourrait illustrer la cinématique de cette transformation.

J'inscris au départ la relation bien connue $x^2 + y^2 = 1$ qui, comme on le sait, représente un cercle dans le plan cartésien. Son rayon est égal à l'unité. Ce rayon pourrait être une grandeur quelconque, mais il convient de prendre la dimension unitaire pour éviter les complications de calcul. Cette unité est d'ailleurs purement arbitraire; il suffit de faire la représentation graphique à l'échelle qui conviendra.

(1). Le cinéaste français Jean-L. Nicolet est l'auteur de plusieurs films de court métrage destinés à « animer » l'enseignement de la géométrie. Ces films sont distribués par l'Education Nouvelle à Montréal.

Si j'écris la relation sous la forme générale : $x^{2n} + y^{2n} = 1$, où « n » est un paramètre, j'obtiens une fonction de « n », notée f (n), en ce sens que par l'application des valeurs croissantes de « n » à partir de l'unité qui conservent à « x » et « y » des exposants de degré pair, j'obtiens comme représentation graphique (ou image) une figure fermée convexe qui prend progressivement l'allure d'un carré aux coins arrondis. Le mouvement de transformation est donc amorcé et il n'y a plus qu'à observer les caractéristiques du changement.

Dès que « n » a commencé de croître, à partir de l'unité, la courbe circulaire du début subit des gonflements aux directions N.E., N.O, S.O. et S.E. de la Rose des vents et marque des points plus éloignés du centre que les autres. Comme on peut le prévoir, ces points s'orientent déjà vers les futurs sommets du carré et ne cessent de s'en rapprocher à mesure que « n » tend vers la limite supérieure de son domaine. Pour « n » égal à deux, par exemple, j'obtiens la relation $x^4 + y^4 = 1$, et la courbe représentative prend l'allure d'un écran de téléviseur. (Fig. 1). Les points les plus écartés du centre sont repérés à une distance égale à 1,2... approximativement. Les intersections sur les axes demeurent inchangées. Ce sont les invariants de la transformation.

Si nous voulons accentuer la « carrure », nous n'avons qu'à donner une plus grande valeur à « n ». Prenons la valeur « n » égale à cinq, qui a l'avantage de permettre des calculs relativement faciles. Pour cette valeur, la courbe représentative de la relation obtenue accuse des sommets beaucoup plus accentués. Leur éloignement du centre est d'environ 1,366... Les intersections sur les axes demeurent toujours les mêmes. Comme la figure (2) le fait voir, la courbe représentative de $x^{10} + y^{10} = 1$ tient beaucoup plus du carré que de la circonférence initiale.

A la limite, lorsque « n » assumera ses plus grandes valeurs,

nous aurons pratiquement le carré. Pas exactement cependant, mais de si près qu'on voudra. C'est ce qu'il est convenu d'appeler en analyse une tendance asymptotique. La limite de distance des sommets au centre est racine carrée de 2. Cette valeur ne sera jamais atteinte effectivement, même en donnant à « n » des valeurs extrêmement grandes. Ce qui revient à dire que l'expression $x^{2n} + y^{2n} = 1$ a tendance à représenter un carré parfait lorsque « n » augmente indéfiniment, mais il y manquera toujours un petit quelque chose.

Conclusion

L'analyse nous révèle donc qu'il y a moyen d'équarrir un cercle par un processus de transformation à caractère connu, mais que les deux figures n'en conservent pas moins l'une par rapport à l'autre une ultime réserve d'incompatibilité. Aristote a raison, quoi! Des figures comme celles du cercle et du carré qui lui est circonscrit sont irréductibles en fin de compte. Il a raison, mais de justesse, on en conviendra!

Bibliographie

- CHOQUET, Gustave. *L'enseignement de la géométrie*. Paris, Hermann, 1964.
- DELACHET, André. *La géométrie contemporaine*. Paris, Presses Universitaires de France, coll. Que Sais-Je, no 401, 1950.
- THOMAS, Georges B. Jr. *Elements of Calculus and Analytic Geometry*. Addison-Wesley Pub., Reading, Mass., 1959.

FEUILLAISSON et DÉFOLIATION

au Jardin Zoologique de Québec

par G.-Oscar Villeneuve

Introduction

Les visiteurs du jardin zoologique ne remarquent pas toujours l'identification que des dendrologues (spécialistes des arbres) ont accrochée au tronc de nombreux arbres pour leur bénéfice culturel. Parce qu'ils sont plutôt attirés par le mouvement des animaux en captivité, ils ne portent aucune attention au débourrement des bourgeons, au développement de la feuillaison ou à la chute graduelle des feuilles des essences à feuilles caduques, séduits qu'ils sont par les aspects saisonniers de la végétation. On fixe sur pellicule photographique le coloris de divers sites, mais on se rend difficilement compte des variations graduelles de ce coloris dues en grande partie à l'épanouissement des feuilles ou à la défoliation des bois francs.

Grâce aux relevés *phénologiques** enregistrés depuis de nombreuses années par l'observateur de la station météorologique du jardin, en l'occurrence Raymond Cayouette, nous pouvons aujourd'hui établir la période foliaire des essences à feuilles caduques de la région de Québec. En effet, en plus de relever les phénomènes météorologiques, l'observateur note régulièrement les diverses étapes de la période foliaire chez les bois francs et nous permet ainsi d'établir la relation entre les événements atmosphériques et la croissance de la végétation forestière.

Origine des données

Les données phénologiques utilisées dans la présente étude sont celles de la dernière décennie, c'est-à-dire de la période 1958-1967. Cette période coïncide avec celle que nous avons utilisée pour le calcul des degrés-jours de chaleur au jardin zoologique (TABLEAU I) et correspond en longueur avec la période employée par Boughner pour le calcul des degrés-jours de croissance à Québec (1). Les valeurs moyennes présentées sont donc basées sur une période de 10 ans.

On sait qu'au jardin zoologique, l'observateur note régulièrement le pourcentage, évalué à l'estime, du développement des feuilles des arbres à feuilles caduques. Au printemps, il indique le débourrement des bourgeons en inscrivant dans son carnet d'observations un premier pourcentage, par exemple, de un pour cent; ce pourcentage augmente ensuite avec l'épanouissement graduel des feuilles et atteint sa valeur maximale de 100, le jour où toutes les feuilles sont à leurs dimensions estivales normales. À l'automne, le début de la chute des feuilles est noté par une diminution de la valeur de 100 pour cent. Ce pourcentage baisse ensuite d'une façon graduelle pour devenir nul le jour où toutes les feuilles caduques sont tombées (2).

Il est très difficile à un observateur d'évaluer d'une façon précise le pourcentage d'épanouissement des feuilles au printemps et celui de la défoliation à l'automne. Pour cette raison, l'observateur procède généralement à leur notation en inscrivant des multiples de cinq et quelquefois de 10.

Cet observateur peut être également conservateur ou généreux dans ses notations, d'où l'existence d'un coefficient personnel d'exactitude impossible à déterminer.

La feuillaison et la défoliation sont fonction évidemment des essences étudiées. La végétation forestière de la région de Québec appartient à la SECTION DU MOYEN SAINT-LAURENT dans la classification des régions forestières du Canada de Rowe (3). Parmi les essences à feuilles caduques, présentes au jardin zoologique, on a l'érable à sucre, l'érable rouge, l'érable argenté, l'orme, le hêtre, le chêne rouge, le frêne et le bouleau; ce sont celles dont l'observateur a noté les étapes de la feuillaison et de défoliation.

Le calendrier phénologique

En tableau I nous présentons un calendrier phénologique du Jardin Zoologique de Québec pour mettre en regard du calendrier civil les degrés-jours de croissance hebdomadaires et cumulés, les degrés-jours de chaleur décennaires et cumulés, l'occurrence de la dernière gelée meurtrière au printemps, celle de la première gelée meurtrière à l'automne et les diverses étapes de la feuillaison et de la défoliation des essences à feuilles caduques.

* La « phénologie » ou l'étude des phénomènes périodiques chez les plantes, comme l'apparition ou la chute des feuilles, la floraison, etc.

L'auteur, G.-Oscar Villeneuve, Ph. D., est directeur du Service de Météorologie au ministère des Richesses naturelles du Québec.

TABLEAU I
Calendrier phénologique du Jardin Zoologique de Québec

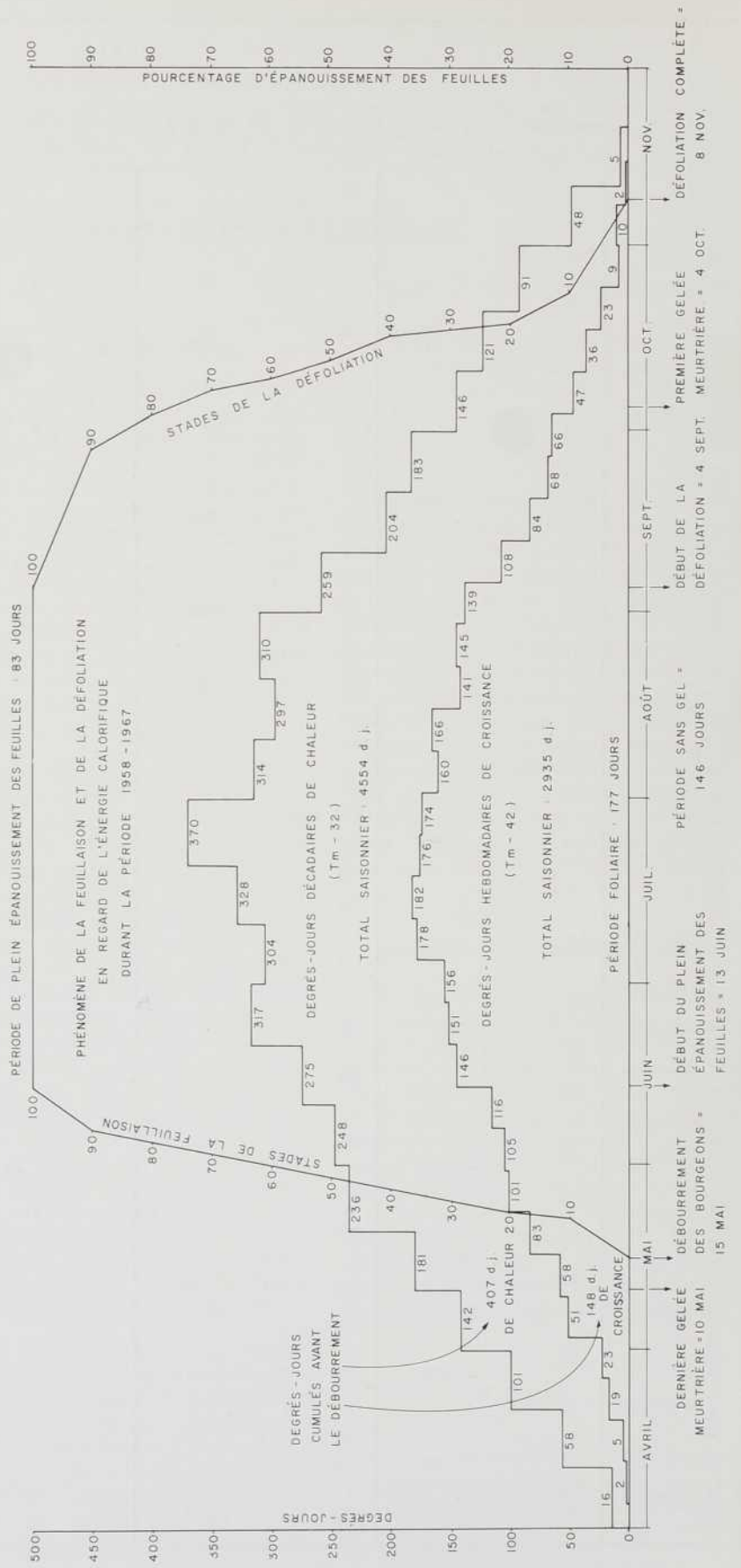
Date	Degrés-jours de croissance		Degrés-jours de chaleur		Dernière et première gelées meurtrières	Feuillaison (en %)	Défoliation (en %)
	hebdomadaires	cumulés	décadaires	cumulés			
10 avril			16				
11 "	2						
18 "	5						
20 "			58				
25 "	19						
30 avril		26	101	175			
2 mai	23						
9 "	51						
10 "		108	142	317	Dernière gelée		
15 "		148		407		Débourrement (1%)	
16 mai	58						
20 "			181				
22 "						10%	
23 "	83					20%	
25 "						30%	
27 mai						40%	
29 "						50%	
30 "	101	342					
31 "			236	734		60%	
2 juin						70%	
4 juin						80%	
5 "	105					90%	
6 "			248	982			
10 "		563					Plein épanouissement (100%)
13 "	116						
20 juin	146		275				
27 "	151	860					
30 "			317	1574			
4 juillet	156						
10 "			304				
11 juillet	178						
18 "	182 (max.)						
20 "			328				
25 "	176	1552					
31 "			370 (max.)	2576			
1 août	174						
8 "	160						
10 "			314				
15 "	166						
20 "			297				
22 août	141						
29 "	145	2338					
31 "			310	3497			
4 septembre	139	2477					Début de la défoliation (98%)
5 "							
10 septembre			259				
12 "	108						
19 "	84						
20 "			204				
26 "	68	2737					
27 septembre							90%
30 "			183	4143			80%
3 octobre	66				Première gelée		70%
4 "							60%
7 "							50%
9 octobre							40%
10 "	47		146				30%
12 "							20%
16 "							10%
17 "	36						
18 octobre							
20 "			121				
23 "							
24 "	23						
31 "	9	2918	91	4501			
7 novembre	10						
8 "							Défoliation complète (0%)
10 "			48				
14 "	2						
20 "			5				
21 novembre	4						
28 "	1	2935	0	4554			

Il faut dire immédiatement que le nombre de degrés-jours de croissance est la somme des différences entre les températures moyennes quotidiennes et une température de référence. La température de référence généralement considérée est celle de 42 degrés Fahrenheit. La définition est la même pour le nombre de degrés-jours de chaleur, sauf que dans ce cas, la température de référence est celle de 32 degrés F. Les agrométéorologues ont toujours considéré que la végétation commence ses activités physiologique dès que se réalise au printemps une température moyenne quotidienne de 42 degrés F, tandis que tous les scientifiques s'accordent sur le fait que la saison chaude débute au moment où la température moyenne s'élève au-dessus de 32 degrés F. Il faut ajouter que les degrés-jours, résultant de jours chauds isolés, antérieurs au début de la période printanière de croissance, ne contribuent aucunement au développement des plantes, s'ils sont suivis de basses températures, semblablement, les degrés-jours survenant après la fin de la saison de croissance n'apportent rien à la maturation (1). C'est pour ces raisons que nous montrons ces valeurs en regard des étapes de la feuillaison des bois francs.

Si nous parcourons le calendrier phénologique du jardin zoologique, nous constatons que dès le début d'avril, il y a accumulation de chaleur. Le 10 avril, 16 degrés-jours de chaleur se sont accumulés et le jour suivant, deux degrés-jours de croissance sont enregistrés. A ce moment, les bourgeons ne donnent aucun signe de débourrement. D'ailleurs, il y a encore de la neige au sol à cette période de l'année et l'observateur peut même enregistrer des chutes de neige tardives.

Au jardin zoologique, la dernière gelée meurtrière du printemps a lieu le 10 mai. A cette date, l'observateur a accumulé 108 degrés-jours de croissance et 317 degrés-jours de chaleur. Il n'y a encore aucun signe de débourrement des bourgeons, mais la neige au sol est presque entièrement disparue;

CALENDRIER PHÉNOLOGIQUE DU JARDIN ZOOLOGIQUE DE QUÉBEC



signe évident de réchauffement printanier.

C'est en moyenne le 15 mai qu'ont lieu les premières manifestations des bourgeons des essences caduques. Cette date coïncide avec une accumulation moyenne de 148 degrés-jours de croissance (5.0 pour cent du total annuel) et 407 degrés-jours de chaleur (8.9 pour cent du total annuel). Elle marque donc le début de la période active des essences à feuilles caduques. L'activité est accentuée neuf jours plus tard, soit le 22 mai, alors que les feuilles atteignent 10 pour cent de leurs dimensions normales. Puis, les feuilles se développent à 20 pour cent le 23 mai, à 30 pour cent le 25 mai, à 40 pour cent le 27 mai et à la moitié de leur grandeur le 29 mai. Il a donc fallu aux bourgeons 14 jours seulement pour devenir des feuilles à moitié épanouies. Après une période à peu près d'égale longueur, soit 15 jours, les feuilles atteignent leur plein épanouissement. Le développement des feuilles à 100 pour cent a donc duré 29 jours, soit du 15 mai au 13 juin, et il en a coûté 563 degrés-jours de croissance et 1 037 degrés-jours de chaleur, soit 19.1 pour cent et 22.7 pour cent de leurs valeurs annuelles respectives.

La période de plein épanouissement des feuilles, toujours d'après les données de la décennie 1958-1967, dure 83 jours, soit du 13 juin au 4 septembre. Il faut dire que depuis juillet, mois à maximum pour les degrés-jours de croissance et les degrés-jours de chaleur, les valeurs mensuelles respectives de ces deux paramètres diminuent d'une façon graduelle. Mais au début de la défoliation, l'observateur n'a encore enregistré aucune gelée et il lui faut attendre jusqu'au 4 octobre pour noter une première gelée meurtrière. A cette date, plus de 20 pour cent des feuilles sont déjà tombées. Ce n'est donc pas la gelée qui fait tomber les feuilles. D'autre part, puisque la défoliation est plutôt rapide, mais toujours graduelle, entre la date de 80 pour cent et celle de 20 pour cent, c'est-à-dire entre le 3 octo-

bre et le 14 octobre, il n'est pas question d'attribuer à des gelées subséquentes une chute plus forte des feuilles ou une période de défoliation plus intense.

On sait qu'à l'automne, le méristème donne naissance chez l'arbre à une zone de cellules minces et délicates au point de liaison du pétiole et de la tige. Cette zone subit des modifications chimiques qui permettent aux cellules de se séparer et lorsque souffle le vent, le pétiole plie, se rompt et finit par se détacher de la tige. En outre, les précipitations, et plus particulièrement les pluies intenses, accélèrent la chute des feuilles.

A tout événement, la défoliation est complète le 8 novembre; elle s'est donc poursuivie durant une période de 65 jours. Il est vrai cependant qu'à la toute dernière phase de la défoliation, il est difficile à l'observateur d'en marquer le point final. C'est qu'il reste toujours des feuilles qui tardent à tomber, comme dans le cas du hêtre, et l'observateur hésite avec raison à noter une défoliation complète. Ce phénomène est normal puisqu'au jardin, on remarque une durée de 16 jours entre la notation de 10 pour cent le 23 octobre et celle de zéro pour cent le 8 novembre.

Sommaire et conclusions

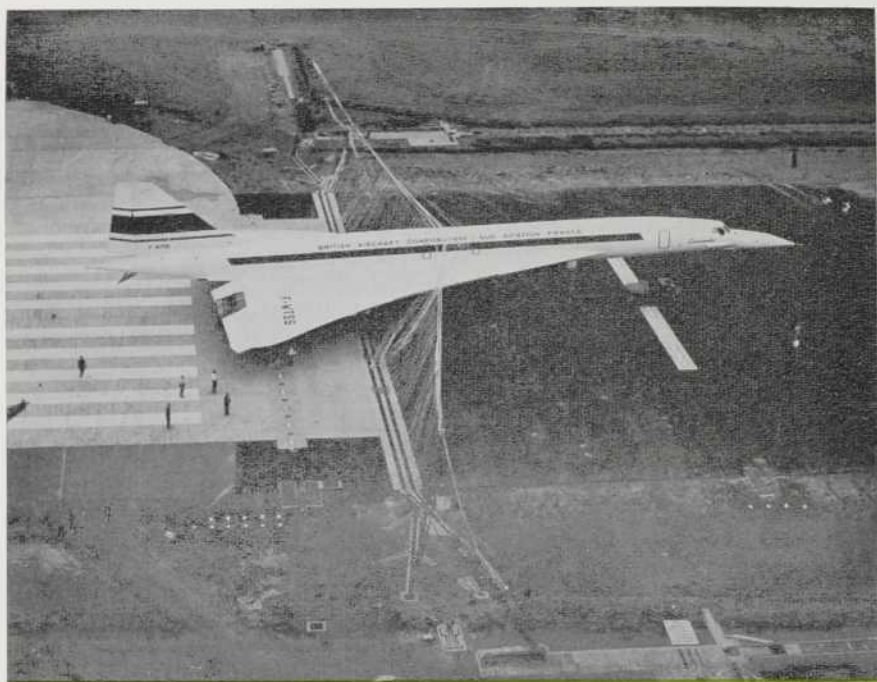
L'enregistrement, par l'observateur météorologique, de données phénologiques régulières sur le développement des feuilles dans les arbres à feuilles caduques, depuis le débourrement des bourgeons au printemps jusqu'à la défoliation complète à l'automne, a incité l'auteur à analyser brièvement les stades de la feuillaison et de la défoliation au Jardin Zoologique de Québec. Pour ce faire, ce dernier a utilisé les relevés de la période 1958-1967 et préparé un calendrier phénologique des valeurs moyennes. Il conclut que la période foliaire des essences à feuilles caduques est d'abord déterminée par la génétique des essences, lesquelles croissent normalement à l'intérieur d'aires climatiques définies.

Il faut que ces essences aient accumulé une provision d'énergie calorifique avant de débouurer au printemps. Dès que cette quantité est atteinte et que la dernière gelée meurtrière a eu lieu, il se produit un débourrement d'abord lent, puis accéléré jusqu'au plein épanouissement des feuilles.

Cependant, bien avant la première gelée meurtrière, les arbres à feuilles caduques ont terminé leurs activités physiologiques dans la région de Québec. Le froid ne semble aucunement participer à la chute des feuilles; ce sont les précipitations intenses ou les forts vents qui peuvent accélérer la défoliation automnale.

Références

- (1) BOUGHNER, C.C., 1964. *The Distribution of Growing-degree Days in Canada*. Canadian Meteorological Memoirs. Met. Branch, Dept. of Transport, Canada. 40 p.
- (2) VILLENEUVE, G.-Oscar, 1968. *Le carnet de l'observateur météorologique*. Feuillelet Météorologique, Vol. VII (3) : 97-109, mars 1968.
- (3) ROWE, J.S., 1959. *Forest Regions of Canada*. Bul. 123. Forestry Branch, Canada Dept. Northern Affairs and National Resources. 71 p.



Le Concorde 001 lors de ses essais de roulage à Toulouse, présenté devant une barrière d'arrêt. (Doc. Sud-Aviation, Paris).

Lumière et couleur dans les cabines d'avions supersoniques

par Maurice Déribéré

Si l'éclairage est devenu une science fort bien établie avec des bases physiques et mathématiques précises (1) c'est aussi une application qui touche très directement la vie humaine et qui par cela même a un sens humain plus subtil mais tout aussi important (2). Cette double notion a conduit à la recherche d'un conditionnement lumineux qui est la réalisation d'un entourage lumière et couleur adapté à l'homme, à son comportement et à son activité du moment (3).

Ce conditionnement humain peut être recherché et établi avec profit à l'atelier comme à l'école, dans le magasin comme à la maison, mais il touche en fait tous les domaines (4).

Ainsi a-t-il été étudié très attentivement par les chercheurs et éclairagistes français des services techniques de la Compagnie des

Lampes en liaison avec les constructeurs pour l'éclairage de la cabine de l'avion supersonique Concorde. Cet éclairage sera ensuite réalisé selon les indications locales. Les premières cabines construites en Grande-Bretagne seront équipées en matériel anglais

C'est un problème d'actualité qui nous offre un exemple particulier de grand intérêt dont nous allons définir les principales données.

Problème général

L'avion supersonique Concorde a constitué en de nombreux domaines un tremplin pour des études particulières et de grande importance. Les passagers s'y trouveront dans des conditions physiques et psychologiques nouvelles qu'il importait de considérer

avec beaucoup d'attention. La lumière et la couleur sont à cet égard, des facteurs essentiels dans le cadre de l'environnement. Ils ont été étudiés par une équipe de spécialistes français, ceux des services techniques de la Compagnie des Lampes Mazda, sous la direction de M. Emile Barthès, membre du Comité d'Experts Rendu des Couleurs de la Commission Internationale de l'Eclairage.

Les avions supersoniques et le Concorde en particulier se caractérisent par une section relativement réduite de la cabine par rapport à la longueur. Les temps réduits des parcours par ailleurs ne favorisent pas une accoutu-

L'auteur, Maurice Déribéré, Ingénieur, est Chef du Centre d'Eclairagisme de la Compagnie des Lampes Mazda de Paris et membre de l'Association des Ecrivains scientifiques de France.

mance à cet architecture. Ceci a guidé les recherches de la localisation dans l'espace des parois par le canal de la perception visuelle des passagers.

Il fallait établir des relations de luminance entre zone inférieure d'occupation et zone supérieure marquée par le toit de l'habitacle. Il fallait également tenir compte de la limitation impérative de poids et de puissance électrique. L'étude sur maquette en vraie grandeur reportée sur maquette définitive a conduit à une solution utilisant une seule rangée de lampes avec un guide de lumière, épousant la courbure de la cabine pour conduire une partie du flux des lampes vers la zone inférieure. Le choix des lampes fluorescentes à lumière blanche permettra à chaque compagnie utilisatrice de réaliser l'ambiance qui lui sera propre en restant dans des rapports de luminance et dans certaines recommandations de coloris que l'étude a précisés.

Répartition des luminances

Dans l'étude effectuée par Barthès et son équipe sur la maquette de cabine du Concorde il a été possible d'obtenir une même luminance des éléments diffusants des zones inférieure et supérieure, cette luminance était de 380 cd/m², ce qui démontrait l'efficacité du guide de lumière propo-

sé et précisé par les schémas joints.

Pour définir les valeurs trois cas furent examinés selon les diverses positions pouvant être prises par les passagers en fonction du gabarit particulier de la cabine et de la vision « en tunnel ».

Ces trois cas étaient :

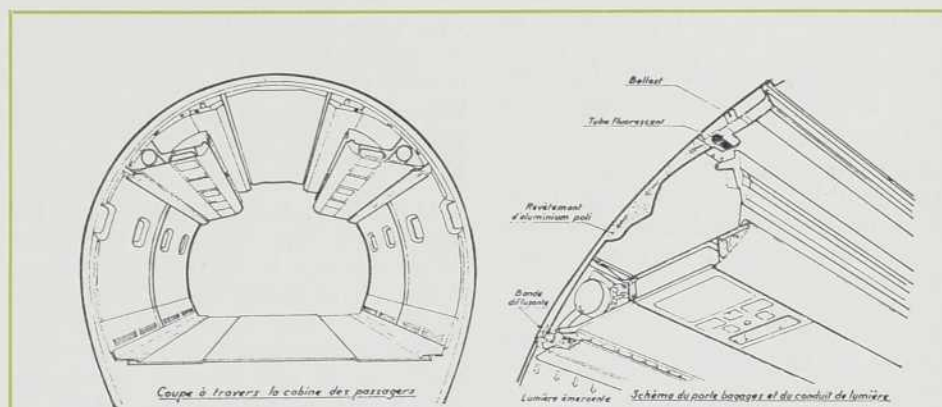
1 — position debout à l'entrée de la cabine, c'est-à-dire selon une vision d'ensemble avec prédominance de lignes fuyantes;

2 — position assise, le passager regardant autour de lui vers la paroi et le hublot proche de lui, devant lui ou latéralement vers l'allée centrale;

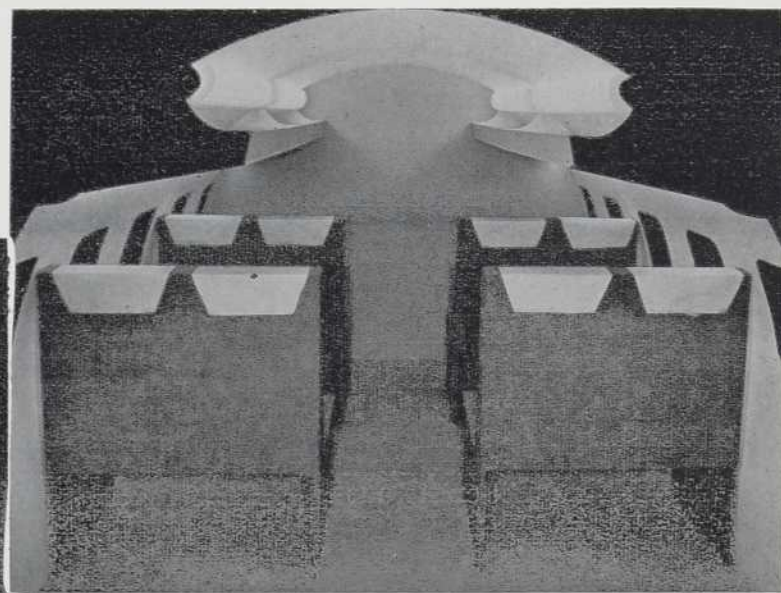
3 — passager assis s'adonnant à la lecture.

Voici comment est définie la position 1 selon le rapport original de Barthès :

« L'image perçue est celle du premier contact; elle a une énorme importance car c'est l'impression visuelle qui cons-

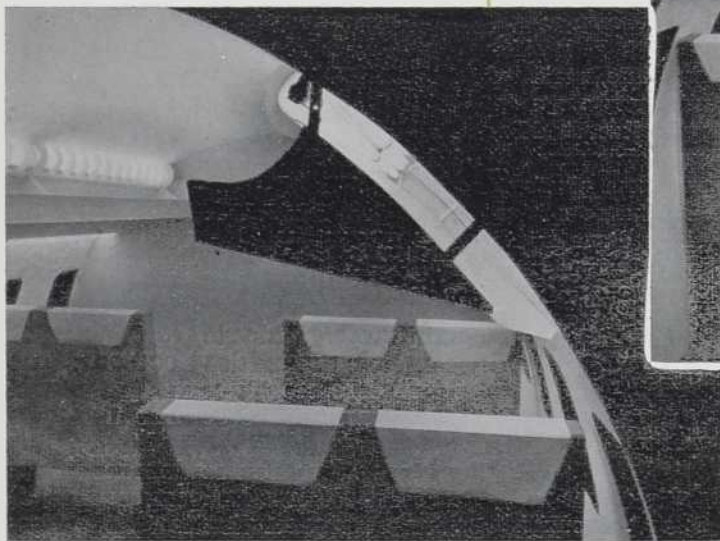


Dessin ci-haut : à gauche, coupe à travers la cabine des passagers du Concorde; à droite, schéma du porte-bagages et du conduit de lumière.



En haut : la maquette vraie grandeur qui a servi au groupe Barthès pour étudier le conditionnement lumineux des cabines du Concorde.

A gauche : vue sur maquette du guide de lumière et de son éclairage. (Documents Mazda, Paris).



titue l'étalon de jugement pour l'appréciation de l'ambiance.

Dans le cas présent il faut éviter l'effet de tunnel provoqué par l'architecture longiligne. Deux moyens sont à notre disposition :

- 1° éviter de souligner les lignes de fuite,
- 2° bien localiser dans l'espace la cloison transversale.

« En raison des distances, il est difficile de jouer sur la matière du revêtement. Il faut choisir une teinte neutre complémentaire de la teinte du revêtement des porte-bagages. Ceci présentera en outre l'avantage de ménager la transition des champs visuels lors du passage de la position debout à la position assise.

« Pour des raisons que nous justifierons plus loin, une dominante jaune est souhaitable pour les porte-bagages. Ceci nous conduit à un gris pourpre-bleu pour la cloison transversale. Il est conseillé de lui donner un facteur de réflexion assez bas de l'ordre de 0,4 en tout cas inférieur à celui des parois latérales (de l'ordre de 0,6). Ceci est extrêmement important car il faut éviter que cette cloison transversale apparaisse en couleur lumière ce qui empêcherait sa localisation dans l'espace par rapport aux parois latérales.

« L'effet tunnel est évité en équilibrant les luminances latérales et frontales et non pas en éclairant fortement les parois limitant le volume ».

Remarquons que sont déjà indiqués de manière précise des impératifs de facteurs de réflexion et des recommandations de couleurs qui pour n'être que des souhaits n'en ont pas moins une importance notable que nous retrouverons plus loin.

Avant même que de passer à la position 2 assise, Barthès ne manque pas de faire remarquer avec juste raison qu'il existe aussi un instant important qui est celui où le passager gagne la place et la position qu'il occupera durant le voyage.

« Pendant ce court laps de temps les perspectives se modifient brutalement. Schématiquement, le balayage visuel qui était à tendance verticale à cause des lignes de fuite devient horizontal

à cause des plans des sièges et des porte-bagages. L'univers chavire autour du passager et une sensation d'écrasement risque de se produire..

« Reprenons les données psychologiques du problème. Tant que le passager évolue, qu'il suit l'hôtesse, il est actif. Dès qu'il est assis et qu'il a bouclé sa ceinture il est passif. Il ne peut que subir le déroulement des opérations; c'est alors que l'appréhension, ou tout au moins un certain malaise, peut apparaître, ou se renforcer. Il faut donc le rassurer par une prise de contact facile avec la place qu'il a choisie ou qu'on lui attribue.

« Le renversement des perspectives et des distributions de teintes et de luminances est particulièrement sensible. Debout, à cause du gabarit on se sent *grand*; assis on se sent *petit* par contraste ».

Il est bien évident que ce passage est en fait l'accueil. On peut le comparer à l'impression produite en entrant dans la maison par le corridor d'entrée. C'est important car cette impression première peut, sur le plan psychologique, être directive sur toute la suite des effets psychologiques qui se poursuivront sous l'effet de l'environnement.

Maintenant le passager a pris place et se trouve assis, portant ses regards dans les champs normaux de vision selon la position 2.

Ceci est précisé selon le rapport comme suit :

« Pour éviter la sensation d'écrasement il faut bien éclairer le champ visuel supérieur. Ceci ne pose pas de problème pour la voûte elle-même, mais en pose un pour les porte-bagages vus de dessous. Ils sont inévitablement défavorisés au point de vue éclairage. Il faut compenser la luminance physique insuffisante par une luminance subjective élevée, d'où le choix d'une teinte saturée à facteur de réflexion aussi élevé que possible. La teinte jaune est évidemment la plus favorable. De plus, par le jeu de la réflexion sur le revêtement des sièges, ce jaune virera aisément à l'orange ou au vert, s'adaptant ainsi de lui-même à la dominante choisie.

« Nous avons pu constater qu'une luminance objective de 20 cd/m² suffisait

à assurer la sensation de luminosité recherchée du plan inférieur des porte-bagages. Le passager se retrouve dans un espace aéré qui lui inspire confiance. En position normale, sur l'un quelconque des sièges, son champ visuel est assez uniforme du point de vue luminance avec une modulation par la couleur. Les rapports de luminances des parois varient de 1 à 10 avec 80 cd/m² pour la voûte (à l'exclusion des lignes lumineuses dont la luminance ne devra pas dépasser 1600 cd/m²). Si l'on considère que la luminance moyenne d'adaptation est alors celle des parois latérales, soit 40 cd/m², on a un rapport d'environ 40 à 1, valeur acceptable dans une situation de vision au repos sans tache visuelle définie ».

Il ne reste plus maintenant qu'à définir la dernière position, celle assise et de lecture 3.

« On peut penser que la liseuse individuelle est utilisée. L'éclairage général de la cabine apporte environ 200 lux sur la brochure tenue normalement. La liseuse apportera 100 lux au moins. Sur un papier blanc de facteur de réflexion 0,7, la luminance d'adaptation sera de 70 cd/m². En levant les yeux il rencontrera un schéma de luminances correspondant à une valeur moyenne de 40 cd/m². Ce rapport respecte la nécessité d'avoir un plan frontal moins lumineux que le plan de travail. Par ailleurs, le rapport

luminance source

luminance tache visuelle

est alors de 23 à 1, ce qui est satisfaisant ».

Recherche des couleurs

L'étude et le rapport Barthès ne posent qu'avec une grande circonspection et avec prudence la notion de couleur. Il est bien net cependant que celle-ci fait partie intégrante de l'étude. Elle est fondamentale en ce qui concerne les facteurs de réflexion qui interviennent physiquement et directement dans la répartition des luminances. Mais le rôle actif et psychologique des couleurs ne peut être négligé en lui-même. C'est sans doute comme il est dit affaire de décorateur. Mais celui-ci devra être non seulement informé des désirs des compagnies et d'une personnalisation de celles-

ci mais aussi des nécessités de confort données par l'éclairagiste et du rôle de la couleur précisé par le coloriste ou le psychologue.

Des études diverses ont déjà été faites à cet égard (6). Elles ont fourni des données très précieuses mais il apparaît bien que malheureusement elles ont été méconnues des grandes compagnies qui les ont, ou ignorées, même lorsqu'elles venaient de l'un de leurs employés, ou mal appliquées. Pourtant le voyageur confiné dans une ambiance où il est soumis très directement à l'influence du décor mérite que l'on étudie attentivement son confort.

Pour les Boeing Strato Cruisers, W.D. Teague écrivait :

« L'avion est un véhicule qui vole et dont le milieu ambiant est le ciel, l'arrangement des couleurs peut et doit y avoir un effet plaisant, satisfaisant et rassurant. En s'inspirant de cette théorie, tout l'intérieur du fuselage, des plinthes et des sièges doit être plus foncé et plus tranchant tout en s'harmonisant, et, dans l'intérêt de la simplicité nous aimerions que les plinthes s'harmonisent exactement avec les fauteuils. Le revêtement du plancher doit être encore plus foncé, dans la même gamme pour que le ton des couleurs augmente vers le bas et atteigne son maximum au plancher.

« Nous préférons grouper ces tons majeurs d'un même côté du spectre lumineux, c'est-à-dire dans la gamme chaude ou dans la gamme fraîche. La gamme fraîche est généralement préférable pour les avions; les tons légers et frais contrastent moins durement avec ce que l'on aperçoit à l'extérieur et ils sont plus reposants pour la vue parce qu'ils nécessitent une moins grande accommodation de l'oeil. La nature, comme chacun le sait n'utilise que des couleurs fraîches sur la plus grande partie de la surface terrestre et réserve les couleurs brillantes et chaudes pour faire ressortir des étendues plus petites. On peut imiter la nature en utilisant la gamme chaude du spectre pour mettre en relief l'ensemble des couleurs. Ainsi, sur un fond bleu frais ou gris léger, quelques accents vermillon, saumon ou jaune clair peuvent être donnés aux encadrements des fenêtres ou aux rideaux ou encore à d'autres détails d'aménagement. Ces accents auront pour

effet de donner de la vie à l'intérieur de l'avion et le rendre agréable ».

Il est certain qu'entre gammes conçues du côté des couleurs chaudes et dynamiques ou du côté des couleurs fraîches et légères, bien des discussions pourront encore se manifester. Par contre, il est intéressant de noter avec D. Teague que le vert, le vert pâle, le vert jaune et le jaune doivent être évités, sur de grandes surfaces tout au moins, parce que ce sont là les couleurs qui contribuent le plus à provoquer le mal de l'air.

A cet égard, il semble bien que mal de l'air et mal de mer ne peuvent se comparer quant à leur processus et qu'aucune conclusion logique sur ces affections ne doit être tirée trop hâtivement de l'une à l'autre.

Dorwin ajoute : « nous avons une égale répulsion pour le rouge violine, le bleu vert, et le bleu tirant sur le violet, du moins pour les avions. D'après le système *Munsell*, il est possible d'harmoniser correctement ces couleurs mais pratiquement elles peuvent se révéler très agressives ».

Nous pensons qu'il convient aussi, pour les mêmes raisons, d'éliminer le rouge et le violet. Les matériaux utilisés ont également été étudiés avec soin (3).

Notons qu'une étude intéressante a aussi été faite au Canada (7). Toutefois les problèmes examinés jusqu'ici se rapportaient aux avions de transport normaux. Il était donc logique et pertinent de les reprendre sur des bases nouvelles et parfois différentes en ce qui concerne l'avion supersonique et ses conditions particulières.

L'étude des éclairagistes de la Compagnie des Lampes constitue à cet effet une nouveauté liée à l'actualité en même temps qu'une belle application du conditionnement lumineux. C'est aussi une intéressante démonstration des nécessités de travail en équipe puisqu'ici doivent intervenir en liaison étroite le constructeur, l'installateur, l'éclairagiste et le

décorateur. L'éclairagiste, puisque c'est son point de vue qui a été surtout mis en avant ici, a pris soin de laisser au décorateur des éléments suffisants pour qu'il puisse créer, à partir d'une structure de lumière, une ambiance agréable et accordée aux désirs d'une compagnie.

Références

- (1). DERIBERE, Maurice. *Principes fondamentaux de la technique de l'éclairage*. Paris, Dunod, 1965.
- (2). DERIBERE, Maurice. *Le sens humain de l'éclairage*, L'Usine Nouvelle, no de Printemps, 1965.
- (3). DERIBERE, Maurice. *La couleur dans les activités humaines*. Paris, Dunod, 3e éd., 1968.
- (4). BARTHES, E. *Influence du conditionnement lumineux sur le comportement psychologique et la sécurité du personnel dans l'usine moderne*. Techniques de sécurité et Médecine du Travail, no 4, juin-juillet 1964.
- (5). BARTHES, E. *Conditionnement lumineux des cabines passagers d'avions supersoniques*. Conférence aux Journées Internationales de la lumière, Nantes, 3 mai 1968, et Lux, no 49, p. 395, octobre 1968.
- (6). TEAGUE, Walter D. *Communic. Soc. Autom. Eng., Detroit 1949, et Shell Aviation News, no 129, 1950.* — J. DEBARGE, *Le Fer et la Chair, Interavia, octobre 1954 et Couleurs.* — DREYFUS, *Confort et Aménagement, Interavia, no 10, p. 683, octobre 1954.* — M. DERIBERE, *Confort et revêtement dans les avions, Finitions, no 6, p. 146, juin 1953.*
- (7). CHOVANSKY, P. *Atmospher Lighting in the New Vanguard Aircraft*. Engin Department Trans-Canada Air Lines, Seventeenth Canadian Regional Conference of the Illuminating Engineering Society, Montréal, 16 mai 1961.

La végétation du Vénézuéla

un échantillon intéressant de la végétation tropicale sud-américaine

par Miroslav M. Grandtner

Le milieu physique

Le Vénézuéla occupe l'extrémité nord-est de l'immense sous-continent sud-américain (figure 1). Etalés du 12° de latitude nord jusqu'à 1° près de l'équateur, les 355 000 milles carrés de son territoire continental sont entièrement situés dans la zone tropicale.

Le pays peut être divisé en quatre grands ensembles géomorphologiques. 1) *Le système montagneux du nord-ouest*, composé principalement de la branche vénézuélienne des Andes et des chaînes côtières; très complexe au point de vue géologique, son altitude varie de 1 500 à 16 500 pieds. 2) *Le bouclier précambrien guyanais*, situé au sud du Rio Orinoco, d'une altitude inférieure à 11 000 pieds. 3) *Los blancos*, une sorte d'immense plaine centrale, recouverte de sédiments tertiaires érodés et d'alluvions récentes, dont l'altitude va en décroissant de l'ouest à l'est pour se confondre, en dessous de la côte de 150 pieds, avec 4) *le delta de l'Orinoco*. Ce dernier, auquel on peut associer géomorphologiquement le bassin du lac Maracaïbo, qui n'est en réalité qu'un golfe profond, est formé de dépôts récents, périodiquement inondés.

Le climat lui-même est déterminé, dans une large mesure, par ces ensembles. La température par exemple diminue avec l'altitude. Elle passe de 97° dans la plaine à 32°F vers 15 000 pieds

d'altitude. Quant à la précipitation, elle augmente en sens inverse en passant de moins de 6 pouces par an sur la côte nord-ouest de la mer des Caraïbes à plus de 200 pouces dans les régions du delta de l'Orinoco et du bouclier guyanais situé au sud-est du pays. De plus, à l'exception de ces dernières régions très humides, partout ailleurs les précipitations sont concentrées sur une période de quelques mois, dite période de pluie, laissant le sol sec durant le reste de l'année. Cette période sèche varie de 4 à 10 mois. Sa durée augmente à partir du centre du pays vers la côte de la mer des Caraïbes.

Sous l'effet d'un climat aussi chaud et humide et d'une période de sécheresse prolongée, la majeure partie des sols présentent des effets de latérisation prononcés. Deux faits principaux sont à retenir à propos de ce processus de formation du sol typiquement tropical: 1) l'appauvrissement des couches superficielles du sol sous l'effet des précipitations abondantes et 2) la formation, en profondeur, d'une cuirasse extrêmement dure et imperméable à l'eau et aux racines de certaines plantes. En plus, de ce type prédominant de sol on trouve, dans les régions les plus sèches du nord-ouest, des sols désertiques alors qu'à l'autre extrême du pays, dans les régions périodiquement inondées du bassin de l'Orinoco, des dépôts alluvionnaires plus ou moins tourbeux, voire même,

me, dans les limites de l'influence de la mer du delta et du lac Maracaïbo, les sols salins. Enfin, dans le système montagneux du nord-ouest on trouve, selon les conditions du climat et des roches géologiques, une grande variété de sols allant des sols tropicaux brun-rouge jusqu'aux sols de prairies alpines.

En simplifiant fortement on peut donc dire que les facteurs physiques du Vénézuéla suivent un gradient orienté dans le sens sud-est - nord-ouest, le long duquel l'humidité et la température diminuent, la durée de la période sèche augmente et les sols deviennent de plus en plus grossiers, superficiels et secs. Nous verrons que ces changements dans le milieu physique se reflètent aussi dans la composition de la végétation.

La mangrove

A l'extrémité est du pays, dans le delta de l'Orinoco et dans les embouchures des principales rivières, de même qu'au lac Maracaïbo, sur des sols argileux salins constamment soumis à l'influence des marées d'eau salée, on trouve la mangrove. Il s'agit d'une formation forestière typique des côtes tropicales et subtropicales

L'auteur du texte et des figures, Miroslav M. Grandtner, D. Sc., est professeur titulaire à la Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec.

composée de palétuviers notamment de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erecta*. Avec ses milliers de racines arquées et de branches entrecroisées, la mangrove constitue un bouclier impénétrable aux embarcations en même temps qu'un support idéal pour tout un monde de mollusques et d'oiseaux.

La forêt pluviale

Ce type de forêt tropicale humide correspond aux régions chaudes et très humides du delta de l'Orinoco, de la Guyane et du sud-ouest du lac Maracaïbo. Dans ces régions, la précipitation, répartie

également sur toute l'année, dépasse 100 pouces et la température moyenne annuelle s'y maintient au-dessus de 80° F.

C'est une forêt au feuillage dense et toujours vert, quasi impénétrable aux rayons solaires, supporté par des troncs d'arbres hauts de 100 à 160 pieds. Les tiges, renforcées à la base de fortes racines tabulaires, sont chargées d'innombrables épiphytes, parasites et lianes (figure 2). Ces dernières, enracinées dans le sol humide, la tête perdue dans le feuillage des cimes se disputent la place avec d'autres arbres et arbustes disposés en étages successifs. A cela s'ajoutent de nom-



Fig. 1 (en bas).

La carte de la végétation du Venezuela. Compilée d'après Hueck (1960) et Ewell, Madriz, Tosi (1965) et simplifiée par l'auteur.

Fig. 2 (à droite).

Les arbres de la forêt pluviale sont renforcés, à la base, par de fortes racines tabulaires et chargés d'innombrables épiphytes, parasites et lianes.

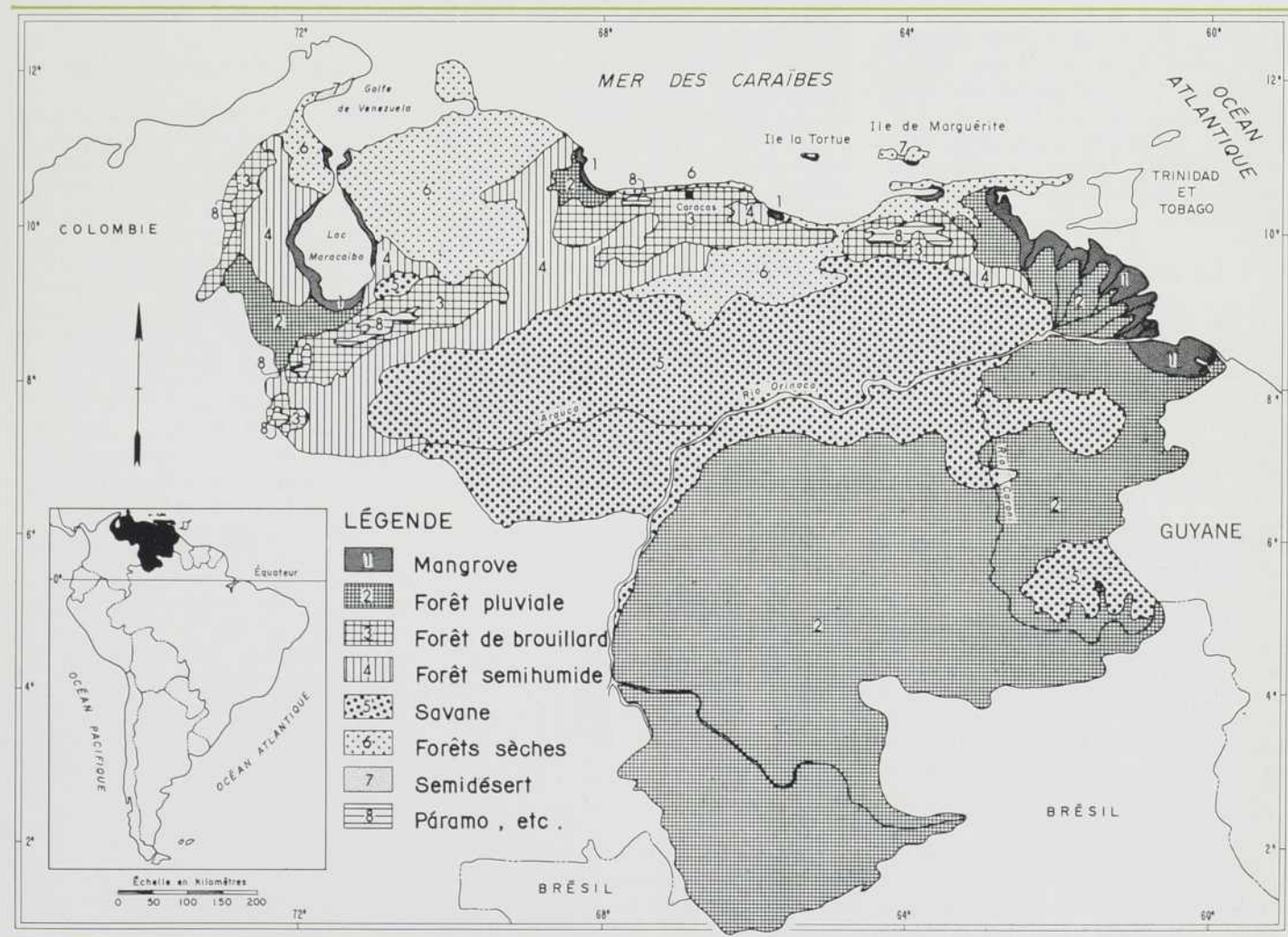




Fig. 3

La forêt de brouillard correspond au climat nébuleux des montagnes de la chaîne côtière et des Andes.

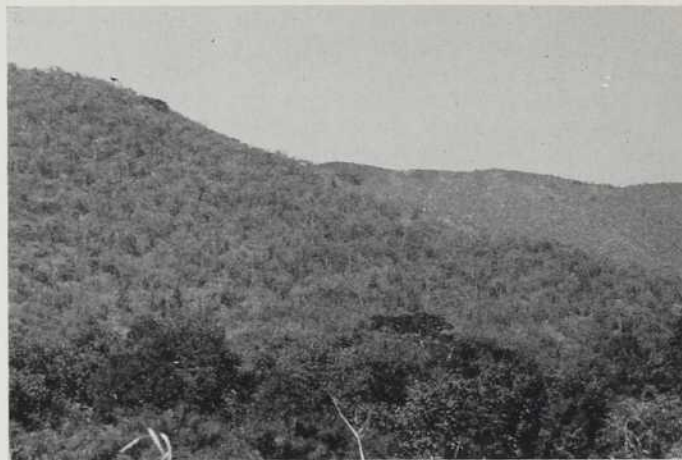


Fig. 4

La forêt décidue succède à la forêt des galeries, visible au premier plan, sur les versants des montagnes de la chaîne intérieure.

breuses racines aériennes qui descendent des hauteurs à la recherche d'un substrat favorable et qui ajoutent à la complexité de la structure de cette forêt sombre et impénétrable. De composition spécifique très complexe, elle peut comprendre jusqu'à 80 espèces ligneuses différentes. La forêt pluviale contient plusieurs arbres de valeur commerciale et quelques palmiers.

La forêt de brouillard

C'est aussi une forêt tropicale humide. Mais, alors que la forêt pluviale occupait les terrains bas, la forêt de brouillard correspond au climat nébuleux des sommets des montagnes de la chaîne côtière (figure 3) et des versants des Andes. Dans ces régions, les courants d'air chaud et humide remontent les pentes pour se condenser sur le haut des versants en un brouillard très épais. Ce dernier obscurcit le soleil ce qui a pour effet d'abaisser la température jusqu'à des valeurs voisines de 40°F. L'air y est donc frais et constamment humide. Cette humidité excessive donne des caractères communs à cette forêt avec la forêt pluviale, à savoir : la sempervirence* et la largeur de leurs feuilles; deux phénomènes favo-

risant la transpiration devenue particulièrement difficile dans ce milieu quasi constamment saturé d'eau. L'évaporation y étant souvent impossible, de nombreuses plantes possèdent, en plus, des ouvertures épidermiques spéciales appelées *hydatodes* qui leur permettent d'évacuer l'eau sous forme liquide. Dans de telles conditions la floraison elle-même devient difficile et plusieurs espèces ne fleurissent que durant les courtes périodes de sécheresse relative plutôt terne à comparer avec les forêts plus sèches aux inflorescences brillantes et multicolores.

Cependant ces deux types de forêts diffèrent quand même entre eux et cela surtout du point de vue de leur structure et de leur composition floristique. C'est ainsi que les arbres de la forêt de brouillard sont plus espacés, ce qui permet un plus grand développement d'espèces intermédiaires avec, comme résultat, une division en étages moins marquée. Autre différence : les lianes deviennent moins abondantes. Par contre, il y a plus d'épiphytes et plus de palmiers que dans la forêt pluviale, de même que plusieurs fougères arborescentes.

Au point de vue économique, ce type de forêt est comparable avec le précédent bien que plus difficile d'accès pour l'exploitation. A

bien des endroits il est protégé car il forme une ceinture de protection contre l'érosion du sol et contre les inondations.

La forêt semi-humide

Cette formation complexe est la plus importante au point de vue économique de toutes les formations forestières du Vénézuéla. Elle correspond à la zone de précipitations comprise entre 40 et 80 pouces d'eau et une température moyenne annuelle variant entre 77 et 82°F. De plus, les précipitations sont concentrées sur une partie de l'année, généralement d'avril à novembre, laissant une période sèche de 3 à 6 mois correspondant à l'hiver des pays tempérés de l'hémisphère boréal. Comme son climat, la forêt tropicale semi-humide est intermédiaire, tant du point de vue géographique que du point de vue floristique, entre les forêts tropicales humides traitées précédemment et les forêts tropicales sèches qui nous restent à décrire. Du point de vue géographique, elle occupe une partie des plaines basses du bassin de l'Orinoco et les contreforts du système montagneux du nord-ouest jusqu'à une altitude de 3 000 pieds. Au point de vue de sa composition, elle contient à la fois des espèces à feuilles toujours vertes et des espèces à feuilles décidues. (Feuilles qui tombent pendant une par-

* Les arbres et arbustes gardent leurs feuilles vertes pendant toute l'année.

tie de l'année, généralement durant la saison sèche). En fait, cette forêt se comporte, comme l'a déjà fait remarquer Pittier (1947), comme une forêt humide durant la période des pluies et comme une forêt sèche, durant la période sèche. Dans ce régime d'eau sévèrement rationnée, l'humidité du sol joue le rôle prépondérant faisant varier la proportion entre les espèces sempervivantes et les espèces décidues. Les deux extrêmes sont représentés par la forêt galerie et la forêt décidue proprement dite.

La première forme une étroite bordure le long des rivières (figure 4), en particulier du Rio Orinoco et de ses affluents dans la région des *Los blancos* et de la Guyane, où le sol, fréquemment inondé, favorise les espèces sempervivantes, lianes et les épiphytes, au détriment des espèces décidues.

Quant à la forêt décidue proprement dite (figure 4), elle succède à la précédente sur des sols mieux drainés et sur les versants des montagnes jusqu'à la limite inférieure de la forêt de brouillard. Elle se distingue de la forêt galerie par la prédominance des espèces décidues et sa très grande variété floristique, bien que les épiphytes et les lianes à tiges ligneuses soient moins abondantes. Les arbres sont encore très hauts et leur bois fortement apprécié.

Très facile à distinguer durant la période sèche, la forêt décidue est difficilement séparable de la forêt pluviale lorsqu'elle a ses feuilles, en particulier dans la région guyanaise où les deux types poussent étroitement imbriqués.

La savane

Disons-le tout de suite, cette formation n'a rien de commun avec la « savane » de certains auteurs nord-américains qui abusent de l'emploi de ce terme pour en désigner les tourbières semi-boisées, voire même, sous l'appellation de la « savane subarctique », la toundra forestière. La véritable savane* est une formation tropicale ou subtropicale correspondant à un climat chaud, la température moyenne annuelle est voisine de 80°F, des précipitations comprises entre 47 et 70 pouces et une saison sèche longue de 4 à 6 mois, allant généralement du mois de décembre au mois d'avril. En somme, un climat semblable à celui de la forêt semi-humide. La différence entre les deux réside, semble-t-il, surtout dans le sol. Ce dernier est, sous la savane, plus sec et moins profond voire, en ce qui concerne les sédiments meubles lorsque ceux-ci ont été érodés et que la

cuirasse latéritique se trouve en surface, quasi inexistant.

La végétation qui colonise de tels substrats est constituée de deux éléments principaux : les plantes herbacées enracinées dans la couche meuble et les plantes ligneuses qui réussissent à percer la cuirasse et à s'alimenter en eau en profondeur (figure 5). Les premières forment deux strates. La plus importante des deux, haute de 3 à 5 pieds, est composée principalement de Graminées des genres *Trachypogon*, *Andropogon* et *Aristida*. Dans ce fond herbacé sont dispersés les éléments ligneux, arbustifs et arborescents, hauts de 10 à 25 pieds. Ce sont surtout : *Curatella americana*, *Bowdichia virgiloides* et *Byrsonima crassifolia*. Ce dernier appelé *chaparro*, a donné un autre nom espagnol à cette formation, celui de *chaparral*.

L'importance économique de la savane ne lui vient évidemment pas de ses arbres mais de ses espèces herbacées qui la prédestinent à l'élevage du bétail. Fait non négligeable, si l'on pense que les savanes couvrent, au Vénézuéla, plus de 100 000 milles carrés du territoire soit près de 1/3 de la superficie totale du pays.

Les forêts sèches

Nous réunissons sous cette dénomination complexe les forêts sèches

Fig. 5

La savane est constituée d'un tapis de plantes herbacées dans lequel se trouvent dispersées des plantes ligneuses basses.

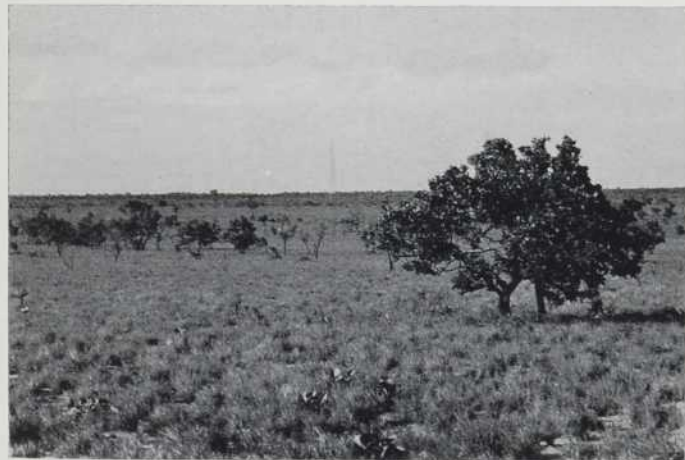
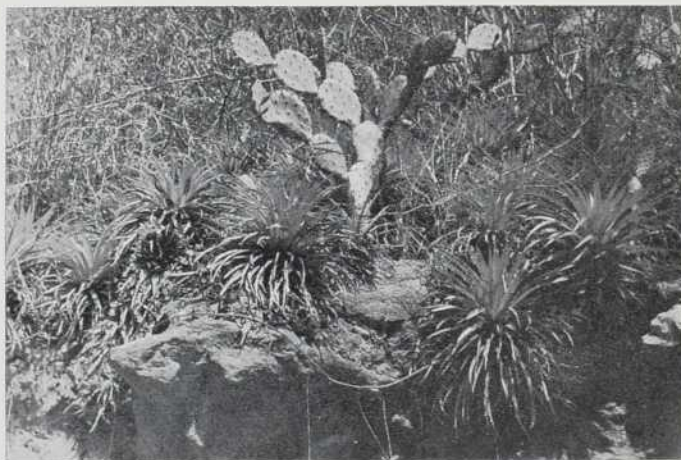


Fig. 6

La strate inférieure du maquis épineux est formée de Cactacées basses et de Broméliacées terrestres.



ches proprement dites et le maquis épineux. Ces deux formations, l'une arborescente l'autre arbustive, correspondent aux régions côtières sèches, caractérisées par une précipitation faible : entre 15 et 35 pouces, une période sèche longue de 5 à 10 mois et une température élevée : la moyenne annuelle variant entre 80 et 85°F. De plus, sur la côte même, les sols sont parfois salins. Dans de telles conditions, la végétation doit se défendre contre un danger de dessiccation quasi permanent. Elle est éparse, munie de petites feuilles décidues à cuticule épaisse et stomates rares ou, plus souvent, des feuilles transformées en épines, afin de réduire au maximum les pertes d'eau dues à la transpiration.

La forêt sèche proprement dite se trouve plus vers l'intérieur du pays et au fond des vallées où les conditions sont moins rigoureuses. Dans les parties plus sèches, par contre, les arbres deviennent très rares. La végétation est représentée par une sorte de broussailles épineuses formées de Cactacées columniformes telles les

Cereus sp., appelées *cardones*, d'où le nom espagnol de *cardonales* donné à cette formation et les Cactacées basses telles que les *Opuntia* sp. Ces espèces sont mélangées avec d'autres plantes épineuses notamment des Mimosa-cées et des Broméliacées dont plusieurs terrestres (figure 6).

La valeur commerciale de ces formations est tout à fait négligeable. Mais elles protègent les sols contre l'érosion et retiennent l'eau très rare dans ces stations et à ce titre, au moins, méritent d'être protégées.

Le semi-désert

C'est la formation la plus sèche du Vénézuéla. Elle correspond à une précipitation inférieure à 10 pouces et une température moyenne annuelle élevée, toujours supérieure à 75° F. De telles conditions sont rares au pays, aussi trouve-t-on le semi-désert seulement à l'extrémité nord-ouest du lac Maracaibo et sur quelques îles de l'archipel de la Marguerite.

Au point de vue physiologique, le semi-désert se différencie

par rapport à la forêt sèche par l'absence totale des arbres, par la dominance d'arbustes bas et la rareté des Graminées qui sont généralement annuelles. Les plantes poussent, la plupart du temps, isolées laissant de grandes superficies du sol découvert.

Seules les chèvres parcourent ce type de végétation autrement inutilisable. Les habitants de ces régions vivent des produits de la mer et de la récolte du guano et du sel qui s'y accumule vu la faible précipitation et la forte évaporation qui y existent.

Le paramo

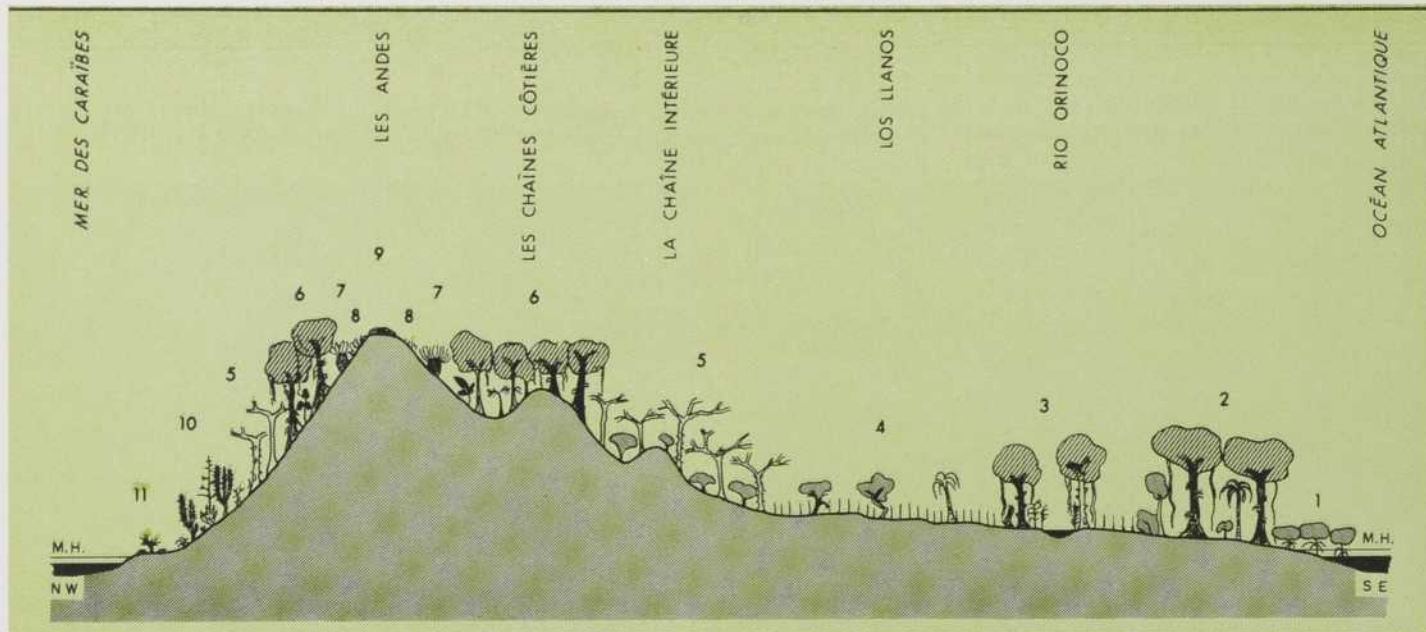
Le *paramo* est une formation exclusive des Andes tropicales et des montagnes les plus élevées de la chaîne côtière. Il correspond au climat assez humide, environ 30 pouces de précipitation par an, et à une température relativement basse : la moyenne annuelle varie entre 50 et 40° F.

La physionomie du paramo est très particulière. Les plantes poussent souvent en touffes ou par pieds isolés présentant une tige

Fig. 7

Une coupe schématique montrant la distribution des principales formations végétales du Vénézuéla le long d'un transect théorique orienté dans le sens sud-est — nord-ouest.

1. Mangrove; 2. forêt pluviale; 3. forêt de galeries; 4. savane; 5. forêt semi-humide; 6. forêt de brouillard; 7. paramo; 8. toundra alpine; 9. étage nival; 10. maquis épineux; 11. semi-désert; M. H., niveau de marée haute.



réduite munie généralement d'une rosette de feuilles. Les fleurs, par contre, sont de dimensions considérables et de couleurs vives et attrayantes. L'espèce la plus caractéristique est *Espletia schultzii*. Elle est accompagnée, entre autres, d'espèces appartenant aux genres *Vaccinium*, *Gaultheria*, *Senecio*, *Plantago*, *Alchemilla* et *Arenaria*.

Vers l'est, au même niveau, existent des formations beaucoup plus sèches, quasi subdésertiques.

La toundra alpine

Il s'agit de l'unique représentant de la végétation véritablement alpine. La formation occupe une faible superficie entre l'étage du *paramo* et l'étage des neiges éternelles. Sa limite inférieure varie entre 13 000 et 15 000 pieds d'altitude. A ce niveau, la température est basse : entre 37 et 34°F, avec des minima nocturnes quotidiens inférieurs à 32°F. Une température aussi basse limite les possibilités de vie végétale et, de plus, réduit la quantité d'eau évaporée rendant les sols, malgré les précipitations assez faibles, environ 20 pouces par an, très humides. La rigueur du climat est encore accentuée par la neige qui, durant plusieurs mois, recouvre le sol et par les vents violents dont l'action desséchante se fait sentir aux endroits exposés.

Dans un milieu aussi hostile, peu de plantes réussissent à vivre. Leur nombre dépasse rarement 6 par communauté et elles poussent souvent en rosette. La plus importante d'entre elles est le *Draba pamplonensis*.

L'étage nival

Au-delà de la limite supérieure de la toundra alpine, c'est l'étage des neiges éternelles. A cette altitude, le froid et la glace éliminent toute forme de vie végétale phanérogamique, muscinale et lichénique. Seules certaines algues, bactéries et champignons peuvent y vivre, grâce surtout à leur coloration particulière.

Autres formations végétales

Aux formations précitées, il faut ajouter d'autres types de végétation, notamment la végétation des plages, des dunes, des prés salés, des lacs et des rivières mortes. Ces formations, de moindre étendue, n'apparaissent pas sur la carte. Elles sont, de plus, presque sans importance économique, mais d'un grand intérêt floristique et écologique.

La conclusion

En fait, les formations végétales du Vénézuéla représentent une gamme très étendue et constituent un échantillon assez complet de la végétation tropicale sud-américaine. Elles vont, ainsi que le montre schématiquement la figure 7, depuis la mangrove du delta de l'Orinoco jusqu'aux forêts sèches et le semi-désert de la côte de la mer des Caraïbes, en passant par la forêt pluviale guyanaise, la savane, la forêt des galeries et la forêt décidue des *Los blancos*, la forêt de brouillard, le *paramo*, la toundra alpine et finalement l'étage nival des sommets les plus élevés du système montagneux du nord-ouest. Les facteurs du milieu physique changeant, chacune des formations présente de nombreux exemples d'adaptation nous montrant l'extraordinaire capacité des végétaux de s'accommoder des situations les plus diverses et de réussir à vivre et à se reproduire dans les conditions les plus difficiles de l'existence. Nous croyons que, pour toutes ces raisons, cette végétation méritait d'être brièvement mentionnée.

Références

- EWEL, J. J. y MADRIZ, A., 1968. *Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecologico*. Min. Agric. y Cria Venez., Dir. Invest., Caracas, 265 p.
- EWEL, J. J., MADRIZ, A., TOSI, J. A., 1965. *Mapa ecologico de la Republica de Venezuela*. Dans: EWEL, J. J. y MADRIZ, A., 1968. *Zonas des vida de Venezuela*. Min. Agric. y Cria Venez., Dir. Invest., Caracas, 265 p.
- HUECK, K., 1960. *Mapa de vegetacion de la Republica de Venezuela*. Inst.

For. Latinoam. Inv. y Capac. Bol. No 7, 16 p.

PITTIER, H., 1920. *Esbozo de las formaciones vegetales de Venezuela con una breve resena de los productos naturales y agricolas*. Complemento explicativo del Mapa Ecologico del mismo autor. Litografia del Comercio, Caracas, 44 p.

PITTIER, H., 1947. *Clasificacion de los bosques*. Dans: *Trabajos escogidos*. Min. Agr. y Cria, Caracas: 175-193.

SARMIENTO, G., 1968. *Correlacion entre los tipos de vegetacion de America y dos variables climaticas simples*. Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat., 27 (113-114): 454-476.

TAMAYO, F., 1957. *Notas explicativas al ensayo de mapa fitogeografico de Venezuela*. Rev. For. Venez., 1 (1): 7-31.

Fig. 1

Butomus umbellatus L. (Butomacées). Le Butome en ombelles nous vint d'Europe et apparut d'abord sur les battures du fleuve à Laprairie à la fin du siècle dernier. Propagé surtout par les eaux du St-Laurent et de ses affluents, il est maintenant commun le long du fleuve jusqu'à l'eau salée. (Photo L. Dubé, La Pocatière, P.Q.)



Les plantes introduites du Québec

2 - Statistiques

par Camille Rousseau et Lionel Cinq-Mars

Combien y a-t-il de plantes introduites au Québec, en comparaison de la flore totale? Autre sujet dont la réponse ne peut être qu'approximative car les auteurs diffèrent d'opinion sur la validité d'un certain nombre d'espèces et sur la présence ou l'absence de certaines espèces au Québec. On a aussi vu précédemment qu'il est parfois difficile d'établir si une plante introduite n'est encore que cultivée ou si elle est devenue naturalisée. Nous pouvons cependant avoir une assez juste idée du nombre de ces plantes introduites, à condition de faire un relevé aussi complet que possible des herbiers disponibles et de prendre position sur les cas les plus litigieux; il est à souhaiter que ce travail stimulera des recherches sur les cas restés douteux.

Rappelons que Raymond (1950), dans son Esquisse phytogéographique du Québec, au chapitre des statistiques, estimait le nombre des plantes introduites du Québec à environ 300 espèces sur les 2 200 espèces vasculaires alors connues. D'autre part, Fernald (1950) rapporte sous les *Angiospermes* pour le territoire

couvert par son Gray's Manual, 1091 espèces introduites, sur un total de 5 370 espèces, donc environ 20 pour cent.

Nous avons pris comme base de comparaison le tableau statistique des pages 857 et 858 de la Flore laurentienne de Marie-Victorin (1964), revue par Rouleau. Nous en avons cependant modifié l'ordre quelque peu, car nous avons suivi la classification du Gray's Manual (Fernald, 1950). De plus, comme presque toutes les *Pteridophytes* (88 espèces) et les *Gymnospermes* (15 espèces) sont indigènes ou représentées sur notre continent par des variétés indigènes (exemple: *Pteridium aquilinum*, var. *latiusculum*) et que leurs rares espèces introduites pour l'ornementation (exemple: *Pinus sylvestris*) s'échappent difficilement de culture, nous les avons exclues de nos calculs et ne considérons que les *Angiospermes*, indigènes et introduites naturalisées.

Nous divisons les *Angiospermes* en deux Classes: *Monocotyles* et *Dicotyles*, comme la plupart des auteurs. Quant aux *Dicotyles*, nous les divisons en trois Sous-

Classes: *Apétales*, *Dialypétales* et *Sympétales* (*Gamopétales*), suivant le traitement des auteurs français Crété (1959) et Bach (1962). Rappelons que Marie-Victorin (1964) suit la même division, sauf qu'il utilise le terme *Monochlamydees* au lieu d'*Apétales*. Quant à Fernald (1950), il ne présente que deux Sous-Classes: 1) *Archichlamydeae* (correspondant aux *Apétales* et *Dialypétales*) et 2) *Metachlamydeae* (correspondant aux *Sympétales*).

Nous avons compilé au Tableau 1 le nombre d'*Angiospermes* indigènes et introduites par famille au Québec, indiquant les pourcentages pour les familles les plus importantes, de 10 espèces et plus. Les familles ne comptant pas d'espèces introduites sont ajoutées en vrac à la fin de chaque groupe. Au Tableau II, nous donnons un résumé statistique.

Les deux auteurs sont à la Faculté d'Agriculture de l'Université Laval, à Québec; Camille Rousseau, biologiste-agronome, étudiant gradué, et Lionel Cinq-Mars, agronome, professeur de botanique et conservateur de l'Herbier Louis-Marie.

Le lecteur qui voudrait suivre le tableau de la Flore laurentienne (1964), remarquera quelques différences avec nos chiffres; nous le prions de noter les corrections ou changements importants suivants: a) l'addition des *Monocotyles*, donne plutôt 504 espèces décrites et 211 espèces citées pour un total de 715 *Monocotyles* et non 711 telles que rapportées. De plus, nous y ajoutons une famille, les *Commélinacées*, représentée par une espèce introduite et échappée de culture, *Commelina communis*.

b) dans les *Apétales*, la famille des *Urticacées* (13 espèces) est scindée en deux familles: *Cannabinacées* (2 espèces) et *Urticacées* (11 espèces).

c) sous les *Dialypétales*, nous incluons les *Fumariacées* dans les *Papavéracées* auxquelles nous ajoutons l'espèce naturalisée *Papaver somniferum* pour en arriver à un total de 12 espèces, dont cinq introduites; nous ajoutons la famille des *Résédacées* contenant une espèce introduite (*Reseda alba*); nous ajoutons une espèce indigène aux *Linacées*; nous ne comptons que deux espèces au lieu de trois sous les *Rutacées*, car nous estimons que *Ruta graveolens*

n'est pas naturalisée au Québec; nous ajoutons une espèce introduite et spontanée, *Enonymus europaeus*, aux *Célastracées* et deux espèces introduites aux *Malvacées*, portant ainsi leur total à douze; les *Tiliacées* comptent trois espèces dont deux naturalisées (*Tilia europaea* et *T. platyphyllos*).

d) aux *Sympétales*, nous ajoutons neuf espèces introduites, dont trois aux *Polémioniacées*, deux aux *Solanacées*, une aux *Dipsacacées*, deux aux *Cucurbitacées* et une aux *Composées*.

En fait, aux *Solanacées*, nous ajoutons cinq plantes introduites: *Datura Metel*, *Lycopersicum esculentum* (la tomate), *Physalis virginiana*, *Solanum rostratum* et *S. tuberosum* (la pomme de terre), mais nous soustrayons trois mentions de la Flore laurentienne pour le Québec (*Physalis Alkekengi*, *P. peruviana* et *P. pruinosa*), pour un total de 17 espèces (dont deux indigènes) au lieu de 15.

Quant aux *Polémioniacées*, nous portons le total des espèces à sept, car nous y ajoutons l'indigène *Polemonium Van-Bruntiae*; de même, le total des *Cucurbitacées* est porté à cinq, car nous in-

cluons encore l'*Echinocystis* et le *Sicyos* parmi les indigènes, considérant trois autres espèces comme introduites.

Nous apportons quelques changements à la liste des plantes introduites déjà publiée par l'auteur junior (C. Rousseau, 1968): il faut d'abord changer le total de 585 à 584 espèces à la liste primitive; nous y ajoutons de plus les plantes suivantes comme introduites naturalisées: *Secale cereale* (le Seigle) et *Triticum aestivum* (le Blé) des *Graminées*, *Polygonum achoreum* et *Polygonum erectum* des *Polygonacées*, *Descurainia pinnata*, var. *brachycarpa*, *D. Richardsonii* et *Erysimum incospicuum* des *Crucifères*, *Potentilla pensylvanica*, var. *atrovirens* des *Rosacées*, *Ptelea trifoliata* des *Rutacées*, *Polygala sanguinea* et *P. verticillata* des *Polygalacées*, *Aster laevis* des *Composées*.

Parmi les plantes qui gardent un statut douteux et que nous maintenons pour le moment comme indigènes, mentionnons: *Juncus Torreyi* (*Joncacées*), *Viola fimbriatula* et *V. sagittata* (*Violacées*), *Linum sulcatum* (*Linacées*), *Physalis heterophylla* (*Solanacées*), *Echinocystis lobata* et *Sicyos angulatus* (*Cucurbitacées*).

TABLEAU I

Nombre d'espèces et pourcentages d'Angiospermes indigènes et introduites au Québec, par familles

Familles	Indigènes		Introduites		Total
	Nombre	(%)	Nombre	(%)	
Classe : Monocotyles					
Sparganiacées	9	(90)	1	(10)	10
Zostéracées (Naiadacées)	32	(97)	1	(3)	33
Butomacées	0		1		1
Hydrocharitacées	3		1		4
Graminées	170	(75)	57	(25)	227
Cypéracées	276	(99)	3	(1)	279
Commélinacées	0		1		1
Joncacées	37	(95)	2	(5)	39
Liliacées	27	(77)	8	(23)	35
Iridacées	7		1		8
Orchidacées	47	(98)	1	(2)	48
Autres familles (8)	31		0		31
	639		77		716
Classe : Dicotyles					
Sous-Classe : Apétales					
Salicacées	49	(86)	8	(14)	57
Cannabinacées	0		2		2
Urticacées	10	(91)	1	(9)	11
Aristolochiacées	1		1		2
Polygonacées	44	(70)	19	(30)	63
Chénopodiacées	10	(36)	18	(64)	28
Amaranthacées	0		7		7
Nyctaginacées	0		1		1
Aizoacées	0		1		1
Portulacacées	4		1		5
Caryophyllacées	40	(58)	29	(42)	69
Autres familles (10)	40		0		40
	198		88		286

TABLEAU I, (suite)

Familles	Indigènes		Introduites		Total
	Nombre	(%)	Nombre	(%)	
<u>Sous-Classe : Dialypétales</u>					
Renonculacées	48	(83)	10	(17)	58
Berberidacées	2		2		4
Papavéracées	7	(58)	5	(42)	12
Capparidacées	1		1		2
Crucifères	63	(54)	55	(46)	118
Résidacées	0		1		1
Crassulacées	3		3		6
Saxifragacées	31	(89)	4	(11)	35
Rosacées	167	(89)	23	(11)	190
Légumineuses	35	(47)	39	(53)	74
Linacées	2		2		4
Oxalidacées	1		1		2
Géraniacées	4	(36)	7	(64)	11
Rutacées	1		1		2
Polygalacées	3		2		5
Euphorbiacées	6	(46)	7	(54)	13
Callitrichacées	4		1		5
Célastracées	1		2		3
Acéracées	7		1		8
Balsaminacées	2		2		4
Rhamnacées	3		2		5
Tiliacées	1		2		3
Malvacées	0	(0)	12	(100)	12
Guttifères (Hypéricacées)	10	(91)	1	(9)	11
Violacées	23	(89)	3	(11)	26
Thyméléacées	1		1		2
Lythracées	1		1		2
Onagracées	33	(89)	4	(11)	37
Ombellifères	22	(60)	15	(40)	37
Autres familles (17)	56		0		56
	538		210		748
<u>Sous-Classe : Sympétales</u>					
Primulacées	11	(65)	6	(35)	17
Oléacées	3		1		4
Gentianacées	16	(94)	1	(6)	17
Apocynacées	4		1		5
Asclépiadacées	2		1		3
Convolvulacées	6	(60)	4	(40)	10
Polémoniacées	1		6		7
Boraginacées	9	(40)	13	(60)	22
Labiées	21	(39)	33	(61)	54
Solanacées	2	(10)	15	(90)	17
Scrophulariacées	53	(74)	19	(26)	72
Plantaginacées	4		5		9
Rubiacées	20	(80)	5	(20)	25
Caprifoliacées	15	(68)	7	(32)	22
Valérianiacées	2		1		3
Dipsacacées	0		4		4
Cucurbitacées	2		3		5
Campanulacées	5		3		8
Composées	238	(73)	92	(27)	330
Autres familles (11)	77		0		77
	491		220		711

Le Tableau I montre d'abord quelles familles d'Angiospermes fournissent le plus fort contingent de plantes introduites. Les douze familles les plus nombreuses sont, dans l'ordre : Composées (92), Graminées (57), Crucifères (55), Légumineuses (39), Labiées (33),

Caryophyllacées (29), Rosacées (23), Polygonacées (19), Scrophulariacées (19), Chénopodiacées (18), Ombellifères (15) et Solanacées (15). Il faut noter que la famille des Cypéracées, la deuxième en importance au Québec avec un total de 279 espèces,

ne compte que trois espèces introduites.

Si l'on considère les pourcentages de plantes introduites pour chaque famille totalisant au moins dix espèces, l'ordre chan-

ge et devient : Malvacées (100), Solanacées (90), Chénopodiacées (64), Géraniacées (64), Labiées

(61), Boraginacées (60), Euphorbiacées (54), Légumineuses (53), Crucifères (46), Caryophyllacées

(42), Papavéracées (42), Ombellifères (40) et Convolvulacées (40).

TABLEAU II

Résumé statistique des Angiospermes du Québec

	Indigènes		Introduites		Total
	Nombre	(%)	Nombre	(%)	
Monocotyles	639	(90)	77	(10)	716
Dicotyles					
Apétales	198	(70)	88	(30)	286
Dialypétales	538	(72)	210	(28)	748
Sympétales	491	(69)	220	(31)	711
Grand Total :	1,227	(71)	518	(29)	1,745
Angiospermes :	1,866	(76)	595	(24)	2,461



Fig. 2

Amaranthus lividus L. (Amaranthacées), récemment introduit au Québec de l'Amérique tropicale et qui nous arrive avec les semences de plantes ornementales. On le reconnaît facilement à ses feuilles émarginées.

Le Tableau II indique que les Monocotyles ne contiennent que 10% de plantes introduites tandis que les Dicotyles en fournissent 29%. Parmi ces dernières, les Sympétales dominent avec 31%, suivies des Apétales (30%) et des Dialypétales (28%). Au total, les Angiospermes comptent 24% d'espèces introduites.

Les chiffres qui précèdent montrent que l'estimé du nombre de plantes introduites que faisait Marcel Raymond (1950) pour Québec était très conservateur : environ 300 espèces. Aujourd'hui, nous le doublons avec 595 espèces, pour les Angiospermes. Il faut dire que l'inventaire de notre flore est de mieux en mieux connu et que d'autre part, nombre de plantes se sont ajoutées depuis à la flore introduite du Québec. Si l'on compare maintenant nos pourcentages à ceux qu'on peut obtenir des statistiques de Fernald (1950) pour un territoire plus vaste (Est de l'Amérique du Nord) comprenant notre province, on constate que nos chiffres sont légèrement plus élevés : 20% pour l'Est de l'Amérique du Nord, 24% pour le Québec seulement. Ceci est compréhensible et s'explique en grande

partie par le fait que des plantes peuvent être introduites dans une partie d'un territoire et indigènes pour l'ensemble du même territoire.

Références

- BACH, D. 1962. *Cours de botanique générale*. Tome II. *Classification des plantes vasculaires*. (6e éd. revue et remaniées par M. Mascré et G. Deysson). SEDES. Paris.
- CRETE, P. 1959. *Précis de Botanique*. Tome II. *Systématique des Angiospermes*. Masson & Cie. Paris.
- FERNALD, M. L. 1950. *Gray's Manual of Botany*. 8th Ed. American Book Co., N. Y.
- MARIE-VICTORIN, F. 1964. *Flore laurentienne*. Les Presses Univ. Montréal, Montréal. (2e éd. revue par Ernest Rouleau).
- RAYMOND, M. 1950. *Esquisse phytogéographique du Québec*. Mem. J. Bot. Montréal, 5.
- ROUSSEAU, C. 1968. *Histoire, habitat et distribution de 220 plantes introduites au Québec*. Naturaliste can. 95, 49-169.

Le 5e congrès de

l'Association des Jeunes Scientifiques

Les 14, 15 et 16 mars dernier se tenait au Pavillon des Sciences Sociales de l'Université de Montréal le 5e congrès de l'Association des Jeunes Scientifiques. Le nombre des participants ainsi que la diversité des régions représentées ont fait de cette rencontre la plus importante du genre au Québec.

Comme aux congrès précédents, l'activité principale fut la présentation des communications scientifiques par les étudiants. Plus de 45 communications étaient inscrites au programme et portaient sur des sujets aussi variés que « Les avions de papier », « Les plumes de la queue des passériformes », « La théorie des graphes », etc. En somme, le nombre des travaux et leur qualité ont démontré, une fois de plus, les capacités de l'étudiant en face de la recherche scientifique.

Nous retrouvions également à l'horaire du congrès un « colloque sur le rôle social de l'homme de science », une « conférence sur le satellite Isis », une exposition de périodiques scientifiques, des ateliers de travail et, finalement, une « assemblée générale » de l'Association.

Le colloque du vendredi soir a permis d'étudier le problème de la participation de l'homme de science à la vie active de la société. M. Pestiau, professeur de sciences sociales, a d'abord élaboré la question en admettant le fait qu'actuellement le scientifique, tout en étant un pivot de notre société, ne participe que très peu

aux diverses décisions qui ont souvent des conséquences sur des sociétés entières. Une intéressante période de questions permit ensuite à chaque participant de saisir les différents aspects du problème.

Le symposium de samedi soir renseignait les congressistes sur la participation canadienne aux recherches spatiales. Deux conférenciers employés à la société R. C. A. Victor, ont exposé les grandes caractéristiques du dernier satellite canadien Isis-A.

Dans les ateliers de travail, trois principales questions furent étudiées : le rôle de l'Association des Jeunes Scientifiques, le rôle du Club-Sciences et la possibilité de création scientifique chez les étudiants. Ces périodes permirent aux congressistes de participer à l'élaboration de la politique de l'association. Enfin, au cours de la 6e assemblée générale de l'A. J.S., les membres ont pu évaluer les différents problèmes et émettre des vœux pour l'orientation future de leur association.

Ce 5e congrès aura démontré une fois de plus l'ardeur de la jeunesse face aux sciences. Les jeunes sont intéressés à créer un organisme assurant une meilleure collaboration entre les divers groupes de scientifiques et ils contribuent ainsi à développer une atmosphère favorable à la création scientifique.

(Communiqué de l'A.J.S.)

Association des Jeunes Scientifiques, 2375, Côte Sainte-Catherine, local 6010, Montréal 250.

L'astronomie supersonique

L'éclipse du 7 mars 1970:

90 minutes de totalité!

Vous n'êtes pas sans ignorer qu'une éclipse totale du Soleil se produit toutes les fois que la Lune s'interpose entre le Soleil et la Terre. De plus, une coïncidence heureuse dans le système solaire, entraîne que le diamètre *angulaire* de la Lune — qui orbite à 250 000 milles de notre planète — est approximativement égal au disque de notre étoile à 93 000 000 de milles. Le cône d'ombre de la Lune lorsqu'il frappe la surface terrestre peut avoir des dimensions variables selon la disposition des trois astres; l'ordre de grandeur du diamètre de l'ombre est d'environ 100 milles. L'intérieur de ce disque, plongé dans l'obscurité complète durant de brefs moments, est la région de la totalité.

Etant donné le mouvement relatif du Soleil, de la Terre et de la Lune, combiné à la rotation de la Terre sur elle-même, le cône d'ombre se déplace à la surface de notre planète; la vitesse moyenne de ce déplacement est d'environ 3 500 milles à l'heure. Voilà pourquoi les hommes de science n'ont que quelques minutes fatidiques pour mener des expériences préparées minutieusement durant de longs mois. Quoique dans des cas exceptionnels la durée de totalité atteigne 7 minutes, il est plus fréquent d'avoir deux ou trois précieuses minutes seulement. Pour rendre la situation plus dramatique un exécrable petit nuage des plus malvenus peut, au désespoir de l'astronome, saboter impitoyablement tout son travail.

Les observations du rayonnement radioélectrique, relativement indifférent aux conditions météorologiques, a constitué le premier pas de l'affranchissement des conditions si exaspérantes régnant au sol. D'autre part, les fusées sondes lancées durant l'éclipse ont complété un travail coûteux mais fécond dans l'extension des observations aux domaines les plus variés du spectre électromagnétique.

Au-dessus des nuages avec le quadriréacté « Galilée »

Depuis quelques années, les astronomes utilisent un avion pouvant les porter avec leurs instruments à près de 40 000 pieds d'altitude. Les mauvaises conditions météorologiques n'affectent plus l'expédition et personne n'a à s'arracher les cheveux. Ainsi, la NASA a créé le laboratoire volant « Galilée »; il s'agit d'un quadriréacté Convair 990A, version commerciale adaptée pour prendre à son bord un aéropage de 26 chercheurs, responsables d'une bonne douzaine d'expériences devant se dérouler durant l'éclipse.

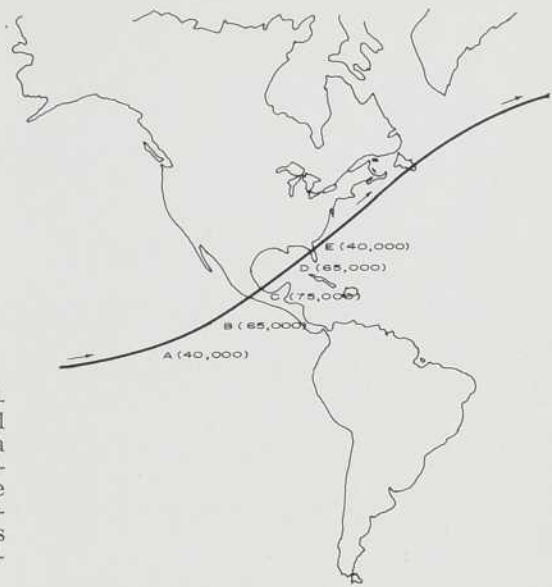
L'avantage immédiat du vol est de mettre les astronomes et les physiciens à l'abri et de garantir le succès des observations. L'allongement de la durée de la totalité grâce à la vitesse de 575 milles à l'heure du réacteur dans la direction du déplacement de l'ombre n'est pas très considérable; toutefois, on n'est loin de le dédaigner. Ainsi, lors de l'éclipse du 12 novembre 1966, le Galilée volant à une altitude variant entre 38 000 et 40 000 pieds, donna à ses occupants 190 secondes de totalité comparativement aux 116 secondes disponibles pour les « rampants » les mieux situés sur le trajet de l'éclipse: donc, une nette amélioration. Soulignons un fait important: à 38 000 pieds, le Galilée survole l'environ 85% de l'atmosphère terrestre. D'autres organismes de recherches ont patronné les vols similaires durant des éclipses; la Commission de l'Energie atomique des Etats-Unis et l'Aviation américaine ont ainsi employé des appareils à réaction de type KC-135.

La chasse supersonique

La prochaine étape, et non la moindre, propre à qualifier les astronomes de « maniaques de la vitesse », consiste à essayer de suivre le cône d'ombre lorsqu'il se déplace à la surface de notre globe à une vitesse de l'ordre de 3 000 milles à l'heure. Projet ambitieux mais réalisable, puisqu'on le prépare actuellement et qu'on espère l'exécuter lors de l'éclipse totale du 7 mars 1970. Mais, il faut trouver un oiseau capable de nous catapulte à quelques milliers de milles à l'heure. Y a-t-il des candidats? Oui; l'Aviation américaine cajole deux avions supersoniques exclusifs capables de mener la tâche avec brio.

Il y a tout d'abord le fameux intercepteur prototype YF-12A construit

Carte montrant le trajet approximatif de l'éclipse totale de Soleil du 7 mars 1970 sur la surface de la Terre. Un avion de reconnaissance supersonique suivra l'éclipse dans son déplacement. Les chiffres qui accompagnent les lettres A, B, C, D et E représentent l'altitude de l'avion.



dans le plus grand secret et dévoilé au monde par l'ex-président Lyndon Johnson il y a quelques années. Cet avion, le plus rapide au monde, peut atteindre une vitesse de 2 062 milles à l'heure et une altitude record en vol horizontal de 80 000 pieds. Le second candidat, frère jumeau du YF-12 est le SR-71A, avion de reconnaissance construit par la compagnie Lockheed Aircraft; c'est celui qu'on prévoit utiliser dans l'expérience projetée. Ce bolide des airs, long d'une centaine de pieds, est construit en titane et autres matériaux spéciaux réfractaires.

Tout en volant à une altitude variant entre 40 000 et 75 000 pieds à plus de 1 600 milles à l'heure, le long de la trajectoire du cône d'ombre lunaire sur la Terre, le fulgurant appareil permettra de prolonger la totalité à 90 minutes! Les instruments placés à bord détalant au-dessus de 97% de l'atmosphère ne subiront pratiquement aucune interférence due à la vapeur d'eau. On prévoit prolonger de plusieurs centaines de fois le temps d'observation habituel du spectre éclair chromosphérique, et obtenir une heure d'étude sur la couronne solaire jusqu'à plus de 6 millions de milles du Soleil.

Un million de dollars pour trouver le SR-71

Il en coûtera pas moins d'un million de dollars et plus pour apporter à l'appareil les modifications nécessaires à

l'installation d'une ½ tonne d'appareils scientifiques. Mais on envisage l'utilisation du supersonique pour 6 éclipses futures et pour une foule d'expériences en physique solaire ainsi que pour l'étude des planètes et des étoiles; d'autres expériences sur les aurores, la lumière zodiacale et le « gegenschein » seraient prévues.

La raison du coût élevé des modifications est qu'elles affectent dans bien des cas la carlingue d'un avion aux lignes très précises, et construite en titane pour résister aux températures de plusieurs centaines de degrés fahrenheit. La forme aérodynamique a été conçue minutieusement pour voler à 2.4 machs; on ne peut bricoler impunément sur cet appareil.

D'après le calcul des experts, ce seul vol avec le SR-71 permettrait plus de temps d'observation que toutes les éclipses solaires réunies depuis 1930. L'enjeu en vaut le coût!

Jean-René ROY.

Bibliographie

- MERCER, R.D., et J.M. PASACHOFF. *Ninety minutes of totality*. Sky and Telescope, janv. 1969, pp. 20-22.
NADEAU, Paul-H. *Les éclipses solaires de 1970 à 2500*. Le Jeune Scientifique, vol. V, no 2, pp. 44-45.

Anciens numéros du JEUNE SCIENTIFIQUE

Qu'est-ce que la houle ?

Comment expliquer la "diapause" chez les insectes ?

Qu'est-ce qu'un minéral, une roche, un minerai ?

Comment fabriquer un télescope ?

Qu'est-ce que la rhéologie ?

En feuilletant les anciens numéros du JEUNE SCIENTIFIQUE, vous pourrez obtenir la réponse à ces questions et à beaucoup d'autres.

Depuis son lancement, à l'automne de 1962, Le Jeune Scientifique a publié plus de 400 articles de vulgarisation scientifique dont plusieurs forment une documentation indispensable.

A l'exception des deux premiers volumes, tous les anciens numéros du Jeune Scientifique sont encore disponibles, à 50 cents l'exemplaire ou comme ci-dessous :

Les volumes I et II :
volumes reliés seulement et en quantité limitée :
\$5.45 le volume.

Vol. III, 1964-65, 8 numéros: \$3.00

Vol. IV, 1965-66, 8 numéros: \$3.00

Vol. V, 1966-67, 8 numéros: \$3.00

Vol. VI, 1967-68, 8 numéros: \$3.00

LE JEUNE SCIENTIFIQUE

Case postale 391

JOLIETTE, P.Q.

