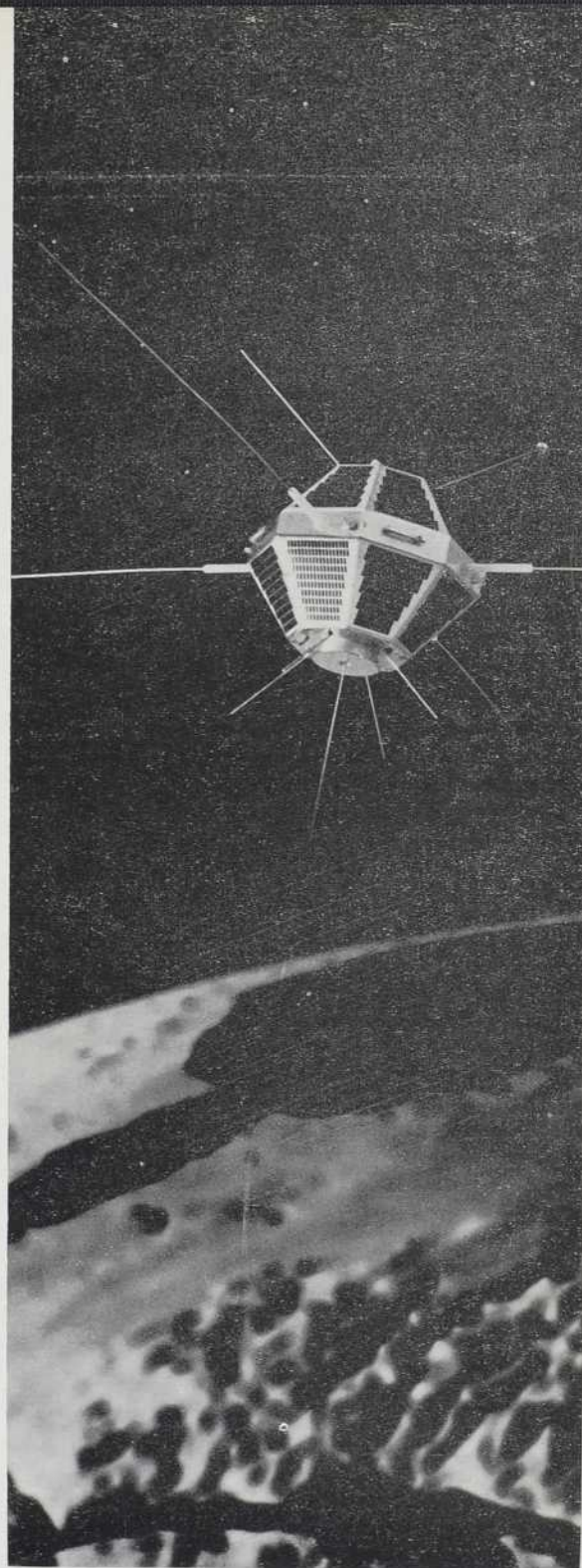
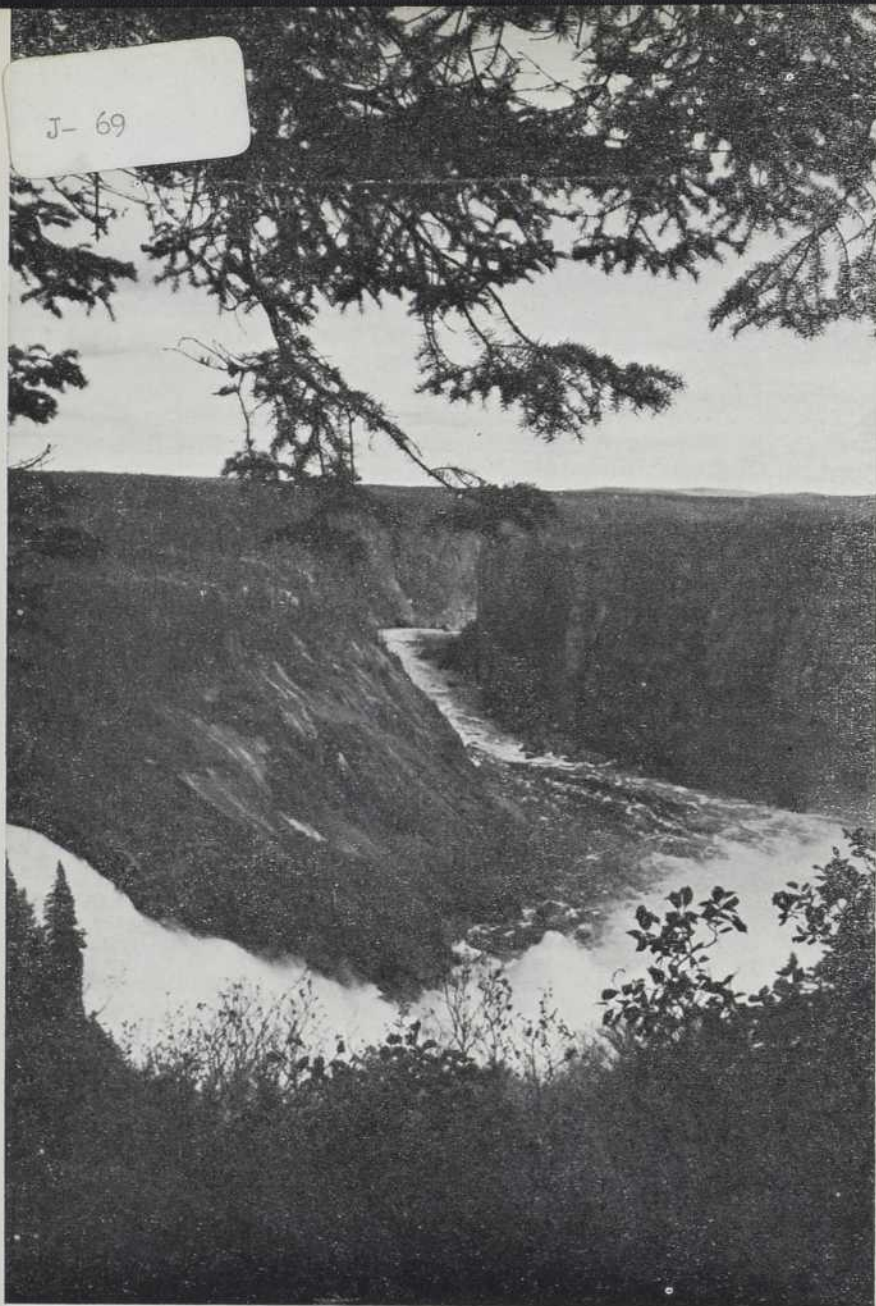
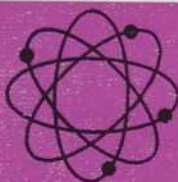


J- 69



4

VOLUME 7  
NUMÉRO 4  
JANVIER 1969



le jeune  
scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

## La recherche scientifique et la société canadienne-française

Plus de la moitié des chercheurs francophones au Québec sont employés dans les universités de langue française, tandis qu'un très petit nombre travaille pour le gouvernement québécois, et que le reste travaille pour les industries localisées au Québec.

La conclusion majeure qui se dégage de l'analyse de ces deux paramètres est que la recherche scientifique est pour les francophones un corollaire de l'enseignement. Par ailleurs, il est important de noter qu'il y a très peu d'industries francophones au Québec qui emploient des chercheurs scientifiques. Il s'ensuit que la recherche scientifique francophone n'est pas orientée vers le développement industriel du Québec.

Il n'existe nulle part au Québec ou ailleurs de concentration importante de chercheurs scientifiques. A part quelques laboratoires de recherche médicale employant plusieurs dizaines de chercheurs, la plus forte concentration de chercheurs francophones est au Conseil national de recherches à Ottawa (une trentaine de chercheurs francophones sur 788 chercheurs).

La science n'est donc que très partiellement institutionnalisée au Québec francophone. Cette situation résulte du fait que peu de chercheurs francophones s'intéressent au développement industriel du Québec, et que les industries localisées au Québec, francophones ou autres, n'ont

montré que très peu d'intérêt pour la recherche scientifique. Le manque d'emplois pour les chercheurs francophones dans les industries est donc cause principale du retard dans le développement de la recherche scientifique.

La présence de chercheurs dans les universités francophones et l'effort de modernisation du gouvernement du Québec depuis 1960, comme la nationalisation de l'électricité, ont augmenté assez rapidement pour que certaines personnes puissent déclarer qu'il serait possible d'accélérer les transformations de la société francophone au Québec par l'utilisation massive de la recherche scientifique. Il nous paraît difficile, étant donné la situation actuelle, de concevoir un changement important. S'il est vrai que l'Université et l'Etat peuvent stimuler le développement de la science, il n'existera pas de développement à long terme de la recherche scientifique francophone au Québec sans la participation des industries qui y sont localisées.

En effet, les possibilités de la recherche scientifique pour le développement de la société francophone du Québec existent plutôt à l'état d'idéologie que comme réalité tangible. Pour réaliser une telle transformation, il faudrait que les industries francophones utilisent de façon massive des chercheurs. Or, non seulement il y a peu d'industries francophones au Québec, mais la plupart ne sont pas intéressées à la recherche scientifique. A certains égards, les propositions faites sont utopiques, car les décisions les plus vitales pour les réaliser échappent au contrôle du gouvernement, ou des francophones du Québec.

Quant aux organismes fédéraux d'aide à la recherche scientifique, ils ne peuvent par leur seule activité, transformer la situation défavorable des scientifiques francophones. Tout en reconnaissant l'ampleur nouvelle des subventions de recherche, elles ne représentent qu'une très faible proportion de l'effort financier requis

pour accélérer l'utilisation de la recherche scientifique au développement du Québec. Au contraire, comme l'indiquent les commentaires de certains chercheurs francophones, les organismes fédéraux, par le jeu même de leur conception de la distribution des fonds de recherche, peuvent accroître le décalage entre les deux groupes ethniques au lieu de les réduire.

Il est certain que les activités de plus en plus nombreuses des chercheurs universitaires permettront de constituer une communauté scientifique francophone assez large pour qu'elle puisse influencer le développement social et économique du Québec. Mais cela se fera graduellement. Par ailleurs, comme la recherche est subventionnée plus généreusement par le gouvernement fédéral dans les universités anglophones du Québec et d'ailleurs que dans les institutions francophones, les positions respectives des deux groupes ne sauraient être améliorées par les seules activités des universitaires francophones. Pour influencer d'une façon fondamentale le développement social et économique du Québec, il est nécessaire que les chercheurs francophones s'orientent massivement vers la recherche appliquée; et cela ne saurait être si l'on ne tient pas compte des décisions de la direction des industries localisées au Québec.

D'une façon générale, la relation entre la recherche scientifique et la société canadienne-française est dominée par cette séparation entre le contrôle des activités industrielles et les aspirations de développement économique et social de la population francophone.

Philippe GARIGUE.

(Extrait du chapitre « La recherche scientifique et la société canadienne-française » publié dans *La recherche au Canada français*, textes présentés par Louis Beaudouin, Les Presses de l'Université de Montréal, 1968, 166 pages. Cet ouvrage réunit les textes des communications présentées au Colloque de la Section des lettres et des humanités, lors de la réunion annuelle de la Société royale du Canada, tenue à l'Université de Calgary du 2 au 5 juin 1968).

## A l'occasion, des thèmes nouveaux...

# le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Volume VII, numéro 4  
janvier 1969

Vous serez peut-être un peu surpris, en parcourant les pages de ce numéro, de trouver un article... traitant d'archéologie! — La revue serait-elle en voie de changer son orientation? Ouvrirait-elle ses pages à toutes les disciplines scientifiques, y compris les sciences dites « de l'Homme »?

Dans nos six premiers volumes, nous avons voulu limiter notre intérêt aux connaissances communément qualifiées de « sciences naturelles », ou plus précisément, « sciences exactes et naturelles », qui englobent les mathématiques, la physique, la chimie, les sciences biologiques, les sciences de la terre, de l'espace, etc., et celles qui se rattachent plus ou moins directement à ces grandes divisions.

Nous n'avons pas l'intention de changer radicalement cette politique de rédaction et nous entendons vouer notre périodique aux sciences naturelles et exactes. Cependant, à l'occasion, nous voulons tenter un essai et ouvrir, de temps à autre, une fenêtre sur d'autres champs des connaissances. « A l'occasion », disons-nous, en évitant que de telles incursions finissent par modifier notre visage ou contribuent à éloigner des lecteurs attentifs surtout à l'enseignement des sciences. Le marché de l'édition nous offre d'ailleurs suffisamment de publications consacrées « à tout », à l'information générale... qui finissent souvent par sombrer dans le superficiel ou le sensationnel.

Cette ouverture sur d'autres connaissances s'inspire aussi de la politique de certaines grandes revues d'information scientifique — revues américaines et françaises — qui admettent volontiers, occasionnellement, des articles concernant la géographie générale, l'ethnologie, l'archéologie, etc. Nos lecteurs conviendront d'ailleurs que les frontières interdisciplinaires s'estompent graduellement, c'est-à-dire que plusieurs disciplines adoptent couramment les « méthodes scientifiques » d'analyse, les cheminements mathématiques modernes, etc.

En terminant, nous voulons répéter à nos lecteurs que tous ces efforts et ces essais s'inscrivent dans un programme de renouvellement, dans un contexte de rajeunissement et d'adaptation de la revue. Comme le monde du livre et de l'édition générale, une revue doit sans cesse songer au progrès, au renouveau, à la vie...

Léo BRASSARD, directeur.

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

### DIRECTION

Léo Brassard  
directeur  
Roger H. Martel  
secrétaire de rédaction

Pierre Couillard  
Roland Prévost  
Marcel Sicotte  
Jacques Vanier  
conseillers

### COLLABORATEURS

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

### Abonnements

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

### Adresse

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

### Notes

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

## SOMMAIRE

- 86 L'affaire des pulsars,  
un rebondissement spectaculaire  
en radioastronomie  
par Jean-René Roy
- 90 La parthénogenèse ou  
la reproduction sans fécondation  
par Bernard J. R. Philogène
- 92 La foudre et ses  
véritables dangers  
par Jean-René Roy
- 94 La photographie des plantes  
par Louis-P. Coiteux
- 98 Les arcanes du cycle de l'eau  
dans l'atmosphère  
par Roger Clausse
- 104 De Laplace à Biot  
et de Biot à Pasteur  
par Ernest Kahane
- 108 Un peuple énigmatique,  
les Mayas  
par Boris S. Karpoff

### Photographies de la couverture

A gauche, les Chutes Churchill, au Labrador, où l'on procède actuellement à la construction du plus vaste aménagement hydro-électrique du pays. A droite, une maquette du satellite canadien ISIS qui fut complété au cours de l'année 1968. — Deux photographies de l'Office National du Film, O.N.F., Ottawa.

# L'affaire des PULSARS,

## un rebondissement spectaculaire en radioastronomie

La radioastronomie est une science de moins de trente ans; elle est pourtant à l'origine de découvertes sensationnelles qu'elle opère dans un champ de l'univers encore peu observé. On se souvient des « quasars » décelés en 1960, dont nous avons traité dans un numéro précédent (novembre 1968). Il y a environ un an, après des mois de fièvre visant à confirmer solidement l'observation, les chercheurs du Mullard Radio Astronomy Observatory de l'Université Cambridge en Angleterre révélaient l'existence des pulsars : objets cosmiques nouveaux venus, dont la caractéristique est d'émettre des ondes radioélectriques sous forme d'impulsions avec une régularité telle qu'ils pourraient servir d'horloges.

### Une chasse aux quasars qui tourne en prise de pulsars

Assez curieusement, les pulsars ont été découverts durant des recherches sur le phénomène de *scintillation* des ondes provenant des galaxies compactes et des quasars radioémetteurs. Tout comme l'agitation atmosphérique provoque le scintillement des points lumineux que sont les étoiles, les nuages de plasma solaire du milieu interplanétaire provoquent un effet identique sur les ondes des radio-sources à petite dimension.

Plusieurs semblent s'étonner du fait que les pulsars n'aient pas été détectés plus tôt. La réponse est simple : quoique les pulsars soient des objets assez fantastiques, les signaux émis sont tout d'abord très faibles; de plus, la longueur d'onde de leur émission se situe dans le domaine du *mètre*; cette région du spectre est relativement inexplorée puisque les radioastronomes, soumis à des restrictions techniques, ont jusqu'ici concentré leurs recherches dans les longueurs d'ondes centimétriques.

### Dépistage des émetteurs

Les observations du groupe britannique, dirigé par Anthony Hewish, révélèrent très tôt que les impulsions avaient une durée de 10 à 20 millisecondes environ (*milliseconde* = 1 millième de seconde). L'intervalle entre deux impulsions varie de  $\frac{1}{4}$  à  $1\frac{1}{3}$  seconde suivant les pulsars; toutefois, comme nous le verrons, il est possible de mesurer la *période* (durée d'une impulsion à l'autre) avec une précision sans précédent. Toute onde électromagnétique ne peut voyager à une vitesse dépassant 300 000 km/sec; le *rayon* de l'objet responsable d'une impulsion radioélectrique s'échelonnant sur 20 millisecondes, peut donc atteindre tout au plus quelques milliers de kilomètres. Nous avons affaire à un objet dont

les dimensions sont comparables à celles de la Terre!

L'examen des signaux des pulsars révéla qu'il y avait dispersion des ondes; la dispersion est une propriété générale du mouvement ondulatoire qui correspond à un *retardement* de l'onde. Ce phénomène se produit chez les ondes sonores ou lumineuses, les ondes sismiques qui se propagent dans la croûte terrestre, et les ondes électriques telles que celles émises par les pulsars; la dispersion permet de déduire une foule de données sur la nature du milieu où l'onde se propage.

Dans le vide parfait, toutes les ondes électromagnétiques voyagent à la même vitesse quelque soit leur longueur d'onde. Mais l'espace interstellaire est baigné d'un gaz raréfié d'électrons libres qui ont été libérés par *photodissociation* (ionisation à l'aide de rayons lumineux); ce processus est mis en action par des étoiles très chaudes émettant généreusement dans l'ultra-violet. Les atomes d'hydrogène interstellaires excités par les photons ultra-vio-

---

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique, B. Sc. IV, à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal. Les dessins sont de Mariette Chagnon, Montréal, terminés par Claude Forest de Joliette.

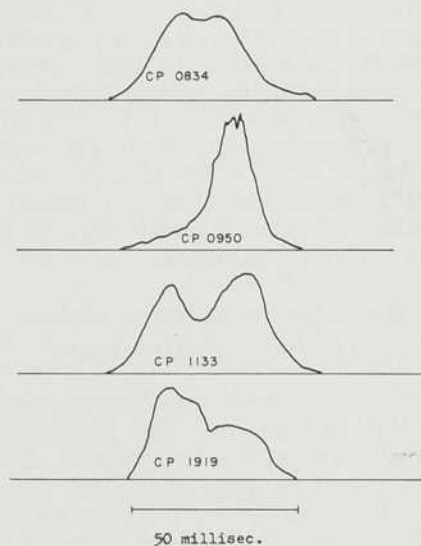
lets se dépouillent de leur unique électron et nous avons alors un milieu *dispersif*; c'est-à-dire que maintenant les longueurs d'onde ne voyageront plus à la même vitesse les unes par rapport aux autres. La théorie des ondes nous montre que plus l'onde sera longue, plus elle se propagera lentement; et de fait, on a observé que les signaux des pulsars manifestaient un tel effet de dispersion: les longueurs d'ondes courtes arrivent à la Terre jusqu'à 8 secondes avant les plus longues.

L'intérêt du phénomène réside dans le fait que connaissant approximativement la densité électronique du milieu interstellaire, nous pouvons déduire la longueur du trajet parcouru par les ondes. En d'autres mots, la dispersion nous permet de connaître la distance du pulsar. Malheureusement,

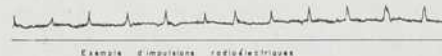
la densité électronique dans notre Galaxie, est très mal connue; on l'évalue avec une large marge d'incertitude à un électron par 10 centimètres cubes. Si on adopte cette densité, le pulsar CP1919 se situe à environ 130 parsecs (1 parsec vaut 3.26 années-lumière); à l'échelle de notre Galaxie qui s'étend sur un diamètre de 30 000 parsecs, CP1919 est tout à fait à notre porte! Les autres pulsars sont à des distances du même ordre, et quelque soit l'incertitude sur la densité électronique, les pulsars sont définitivement des objets *locaux*.

### 1.33730113 ... seconde

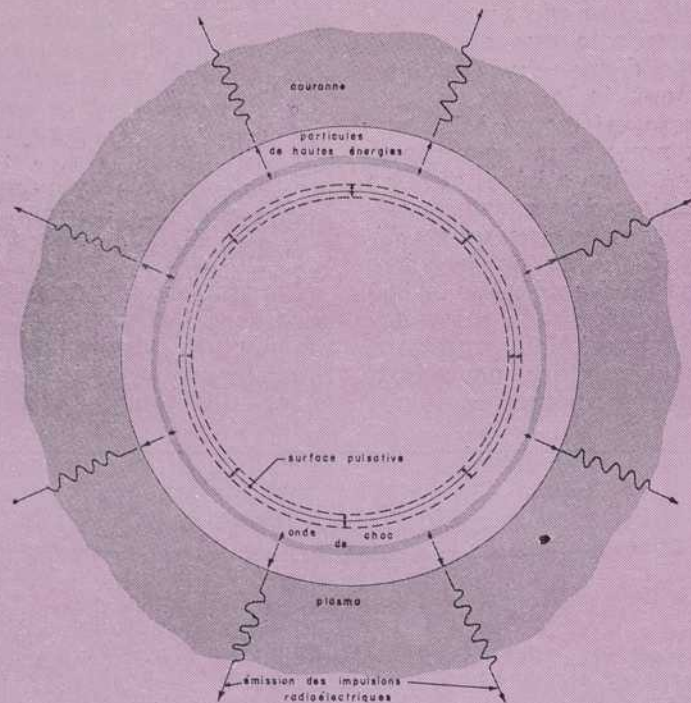
L'intrigue prit des proportions plus galopantes lorsqu'on se rendit compte que la période des impulsions du signal radioélectrique



Profils des enveloppes superposées aux impulsions d'ondes radioélectriques provenant de quelques pulsars. Les signaux ont été reçus à une fréquence de 408 mégahertz. Le fait que les enveloppes d'impulsions aient toutes une largeur d'environ 50 millisecondes confirme que nous avons affaire à un même phénomène. L'émission qui nous arrive des pulsars consiste en un train d'impulsions qui se répètent avec une période allant de  $\frac{1}{4}$  à  $1\frac{1}{4}$  seconde selon les pulsars. La caractéristique phénoménale des pulsars est que cette période se conserve avec une régularité d'une partie dans 100 millions. Ainsi, CP 1919 a une période de 1.33730113 seconde.



Exemple d'impulsions radioélectriques.



Les plus intéressants modèles pour décrire les pulsars proposent une étoile *naine blanche* (ou « neutronique ») à *surface pulsative*. La surface oscillerait avec la fréquence caractéristique des pulsars. La pulsation créerait des ondes de choc dans l'atmosphère de l'étoile qui, à leur tour, engendreraient des ondes radioélectriques dès que l'onde choc pénétrerait le milieu ionisé (couronne) de la haute atmosphère de l'étoile.

que affichait une régularité vraiment incroyable. Après correction du mouvement relatif de la Terre autour du Soleil qui modifiait le signal par effet Doppler, et à la suite de nombreuses observations, on établit la *régularité* de la période des impulsions à une précision d'une partie dans 100 millions. La période du premier pulsar CP1919 fut fixée à 1.33730113 seconde, et les observations ultérieures

rieures ont montré que cette régularité se prolonge durant une durée d'au moins plusieurs mois; reste aux années à montrer comment se maintiendra cette prodigieuse constance. Remarquons que cette précision de 1/100 000 000 est imposée par la technologie actuelle et qu'il est très probable qu'on puisse ajouter un ou plusieurs chiffres significatifs à la période déjà connue.

### Des « petits hommes verts » aux étoiles neutroniques

Présentement, une bonne dizaine de pulsars ont été identifiés. Contrairement aux quasars, il a été jusqu'ici impossible de trouver même avec les plus puissants télescopes des objets lumineux (étoiles ou nébuleuses) correspondant aux positions précises données par les observations radioastronomiques. Tout concorde pour signifier que les signaux proviennent d'une source dont les dimensions sont très petites.

L'absence de variation Doppler de la période du signal, a vite éliminé la possibilité que l'onde pulsative nous parvienne d'une quelconque planète gravitant autour d'une étoile. De là il devenait difficile d'invoquer l'intelligence d'une super-civilisation nous lançant des « Allo ! » sur les ondes d'une radio interstellaire, commandée par de « petits hommes verts ». D'ailleurs, il demeurerait inopérant d'interpréter la nature d'une émission de cette sorte si elle provenait d'êtres supposés intelligents; car le signal est de très mauvaise qualité. L'onde envoyée fait preuve d'un gaspillage irrationnel d'énergie étant donné la largeur de la bande de fréquences utilisée.

Il est connu que les pulsars rayonnent sur une très large bande de fréquences allant de 40 mégahertz à 3 000 mégahertz (1 mégahertz = 1 million d'oscillations par seconde). L'intensité du rayonnement est à son maximum dans les basses fréquences et elle subit un affaissement brutal vers 1 000 mégahertz.

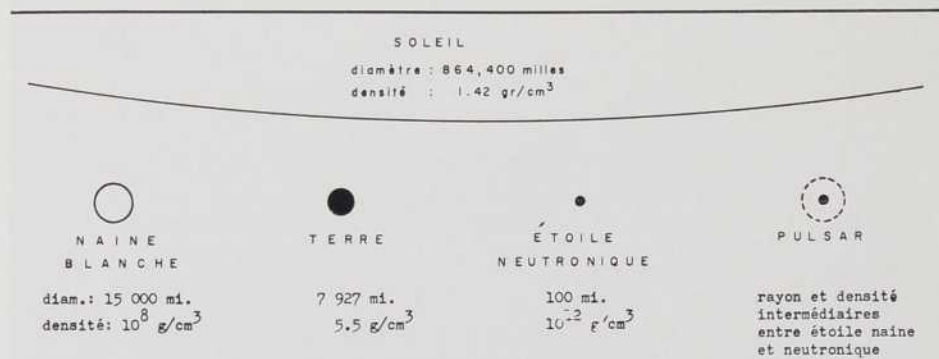
La variation en amplitude des impulsions du signal reçu est une caractéristique importante et omniprésente dans les pulsars. Ceci nous amène à considérer la forme des impulsions: chaque pulsar présente une suite d'impulsions bien typiques dont la structure est d'une complexité propre à émerveiller tout théoricien avide de travail. Une impulsion se compose même de sous-impulsions ayant une durée de 1/5 de milliseconde environ. Il est possible qu'il existe des trains de sous-sous-impulsions que nos instruments trop grossiers ne peuvent pas détecter.

Si à la complexité d'une impulsion, nous superposons une *enveloppe* limitrophe, nous traçons une forme de signal qui demeure inchangée d'une impulsion à l'autre et qui est caractéristique du pulsar considéré. Ainsi, l'enveloppe d'impulsion du pulsar CP1133 présente deux maxima; celle de CP0950 manifeste une ascension lente suivie d'une chute rapide. Généralement, la largeur de l'enveloppe reste inférieure à 50 millisecondes pour tous les pulsars, corroborant l'hypothèse que ce sont des objets de nature identique. *La source des signaux ne dépasse pas 15 000 km de diamètre* (La Terre a un diamètre de 12 800 km). Bien entendu, les sous-impulsions devraient leur origine à des centres d'émission encore plus petits, baptisés « points chauds ».

### Naines blanches ou étoiles neutroniques ?

A l'heure actuelle, aucune théorie ne peut réclamer le crédit d'expliquer de façon satisfaisante le phénomène des pulsars. Cependant, l'énergie et la stabilité de l'émission impliquent quelque objet dont la masse est celle d'une étoile. Mais quel type d'étoile peut conserver son statut jusqu'aux dimensions rabougries d'une petite planète? Le professeur Jeremiah Ostriker, de l'Université Princeton aux Etats-Unis, a calculé que pour conserver son équilibre sous une rotation d'un tour par seconde, une étoile devait atteindre une densité de 100 millions de grammes/cm<sup>3</sup> ! Or, il y a bel et bien des types d'étoiles qui affichent une densité aussi phénoménale: ce sont les *naines blanches*, étoiles très denses dont la masse est proche de celle du Soleil, mais dont les dimensions sont recroquevillées à la grandeur d'une planète. Ces étoiles représentent le stade sénile dans la vie des étoiles; elles se sont atrophiées après avoir épuisé leur carburant nucléaire par la fusion thermonucléaire, à l'aide de laquelle elles ont brillé durant des milliards d'années.

Contrairement aux naines blanches dont l'existence est corroborée par de nombreuses observations, les *étoiles neutroniques* sont encore plus denses. Ayant à peine



Les dimensions hypothétiques d'un pulsar comparées à celles d'autres objets cosmiques, montrent qu'il se situerait entre l'étoile neutronique et la naine blanche. Ces deux dernières représentent les étapes finales dans l'évolution stellaire. Leurs masses égales à celle du Soleil sont atrophiées à des dimensions planétaires.

10 ou 100 milles de diamètre, elles ont été proposées par plusieurs astrophysiciens pour expliquer certaines phases dans l'évolution stellaire; elles n'ont pas été observées, et cela peut se comprendre assez facilement étant donné leurs dimensions « microscopiques ». Toutefois, ces derniers intrus seraient assez chauds en surface pour constituer des sources de rayons X détectables. A cause d'une instabilité dans le processus normal de vieillissement d'une étoile légèrement plus massive que le Soleil, il arrive que l'étoile explose (supernova) avant d'aboutir au stade habituel de *naine*. Le noyau central de l'étoile qui survivrait à la catastrophe, constituerait l'étoile neutronique cherchée, dont la densité se chiffrait dans les millions de tonnes par centimètre cube !

Depuis longtemps, on connaît en astronomie différentes étoiles dont la *luminosité* varie périodiquement selon divers types. A titre d'exemple, signalons les RR de la Lyre et les céphéides, *étoiles variables* ayant des périodes respectives de 12 heures et de deux à cinquante jours. Les astrophysiciens se sont depuis longtemps attachés à développer des modèles stellaires qui décriraient comment des étoiles pulsatives pourraient successivement se dilater et se contracter sur toute leur surface pour maintenir leur équilibre.

Il fut intéressant de remarquer que lorsqu'on calculait de façon similaire la période de pulsation

d'étoiles neutroniques ou de naines blanches, les périodes obtenues approchaient celles de l'émission des pulsars. La pulsation périodique d'une naine blanche ou d'une étoile neutronique pourrait être à l'origine du mécanisme d'horlogerie, qui excite et contrôle l'émission des impulsions radioélectriques provenant des pulsars.

Comment ces pulsations de la surface stellaire engendreraient-elles des ondes électromagnétiques? Le modèle le plus intéressant s'apparente au mécanisme des émissions radioélectriques du Soleil. La surface pulsative crée tout d'abord une *onde de choc* dans l'atmosphère raréfiée de l'étoile; cette onde de choc accélère à de grandes vitesses les électrons atmosphériques environnant l'étoile. Enfin, les électrons produisent les ondes radioélectriques lorsque l'onde de choc pénètre le plasma de la *couronne stellaire*. Le rythme des impulsions radioélectriques serait chronométré par la pulsation de la surface.

Cependant, comme vous l'imaginez peut-être, un problème de concordance surgit entre la théorie et l'observation. Les calculs indiquent que les étoiles neutroniques auraient un rythme de pulsation trop rapide (1 milliseconde), tandis que les naines blanches seraient trop lentes (1.6 seconde au minimum). Toutefois, si on admet que les naines blanches pour maintenir leur équilibre, peuvent jouir d'une rotation rapide, le modèle peut être sauvé; une période de pulsation beau-

coup plus courte (de l'ordre de 0.1 seconde) peut leur être attribuée. Les naines blanches en question auraient en leur centre des densités extrêmes de 10 000 à 100 000 tonnes/cm<sup>3</sup>.

### Panoplie de modèles

Bien d'autres théoriciens rivalisant d'élégance et insatisfaits du modèle précédent, ont tenté d'expliquer les pulsars. La formule « lanterne cosmique » s'est révélée bien populaire. Elle se présente sous bien des visages et s'acharne à expliquer la fréquence et l'extrême régularité des impulsions émises par les pulsars. Un modèle proposé par J. P. Ostriker décrit une naine blanche en rotation rapide et dotée en surface d'un centre d'émission d'ondes radioélectriques; orienté de façon appropriée, ce centre pointerait dans notre direction un faisceau d'ondes radio avec une période égale à celle de sa rotation, soit environ 1 seconde. Ce modèle rotatif présente de grandes difficultés car des étoiles tournant à cette vitesse risquent de voler en éclats. Néanmoins, une étoile neutronique pourrait révolutionner jusqu'à 600 tours par minute avant d'être réduite en pièces par les forces centrifuges.

Admettant qu'une étoile neutronique puisse s'entourer d'un champ magnétique très puissant, une magnétosphère s'agripperait solidement à l'étoile même à de grandes distances malgré la rotation ultra-rapide. A la périphérie de l'enveloppe magnétique, où le plasma cède finalement à la force centrifuge, naîtraient des faisceaux d'ondes électromagnétiques très directionnels; dirigés exactement vers la Terre, nous pourrions capter les impulsions correspondantes. Toutefois, la nécessité d'une orientation exacte restreint lourdement la fréquence du phénomène.

On sait que la Relativité générale d'Einstein prévoit l'incurvation des rayons lumineux dans un champ gravitationnel. Aussi, le champ gravitationnel très puissant dont s'entourent les étoiles neutroniques permet d'envisager

### Caractéristiques des « pulsars »

Nom	Période des impulsions (sec)	Distance approximative (parsecs) *
CP 0834	1.2737642	128
CP 0950	0.253065	30
CP 1133	1.18790928	49
CP 1919	1.33730113	126
CP 0328	0.714518563	268
CP 0808	1.29224126	58
HP 1506	0.739677626	196
PSR 1749	0.5626451	509
PSR 2045	1.9616633	114

\* 1 parsec : 3.26 années-lumière (notre galaxie a un diamètre d'environ 30 000 parsecs).

un couple de celles-ci en révolution rapide l'une autour de l'autre; elles joueraient le rôle de lentilles gravitationnelles d'ondes radioélectriques; ces champs focaliseraient périodiquement le faisceau d'ondes vers la Terre. Ce modèle comme les autres souffre de restrictions difficiles à contourner dans la physique actuelle.

En somme, tous les modèles demeurent bien loin de la perfection et il faut admettre que les pulsars demeurent après une année de recherches de grands inconnus. Il faut garder patience car huit années de travail n'ont pas encore suffi à élucider les mystérieux *quasars*. Que sera le prochain « X-ar » ?

### Bibliographie

- CAMERON, A.G.W., MARAN, P.M. The Enigmatic Pulsars, Facts and Interpretation, *Sky and Telescope*, juillet 1968, pp. 4-9.
- HEWISH, Anthony. Pulsars, *Scientific American*, octobre 1968, pp. 25-35.
- MARAN, P.M., CAMERON, A.G.W. Pulsars, *Physics Today*, août 1968, pp. 41-49.
- ROY, Jean-René. Les Quasars; Les nouvelles astronomies découvrent les radiogalaxies. *Le Jeune Scientifique*, novembre 1968, vol. VII, no 2, pp. 34-39; octobre 1967, vol. VI, no 1, pp. 2-7.

# La parthénogenèse ou la reproduction sans fécondation

par Bernard J. R. Philogène

C'est au printemps de 1740 que Charles Bonnet révélait au monde scientifique la découverte de la parthénogenèse chez les pucerons. C'était la première fois qu'un savant affirmait la première exception connue à la reproduction bisexuée. Le phénomène ne tarda pas à être vérifié par des biologistes aussi renommés que Tremblay, Lyonnet, Bazin et surtout Réaumur. Certains historiens cependant, ne sont pas prêts à allouer la découverte de la parthénogenèse à Bonnet. Ainsi, Joseph Needham (1959) écrit que Bonnet confirma en 1745 la découverte faite en 1702 par Leeuwenhoek, chez les pucerons également. Plus prudent, Taylor (1963) dira que Leeuwenhoek avait observé la présence de jeunes pucerons dans le corps de la mère, mais avait hésité à parler d'une chose « aussi impossible que la parthénogenèse ». Quoiqu'il en soit, Bonnet fut le premier à vraiment observer et expérimenter avant de proclamer qu'il avait découvert la reproduction asexuée chez les pucerons, ou plus exactement le développement d'un oeuf sans qu'il y ait eu fécondation. C'est à Richard Owen, toutefois, que l'on doit le terme parthénogenèse.

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

### L'oeuvre de Bonnet

Né de parents riches à Genève, le 13 mars 1720, Charles Bonnet semble avoir toujours vécu en Suisse. Ses parents avaient fui la France à cause de la persécution contre les Huguenots. A 23 ans Bonnet recevait un doctorat en droit. Aussi bizarre que cela puisse paraître, il développa un intérêt pour les sciences naturelles au cours de ses études de droit. Il devint bien vite un disciple du grand Réaumur, l'auteur de « *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* ».

Charles Bonnet s'intéressa principalement à la biologie des insectes, s'attachant particulièrement à observer le comportement et le développement des pucerons. La phase expérimentale de son oeuvre ne dura cependant que 14 ans, car les multiples et intenses observations de ces minuscules insectes que sont les Aphididés eurent graduellement raison de sa vue. Il ne disposait pas alors de l'équipement de précision dont on se sert aujourd'hui. Ce lourd handicap ne ralentit cependant pas l'activité de l'auteur du « *Traité d'Insectologie* » (1745). C'est dans cet ouvrage, du reste, que Bonnet présenta en détail ses travaux sur la parthénogenèse. On lui doit de nombreuses publications scientifiques et philosophiques. Il suffira de mentionner ici: « *Considérations sur les Corps*

Organisés » (1762), et « Oeuvres d'Histoire Naturelle et de Philosophie » (1779). Charles Bonnet s'éteignit à Genève en 1793.

On peut certainement considérer les travaux de Bonnet sur les pucerons comme son oeuvre expérimentale maîtresse. Et si l'on souligne qu'il n'avait que 20 ans lorsqu'il s'attela au problème, cela donne encore une autre dimension à son intelligence et à son ingéniosité.

Le 20 mai 1740, le savant suisse place une tige de fusain dans un tube contenant de l'eau et dépose le tout dans un vase à fleur. Sur une des feuilles il dépose un puceron femelle né d'un individu non-ailé devant ses propres yeux. Il couvre alors le tout d'une cloche en verre de façon à prévenir tout contact possible avec un individu mâle. Bonnet entreprend d'observer le puceron ainsi isolé d'heure en heure, de 4 ou 5 heures du matin à 9 ou 10 heures du soir. Toutes les observations qu'il fait alors sont soigneusement rapportées dans un journal.

Le puceron mue 4 fois et donna naissance à 95 rejetons vivants entre le 1er et le 21 juin. De ce nombre, Bonnet ne put observer la naissance que de 29 individus. Il remarqua d'autre part, qu'une fois tous les pucerons nés, le ventre de la mère, d'arrondi et distendu qu'il était avait pris une forme aplatie et triangulaire.

L'Académie Royale des Sciences à qui Bonnet avait fait part de sa découverte, lui demanda de recommencer ses expériences avec deux femelles de la même espèce. Bonnet se remit donc à l'oeuvre, et rapporta par la suite qu'une des femelles avait donné naissance à 90 pucerons en 16 jours, alors que l'autre en mit au monde 43 en 18 jours. Le biologiste Abraham Tremblay, cousin de Charles Bonnet, ayant exprimé quelques doutes quant aux résultats obtenus, ce dernier s'attela à une autre expérience. Cette fois il éleva 4 générations successives de pucerons sur du sureau, maintenant toujours les conditions initiales d'isolement. Bonnet se mit ensuite à élever des pucerons d'espèces différentes pour bien prou-

ver que la parthénogenèse n'est pas un phénomène isolé caractéristique d'une seule espèce.

### Connaissances actuelles

De nos jours on sait qu'il y a plusieurs formes de parthénogenèse. On peut tout d'abord souligner que le phénomène peut être sporadique ou constant, suivant les espèces, et de plus, qu'il ne se limite pas aux insectes. Il a aussi été démontré que des individus hermaphrodites (ayant les deux sexes) peuvent être présents dans des populations généralement parthénogénétiques. C'est le cas de *Icerya purchasi*, la cochenille des orangers et des citronniers. Dans une même espèce on peut également trouver deux types de femelles à reproduction asexuée: un type pondant des oeufs haploïdes (ayant la moitié du nombre normal de chromosomes) tandis que l'autre type pond des oeufs diploïdes (nombre normal de chromosomes).

La parthénogenèse sporadique se retrouve chez les sauterelles, les mouches à scie, les abeilles. Dans ces deux derniers cas, lorsque l'oeuf n'est pas fécondé, il produit un mâle. Chez les sauterelles on a observé que les femelles issues d'une reproduction parthénogénétique vivent trois fois plus longtemps que les individus issus d'une reproduction bisexuée.

Il est possible de classer la parthénogenèse comme suit:

A— Suivant la régularité du phénomène:

1. Sporadique: exemples: les Lépidoptères, les Acridiens;
2. Normale ou régulière:

a) facultative: fécondation ou absence de fécondation; ex. les abeilles;

b) obligatoire: tous les oeufs d'une génération donnée ne sont pas fécondés:

(I) aucun oeuf fécondé: les mâles sont très rares ou n'ont jamais été observés; ex. certains Coccidés et Phasmidés;

(II) cyclique: alternance de reproduction

bisexuée et de parthénogenèse; ex. les pucerons.

B— Suivant les sexes:

1. Arrhénotoque: toute la progéniture est de sexe mâle; ex. les mouches à scie lorsqu'il n'y a pas eu fécondation;
2. Thélytoque: toute la progéniture est de sexe femelle; ex. les pucerons à un certain stade de leur développement;
3. Amphitéroque: la progéniture comprend les deux sexes; ex. les pucerons lorsqu'ils donnent naissance à des individus ailés.

Une troisième catégorie a également été avancée, basée sur le phénomène de la méiose, mais elle dépasse le niveau de cet article.

On voit donc que nos connaissances ont fait de grands progrès depuis les travaux initiaux de Charles Bonnet. Il ne faut cependant pas oublier que si le savant suisse, à l'époque, avait eu à sa disposition les techniques qui nous sont familières aujourd'hui, il aurait peut-être ouvert la porte à d'autres aspects du phénomène complexe de la reproduction. Bonnet fut non seulement le premier à prouver que la fécondation n'est pas universellement nécessaire pour assurer la survivance de l'espèce à un niveau élevé de l'évolution, mais aussi que les insectes sont les animaux chez qui la parthénogenèse est le plus fréquent. D'autre part il fut un de ceux qui ont démontré la maniabilité et l'importance des insectes dans l'expérimentation biologique.

### Bibliographie

- CAULLERY, M. 1964. *Les Etapes de la Biologie*. Que Sais-je? No. 1. P.U.F. Paris.
- NEEDHAM, J. 1959. *A History of Embryology*. Abelard-Schuman. New York.
- ROSTAND, J. et A. TETRIE. 1962. *La Vie*. Librairie Larousse. Paris.
- TAYLOR, G.T. 1963. *The Science of Life*. McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
- SHARMA, M.L. *La parthénogenèse naturelle et expérimentale chez les animaux*. Le Jeune Scientifique, vol. V, no 6, mars 1967, pp. 132-135. La Rédaction.

L'histoire de la civilisation est remplie de toutes sortes de fausses croyances au sujet des orages électriques et de la foudre. Ces croyances remontent souvent très loin dans l'histoire de l'humanité, vestige de cette peur innée en face d'un phénomène mystérieux aussi éclatant et bruyant que la foudre.

Des gens croient que les animaux attirent la foudre, d'autres craignent de laisser les fenêtres et les portes ouvertes durant un orage de peur que toute l'électricité atmosphérique s'engouffre chez eux.

Rappelons qu'il y a une grande circulation de courants électriques entre l'atmosphère et la Terre. Ne se chiffrant qu'à quelques millièmes de millièmes d'ampère par mètre carré de surface ( $10^{-12}$  amp/m<sup>2</sup>), ce courant positif (des ions positifs quittent l'atmosphère pour pénétrer la surface terrestre) prend à l'échelle du globe des proportions gigantesques, soit un courant continu de 1800 ampères. La différence de potentiel entre la surface et la haute atmosphère (50 km d'altitude) étant de 400 000 volts, la puissance développée est de 700 000 000 de watts! L'atmosphère est donc une centrale électrique extrêmement active.

Enfin, des originaux s'établiront à un endroit où la foudre a déjà frappé convaincus qu'elle ne peut percuter au même endroit plus d'une fois. Quoique de temps à autre, une personne soit foudroyée, ce genre d'accident est très rare. Au Canada, vous avez une « chance » sur un million d'être frappé par un éclair, tandis que les probabilités que vous montiez dans une auto sans en sortir vivant sont 200 fois plus considérables. La foudre est semblable au chien qui aboie jusqu'à arracher la chaîne qui le retient: les apparences sont plus tapageuses que la réalité.

Neuf éclairs sur dix sont des décharges à l'intérieur du même nuage ou entre deux nuages, et le seul qui frappe la surface produit rarement des dommages ou blessures considérables. Il reste que chaque année quelques personnes meurent foudroyées, et plusieurs s'interrogent encore sur la nature du crépitement bruyant des orages électriques.

---

L'auteur, Jean-René Roy, B. Péd., est étudiant en physique, B. Sc. IV, à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal. Les dessins sont de Mariette Chagnon, Montréal, terminés par Claude Forest de Joliette.

## La Foudre et ses véritables dangers

### Les mécanismes de la foudre

On estime qu'il aurait environ plus d'un milliard d'orages électriques en action à n'importe quel moment du jour. Les orages constituent le phénomène normal par lequel l'atmosphère évite de devenir chargée négativement par rapport à la surface; nous avons vu au début, qu'il y avait partout sur la Terre un courant positif bien humble de  $10^{-12}$  ampère/m<sup>2</sup>. C'est la foudre qui apporte dans un tapage infernal l'excès de charges négatives afin de neutraliser l'atmosphère. Les orages électriques rechargent la Terre des 1800 ampères dont se débarrassent les régions de beau temps. Le potentiel électrique atmosphère-Terre conserve ainsi son équilibre.

L'orage évolue de façon complexe, et sa compréhension fait appel à la fois à la météorologie, à l'électrostatique et à la thermodynamique. Les orages sont des engins thermiques utilisant pour leur fonctionnement la vapeur d'eau. Le nuage typique de l'orage est le *cumulonimbus*; entre son sommet et la surface de la Terre, la différence de potentiel peut atteindre 100 millions de volts, dépassant de beaucoup les 400 000 volts du temps ensoleillé.

Les charges électriques se sont accumulées à différents niveaux du nuage, et lorsque pour une portion du nuage cette accumulation devient trop considérable, la décharge s'amorce. Que se passe-t-il exactement lorsqu'on aperçoit un éclair zigzaguer brutalement dans le ciel? Nous savons que les électrons concentrés dans le nuage sont accélérés vers la Terre par une différence de potentiel de l'ordre de plusieurs dizaines de millions de volts. Il y a rupture de la résistance de l'air sous la puissance du champ électrique, c'est-à-dire *claquage* de haut voltage.

### Autopsie de l'éclair

Ce que nous allons décrire se déroule dans un temps extrêmement bref — de l'ordre d'une demi-seconde.

Tout d'abord, au moment du claquage, une *flèche d'électrons* se précipite vers le sol par bonds successifs, tout en ionisant l'air, c'est-à-dire en rendant les molécules de l'air chargées. Ce premier éclair dévalant à une vitesse de 50 000 km/sec et très faible en intensité lumineuse, est appelé *décharge-guide* ou *leader*. Il ne parcourt pas plus de 50 mètres à la fois dans sa descente; entre chaque bond, il s'arrête pendant environ 50 millièmes de seconde. Après chaque *pause*, un autre pas est franchi, puis arrêt, et ainsi de suite jusqu'au sol. Les photographies font apparaître des ramifications multiples dans le ciel qui représentent la recherche du chemin d'ionisation offrant le moins de résistance au passage de l'électricité. Le *canal ionisé* ainsi préparé par la décharge-guide est rempli d'électrons et il peut mesurer en diamètre jusqu'à 30 centimètres.

Dès que cette colonne d'ions négatifs touche le sol ou plutôt un objet de petite surface (la pointe d'un paratonnerre, le sommet d'un grand arbre, le clocher d'une église) apparaît un énorme canal conducteur où une partie de la charge négative du nuage s'est déjà engloutie.

Les électrons, premiers arrivés au bas de l'éclair-guide sont les premiers à dégringoler tout en laissant derrière eux des charges positives; ces dernières à leur tour, attirent plus de charges négatives provenant d'endroits de plus en plus élevés dans la colonne conductrice qui se vide rapidement et libère une grande énergie. Un éclair très puissant surgit alors de ce flot d'électrons: c'est la *décharge de retour*, qui constitue l'éclair principal qui nous éblouit si fortement durant un orage; l'éclair de retour ne représente que le paroxysme d'un processus assez compliqué. D'autre part, suivant le mécanisme de décharge, l'éclair de retour va *de bas en haut*, et non du nuage à la Terre comme on le croit communément! Cette décharge est accompagnée d'un tapage assourdissant, le *tonnerre*. Le bruit provient de la chaleur libérée par l'éclair de retour qui dilate brusquement l'air environnant;

cette expansion soudaine a un effet explosif sonore assez impressionnant parfois; l'effet est semblable à celui du « bang » supersonique. C'est le moment où les gens sortent les cierges pour dissimuler cette crainte immémoriale de la colère vengeresse du Zeus de l'Olympe. Le courant déversé à la Terre peut atteindre 10 000 ampères et une charge de 20 coulombs.

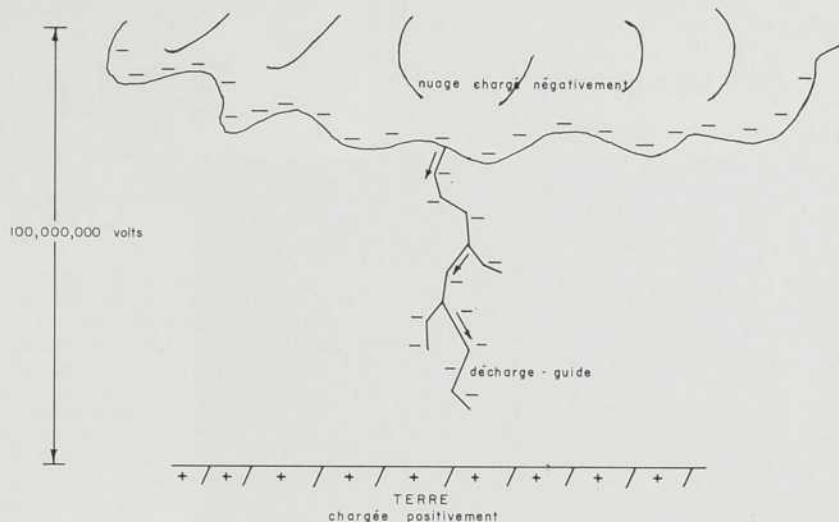
Mais ce n'est pas la fin. Après quelques centièmes de seconde, lorsque l'éclair principal de retour s'est évanoui, une autre décharge-guide emprunte la même voie vers la Terre, mais cette fois-ci sans aucun arrêt. C'est l'éclair noir, car sa luminosité est faible. « La même voie », parce qu'il y a encore assez de débris ionisés pour en faire une voie très carrossable pour les électrons. La nouvelle décharge-guide crée de nouveau un canal conducteur rempli d'électrons et — zing! un puissant éclair de retour strie le ciel jusqu'au nuage. L'éclair peut ainsi se répéter dans la même colonne jusqu'à 40 fois en rapide succession.

Précisons que lorsque l'éclair-guide s'arrête à quelques centaines de mètres du sol, il y a tendance à ce qu'une décharge simultanée jaillisse quelque part d'un objet survolté au sol pour aller poliment à sa rencontre. C'est un effet de claquage de haut voltage auquel sont très sensibles les objets pointus par exemple placés dans un champ de potentiel très élevé.

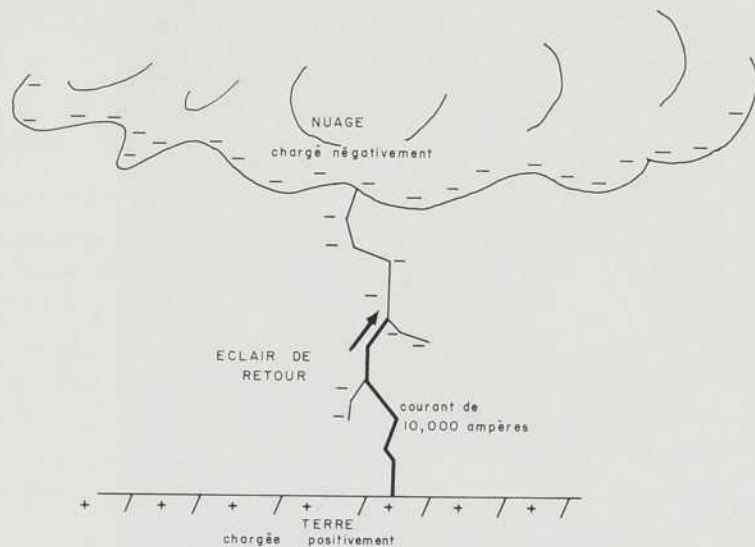
Au moment où la foudre frappe un objet, il y a accumulation superficielle de charges électriques de même signe; or, des charges électriques de même signe se repoussent. Cette répulsion électrostatique a des effets aussi curieux que de faire voler en éclats l'écorce des arbres atteints ou de déshabiller la personne frappée!

### Les dangers

Jetons maintenant un coup d'oeil sur quelques préjugés au sujet de la foudre. Tout d'abord durant un orage, il vaut mieux fermer portes et fenêtres pour la seule raison... d'empêcher l'eau de rentrer. Un grand arbre à la campagne peut offrir un bon abri contre la pluie, mais rappelez-vous que c'est aussi une cible de premier choix pour la foudre. Des animaux sont parfois foudroyés pour avoir cherché refuge sous un orme majestueux dans la prairie. Si vous conduisez votre automobile durant un gros orage, n'ayez aucune crainte; demeurez à



Le schéma ci-haut montre la formation de la décharge-guide et des ramifications.



Ce dessin montre comment l'éclair principal, *décharge de retour*, emprunte le canal conducteur tracé par la décharge-guide et jaillit du bas vers le haut.

l'intérieur car votre voiture forme une cage en métal où aucun champ électrique n'a tendance à se développer. Ne sortez pas, surtout si la pluie est très forte; vous risquez de vous tremper jusqu'aux os. Toutefois, arrêtez votre moteur si vous ne voyez plus la route. Quant à la foudre, contemplez-la.

A ceux qui croient que la foudre ne frappe jamais deux fois au même endroit, il faut leur apprendre que l'Empire State Building à New York a déjà été frappé 9 fois en 20 minutes, et lorsqu'ils voient un éclair puissant, ils assistent en fait à 40 décharges de foudre au même endroit en une seconde.

### Bibliographie

- CLAUSSE, Roger, et L. FACY. *Les nuages*, Ed. du Seuil, Paris, 1959, 189 pages.
- COULOMB, J. et R. LOISEL. *La physique des nuages*, A. Michel, Paris.
- FEYNMAN, R. *The Feynman Lectures on Physics*, Tome II, Addison-Wesley, 1964.
- Ceux qui s'intéressent à l'évolution des croyances au sujet de la foudre pourront consulter cet ouvrage:
- WHITE, A. D. *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom*, Tome I, pp. 323-372, édition DOVER 1960 de l'original paru en 1896.

## 2- La photographie des plantes

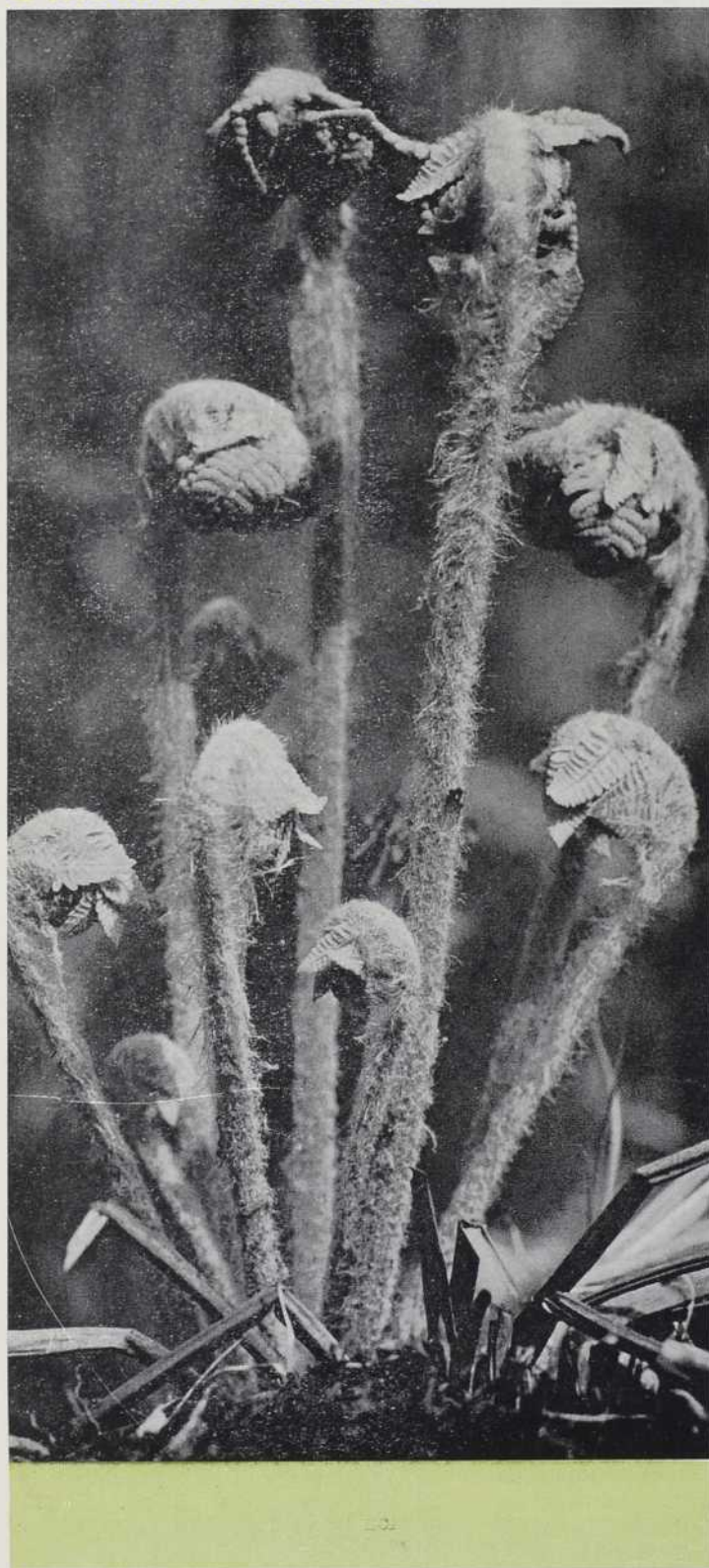
par Louis-P. Coiteux

### Introduction

La photographie des plantes est l'un des domaines les plus accessibles au photographe débutant comme au plus averti. Les plantes sont là, à notre portée; chaque saison, chaque heure du jour fournissent un bel exemple de perpétuel renouvellement. Chacun de ces moments est l'occasion de saisir sur pellicule un bourgeon qui s'ouvre, un fruit mûr qui éclate, une brindille desséchée transperçant la croûte glacée d'un hiver froid et aride, etc.

Cependant, s'il est relativement facile de produire un document en couleurs naturelles, la transposition des verts et des bruns en une gamme de tons gris demande une toute autre habileté. C'est pourquoi, dans ce court exposé, nous dévoilerons les secrets qui permettent à l'amateur de vaincre les difficultés qui le guettent dans la photographie des plantes *en noir et blanc*, sachant bien que le passage à la couleur sera ensuite un simple jeu d'enfant.

Avant de nous engager directement dans le sujet, nous désirons formuler une remarque concernant la photographie scientifique



---

L'auteur du texte et des photographies, Louis-Philippe Coiteux, Lic. Ens. Sec. (Biologie), est administrateur du Centre audio-visuel de l'Université de Montréal et chargé de cours au Département des Sciences pédagogiques de la même université.

**Photo 1** (ci-contre) : crosse de fougère, avec un appareil Hasselblad, bague-allonge 21 mm et lentille 250 mm, vitesse 1/125, ouverture f. 11.

en général. Pour qu'un spécimen zoologique ou botanique mis en collection ait une valeur documentaire réelle, il importe qu'on connaisse la date de sa récolte, sa provenance et son habitat. Il en est de même pour toutes les photographies à caractère scientifique. Les photographes sont peut-être enclins à négliger ce point important. De plus, pour permettre un examen ou une critique des résultats — au point de vue photographique — il est important d'ajouter les détails techniques qui ont permis la prise de vue, si l'on veut constituer une référence complète. Voici le modèle d'étiquette que j'utilise, sur une estampe en caoutchouc (1 3/4 x 3 pouces); je note alors ces renseignements dans un calepin, sur le terrain, sur les enveloppes des négatifs et au verso des épreuves conservées dans le classeur.

Sujet : .....  
 Date : ..... Endroit : .....  
 Appareil : ..... Lentille : .....  
 Filtre : ..... Flash : .....  
 Vitesse : ..... Ouverture : F/ .....  
 Négatif no : .....

Dans cet article, nous traiterons successivement de ces sujets: l'appareillage, le choix des spécimens, le choix du point de vue, l'étude de l'arrière-plan, l'éclairage du sujet, l'emploi de filtres et la prise de vue.

### Appareillage

Dans le premier article, nous avons conseillé un appareil 135, de type reflex mono-objectif. Il s'agit maintenant de l'équiper d'une lentille appropriée. Les meilleures photographies de plantes exigent, à mon avis, un téléobjectif moyen d'une longueur focale de 105 à 180 mm. La faible profondeur de champ de ces lentilles permettra d'obtenir des plans nets sur un arrière-plan flou. De plus, au lieu d'un téléobjectif normal, je préfère travailler avec une lentille à monture courte montée sur un banc à soufflet. Avec un tel ensemble on peut facilement réussir des gros plans sans devoir s'approcher près du sujet. La perspective est également meilleure que celle obtenue avec une lentille

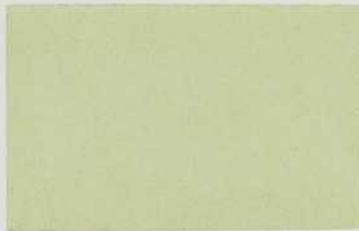


Photo 2

La composition de cet ensemble a été soigneusement étudiée; le champignon de droite qui poussait à quelques pouces des deux premiers a été rapproché et placé sur le même plan. Pour obtenir un fond plus sombre, le photographe s'est placé entre le soleil et le sujet. De plus, on a utilisé un filtre rouge pour accentuer le contraste.

Référence : Coprin chevelu, Joliette, le 24 septembre 1960; appareil Linhof 2 1/4 x 2 1/4, lentille 135 mm, avec filtre rouge, vitesse 1/50, ouverture f. 8.



normale de 50 ou 55 mm munie de bonnettes.

### Choix d'un spécimen

On accordera toute son attention au choix du spécimen: une plante complète, bien représentative de son espèce. Pour la mettre en relief et en faire le centre de la composition, nous devons souvent modifier un peu la plante choisie, enlever quelques feuilles gênantes, élaguer les autres végétaux qui l'entourent. Quelquefois même l'amateur devra transporter la plante et son micro-milieu dans un endroit propice, mieux éclairé, ou même en laboratoire. (Dans un article ultérieur nous traiterons de la photographie en laboratoire). En reconstituant minutieusement le milieu naturel, le photographe doit cependant éviter des erreurs en changeant des éléments importants de « l'habitat ». La photo 2 montre une composition: le champignon de droite était éloigné du groupe et nous l'avons rapproché pour obtenir un meilleur arrangement.

### Etude de l'arrière-plan

Un arrière-plan mal choisi ou mal préparé peut gâter la meilleure photographie. Une fois la plante dégagée et mise en évidence, on enlève tout ce qui pourrait distraire à l'arrière-plan. Surtout en noir et blanc, le sujet doit ressortir nettement sur le fond. Si ce dernier est éclairé de la même façon que le sujet lui-même, la photographie sera terne et sans contraste. (Voir photo 3).

Voici quelques moyens d'obtenir un fond qui tranche sur le premier plan. On doit d'abord éviter un arrière-plan éloigné qui donne alors une teinte différente, surtout si des taches de lumière viennent ajouter des éléments de distraction. Nous conseillons d'interposer une personne ou un objet entre le soleil et l'arrière-plan: le photographe lui-même peut jouer ce rôle s'il travaille avec un trépied et un câble déclencheur souple. Souvent le ciel donne de très bons effets d'arrière-plan, ou encore des fonds artificiels, comme des cartons ou tissus de couleurs complémentaires à celles de la plante. Enfin, l'usage d'un filtre (voir plus loin) peut aussi favoriser le contraste de l'arrière-plan.



Photos 3, 4, 5

Cette série de photographies a été réalisée pour illustrer l'importance de l'arrière-plan dans une composition de ce genre. La première photo (à gauche), prise en plongée, laisse le sujet se confondre avec un fond pâle de même

éclairage. Dans un deuxième temps, l'appareil a été abaissé pour obtenir un fond ombragé sur lequel se détachent les fleurs, mais des taches de lumière viennent encore ajouter de la confusion dans la composition. Ce n'est qu'au troisième essai, à la photo 5, que le fond a pu être contrôlé; il a fallu alors trans-

planter nos sujets dans un endroit entièrement ombragé.

Référence : *Cypripède acaule*, Sherbrooke, 20 mai 1966; appareil Leica avec banc à soufflet et lentille 65 mm à monture courte, vitesse 1/125, ouverture f. 11.

### Choix du point de vue

Le photographe cherche maintenant à bien cadrer et à choisir le bon angle de prise de vue. Nous considérons ici qu'il est indispensable d'utiliser un trépied pour permettre de regarder dans le viseur, d'examiner attentivement le sujet, de regarder encore patiemment. Un œil critique discerne ici une feuille qui jette un reflet, là une brindille qui s'interpose entre le sujet et l'appareil, etc. Sans un trépied, il est pratiquement impossible de prévoir ces difficultés ou d'éviter des obstacles à une bonne photographie.

De préférence, on place l'appareil au même niveau que la plante choisie. Là encore le choix de l'arrière-plan intervient pour déterminer si on fera une photo en plongée ou en contre-plongée.

### Eclairage du sujet

L'éclairage naturel des plantes nous oblige à tenir compte de la

température. Un temps légèrement nuageux et sans vent donne les meilleurs résultats, tandis qu'une journée sombre ou trop ensoleillée risque d'apporter des photographies ternes ou trop claires. Il est cependant possible de réaliser de bons documents par beau ou mauvais temps.

Par temps ensoleillé on peut placer un écran (gaze de coton) entre le soleil et le sujet; par temps sombre, on peut utiliser soit un flash, soit un écran réflecteur formé par un papier aluminium ou par un simple carton blanc. (Dans un autre article, nous parlerons de l'usage du flash en photographie). — Un tel écran

réfléchit suffisamment de lumière pour éliminer les ombres trop vives. Un éclairage latéral contrôlé ou artificiel permet d'obtenir les meilleures photographies.

### Usage des filtres

L'emploi d'un filtre est souvent recommandé pour obtenir une variante ou une nuance dans le contraste. Pour pâler un objet ou un fond, l'amateur utilise un filtre de couleur identique à cet objet ou à ce fond; si, au contraire, il désire le rendre plus sombre ou plus foncé, il doit employer un filtre de teinte complémentaire. Le TABLEAU suivant peut aider le photographe à choisir le filtre

Couleur de l'objet à photographier	Filtre pour obtenir une teinte plus claire	Filtre pour obtenir une teinte plus foncée
Violet	Bleu	Vert, jaune, orange, rouge
Bleu	Bleu	Orange, rouge
Vert	Vert, orange	Bleu, rouge
Jaune	Vert, jaune, orange, rouge	
Orange	Jaune, orange, rouge	Bleu, vert-clair
Rouge	Rouge	Bleu, vert
Pourpre	Bleu	Vert
Rose (chair)	Rouge	Vert

adéquat. Notons cependant que ce tableau est utilisable seulement avec une pellicule noir et blanc panchromatique. L'usage de filtres colorés avec une pellicule en couleurs donnerait une diapositive ou une photographie entièrement teintée par la couleur du filtre employé.

### Prise de vue

Tout est maintenant en place: la plante est choisie, l'arrière-plan a été étudié, la lumière contrôlée; le photographe s'apprête à prendre le cliché. Autant que possible, nous recommandons une vitesse lente de façon à pouvoir assurer suffisamment de profondeur au champ pour englober toute la plante. Si le vent s'élève, il faut alors retarder la prise de vue ou augmenter la vitesse de pose, ou encore faire appel à l'éclairage du flash.

### Conclusion

Vous êtes maintenant en mesure de conclure que la réussite d'une bonne photographie de plante — ou de tout autre sujet — ne peut être due au hasard. L'amateur sérieux doit donc s'armer d'une patience à toute épreuve, faire montre d'un grand souci de la précision et du détail. Les résultats vont bientôt permettre au photographe lui-même de juger et de critiquer son application comme ses méthodes.

### En résumé

- Bien choisir son sujet.
- Surveiller attentivement l'arrière-plan.
- Les filtres accentuent le contraste entre le sujet et l'arrière-plan.
- La température idéale: temps légèrement couvert.
- Eviter la lumière directe, rechercher un éclairage latéral.
- Le trépied est indispensable.
- Noter les circonstances et les données techniques.

### Bibliographie

BLAKER, A. A., *A Handbook: Photography for Scientific Publication*, W. F. Freeman and Co., San Francisco, 1965, 158 p.

Photo 6 (à droite)

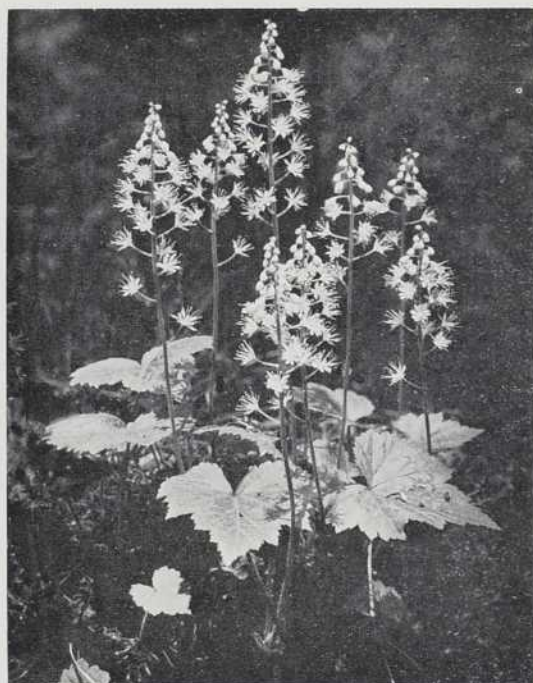
Le sujet est dans un sous-bois où la lumière est tamisée entre les arbres. Nous avons utilisé un filtre vert pour accentuer l'éclairage des feuilles. De plus, en jouant avec les taches d'ombre, nous avons pu obtenir un avant et un arrière-plan plus sombres.

Référence: Tiarelle cordifoliée, Sherbrooke, 16 mai 1967; appareil Hasselblad avec bague allonge 21 mm, lentille 80 mm, filtre vert, vitesse 1/125, ouverture f. 8.

Photo 7 (en bas)

Nous avons dû déplacer la branche de ce petit arbuste pour bénéficier d'un rayon de lumière naturelle se filtrant entre les arbres du bosquet. Cet éclairage discret et gratuit nous a donné ce résultat.

Référence: Chèvrefeuille du Canada, Sherbrooke, 2 mai 1967; appareil Hasselblad 2 1/4 x 2 1/4, avec lentille 80 mm, vitesse 1/125, ouverture f. 11.



BREHM, F. W. *Flower Photography*.

Extrait de « The Encyclopedia of photography » vol. 9, pp. 1540-1548; Greystone Press, N.Y., 1963.

FANSTONE, R. M. *Photographies dans les jardins*. Collection Photo-Guide Prisma, no 11, Ed. Prisma, Paris, 48 p.

HEADLEY, B. J. *Creative Close-up of Garden flowers*. Extrait de « The Fifth Here's How », Pub. Kodak, AE 87, pp. 11-25, Ed. Eastman Kodak, Rochester N.Y., 1967, 72 p.

JACOBSON, G. I. *Les filtres et votre*

appareil. Collection Photo-Guide Prisma, no 1, Ed. Prisma, Paris, 48 p.

KLUTE, J. *How to photograph wild flowers*. Extrait de « The Third Here's How », Pub. Kodak, AE 84, pp. 22-30, Ed. Eastman Kodak, Rochester N.Y., 1967, 72 p.

PIKE, O. G. *La nature et la photographie*. Ed. Prisma, Paris, 1947, 226 p.

SEDGWICK, P. J. *Botanical Photography*. Extrait de « The Encyclopedia of Photography », vol. 3, pp. 452-462, Ed. Greystone Press, N.Y., 1963.

# Les arcanes du cycle de l'eau

Le départ : l'océan et sa vapeur

Evaporation de l'eau à la surface des océans, condensation sous forme de gouttelettes de nuages emportés par les vents, précipitations sous forme de pluie (de neige, de grésil ou de grêle quand la congélation vient s'ajouter aux phénomènes), cheminement des eaux fluviales vers la mer... tel est le tableau schématique du cycle de l'eau qui permet la vie sur la terre, tout en commandant les caprices du temps.

En réalité, les molécules d'eau extraites par évaporation des océans et de toutes les surfaces liquides du globe, peuvent participer à des milliers, voire à des millions, de changements de phase avant de retourner à leur milieu d'origine : tantôt vapeur invisible dans l'air limpide, tantôt gouttelette de brouillard que le soleil dissipera, de nouveau gouttelette de nuage ou de cristal de glace qui souvent s'évanouira à son tour pour se reformer, peu après ou bien plus tard et beaucoup plus loin; tantôt enfin, infime partie de gouttelette de pluie ou de cristal de neige qui, devenue suffisamment importante, tombera jusqu'au sol pour achever le cycle... à moins que les ardeurs du soleil qui suit l'averse n'évaporent, sans plus attendre, cette eau arrivée jusqu'au terme de son cycle ou encore qu'absorbée par la végétation, celle-ci ne la « transpire » et la renvoie vers l'atmosphère, et alors tout est à recommencer.

## dan s l'atmosphère

par Roger Clausse

Revenons pourtant sur la mer, car l'ensemble des océans qui couvrent les  $\frac{3}{4}$  du globe, fournit 85 % de l'eau atmosphérique.

Aux heures chaudes et ensoleillées, le soleil fournit quelque 15 000 calories par minute et par mètre carré de la surface liquide; ce qui, à raison de 600 calories utilisées par gramme d'eau évaporée, permet, en principe, l'évaporation de 25 grammes d'eau de mer; cependant, une partie de cette énergie calorifique est utilisée pour réchauffer les premiers mètres de la couche marine et, indirectement, la base de la couche inférieure de l'atmosphère; ce qui, d'ailleurs, contribue à l'évaporation.

Tant que l'air en contact avec l'océan ne sera pas saturé, l'évaporation se poursuivra. Or, cette limite de la saturation, autrement dit le nombre maximal de molécules d'eau-vapeur que l'air peut contenir par unité de volume, est d'autant plus grand que la température est plus élevée. Ainsi, l'air des régions tropicales pourra contenir beaucoup plus de vapeur d'eau, tout en restant limpide, que l'air des régions polaires. Deuxième conséquence, ou plutôt corollaire, de cette loi : de l'air chaud contenant une certaine quantité de vapeur, par exemple 10 grammes de vapeur par kilogramme d'air humide à 15°, sera sursaturé à 10°, température à laquelle il ne pourra contenir que 7,5 grammes. En réalité, les 2,5 grammes en excédent sont re-

turnés à l'état liquide, sous forme de gouttelettes.

### Première difficulté : gouttelettes : la réunion des molécules

Pour que le phénomène de la condensation se produise, il est nécessaire que les molécules d'eau-vapeur en excédent puissent se réunir. Et le processus n'est pas aussi simple qu'on peut l'imaginer.

Ces molécules, en effet, dans leur agitation désordonnée, se heurtent de façon incessante aux molécules des autres gaz constituants de l'air, azote et oxygène en particulier, bien plus nombreuses que les molécules d'eau-vapeur. Les parcours de ces dernières sont, par suite, très limités et leurs rencontres en nombre suffisant pour former un embryon de gouttelette, fort improbable.

La réunion de centaines de molécules n'est possible que si un support, véritable « piège à molécules », retient chacune de celles qui viennent le frapper jusqu'à ce que de nombreuses autres fassent de même. Ce support, généralement présent en tous lieux, en d'innombrables exemplaires,

L'auteur, Roger Clausse, est Ingénieur en chef à la Météorologie Nationale de France et membre du Conseil de l'Association des Ecrivains scientifiques de France. Les illustrations, fournies par l'auteur, proviennent de la Météorologie Nationale de France.



Fig. 1. (à droite). La vapeur d'eau, invisible, dispersée par le vent au-dessus de la mer.

est appelé *noyau de condensation*: infime poussière ou minuscule cristal de sel marin arraché aux embruns et que les vents emportent très loin, jusque sur les continents, avec la vapeur d'eau.

Nous admettrons, au mieux des choses pour que le cycle de l'eau se poursuive, que ces vents prennent en charge la vapeur d'eau prélevée aux océans assez rapidement afin que les molécules d'eau-vapeur ne s'accumulent pas au point de leur formation, ce qui, dès que la saturation est atteinte, arrêterait le phénomène.

Il conviendra, cependant, qu'à un moment ou à un autre, cette saturation ait lieu pour qu'il puisse y avoir condensation de la vapeur en excédent et, par suite, formation de gouttelettes de nuages.

La masse d'air humide que nous suivons maintenant dans ses déplacements, contient donc une quantité donnée de vapeur d'eau inférieure au seuil de la saturation. Le seul moyen de lui faire franchir ce seuil est de refroidir suffisamment l'air pour que le nombre de molécules devienne trop grand pour la nouvelle température.

### Les procédés de refroidissement de l'air

Quels sont donc, dans l'atmosphère, les causes de refroidissement de l'air plus ou moins chargé d'humidité?

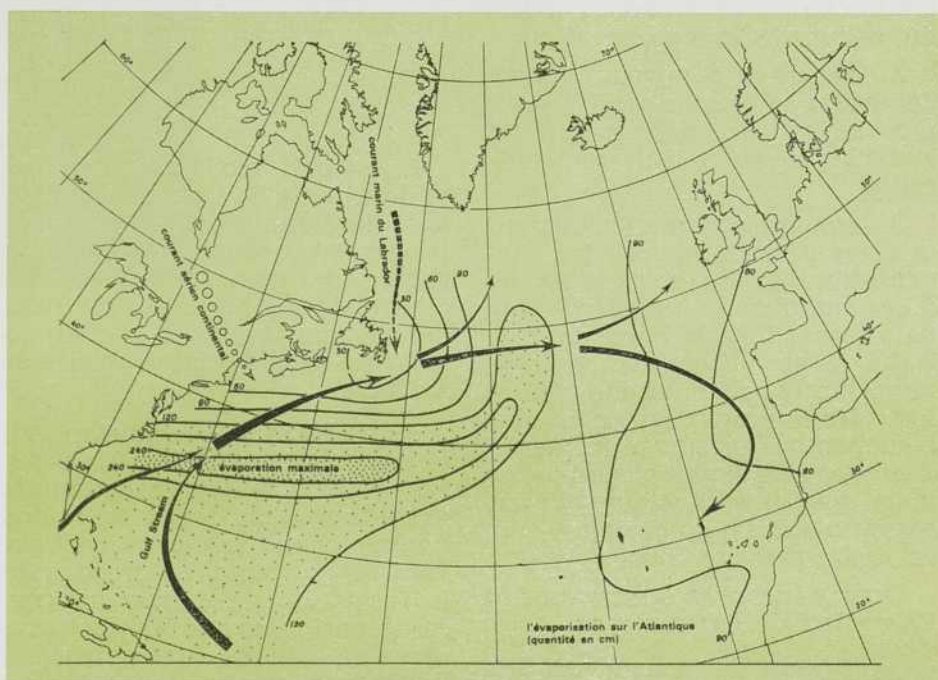


Fig. 2. L'évaporation sur l'océan Atlantique. On remarquera que le maximum a lieu près des côtes Est des Etats-Unis (240 cm), tandis que sur les côtes européennes, l'air refroidi et déjà chargé d'humidité ne permet plus qu'une évaporation minimale de 60 cm.

L'air, dans ses déplacements, peut entrer en contact avec une surface plus froide, comme le fait l'air humide et chaud d'une salle de bain sur les vitres où il dépose de la buée. C'est ainsi que l'air océanique, humide et chaud, arrivant sur les bancs de Terre-Neuve où la mer est froide, condense son excès de vapeur sous forme de brouillards denses et durables : les patrouilleurs qui surveillent la pêche y sont souvent

obligés de rameuter les chalutiers à l'aide de cornes de brume!

C'est aussi le cas de l'air refroidi sur place au cours des longues nuits claires d'automne, lorsque le sol perd un grand nombre de calories par rayonnement. La rosée ou le brouillard se forme dès que la température est assez basse.

Mais il existe un autre mode important de refroidissement de

l'air : la détente, c'est-à-dire une diminution de la pression, laquelle produit un abaissement important de la température.

Lorsque l'air, chauffé par contact avec le sol soumis au rayonnement solaire, s'élève (parce qu'il devient plus léger), il rencontre des couches de l'atmosphère où la pression est de plus en plus faible. Il se refroidit, du fait de la détente, de 1°C par 100 mètres de dénivellation s'il est sec et de 0°,6 C par 100 mètres s'il est saturé.

Au cours des belles journées d'été, l'ascendance de l'air se traduit par la formation de nuages dont la base correspond au niveau du début de la condensation.

Au-dessus de ce niveau, la condensation se poursuit tant que le mouvement ascendant persiste et que l'humidité de l'air est suffisante.

Si les conditions ne permettent que des ascendances et des condensations minimales, on a affaire à des cumulus de beau temps qui paraissent flotter dans le ciel. Dans le cas d'ascendances plus importantes et d'humidité plus forte, les cumulus deviennent plus menaçants : ils peuvent même devenir des cumulonimbus aux sommets glacés, producteurs d'averses ou d'orages. Le cycle de l'eau est enfin presque bouclé.

Deux remarques à propos de la formation de ces nuages :

— Le niveau de la condensation (altitude correspondant au point de rosée) est uniforme : la base de ces nuages est horizontale : ce que l'on peut constater quand ils sont alignés vers l'horizon ;

— Les courants ascendants qui les provoquent commencent à se manifester dans le courant de la matinée. Lorsque le sol est suffisamment chauffé et ils cessent dès que le soleil diminue son ardeur, le soir venu. A ce moment, les gouttelettes redescendent lentement vers le sol et s'évaporent. Le cycle de l'eau est interrompu, mais il reste parfois des bancs ap'atis de nuages que le soleil teinte de jaune ou de rouge.



Fig. 3. Cumulus de beau temps. Remarquer leurs bases horizontales.

Le second mode d'ascendance et de détente de l'air, plus important parce qu'il concerne de vastes régions, réside dans la rencontre de gigantesques masses d'air chaud et humide, provenant des régions tropicales et de masses d'air froid d'origine polaire ou arctique.

A leur surface de rencontre, l'air chaud, plus léger, s'élève au-dessus de l'air froid, provoquant la formation d'un vaste tourbillon où l'air chaud se détend en s'élevant et, par suite, en provoquant la formation de masses nuageuses importantes que les photographies de satellite font apparaître nettement.

Véritable collection organisée de la plupart des espèces de nuages, ces *systèmes nuageux* comportent : des nuages glacés, situés à des niveaux élevés (6 à 8 km) ; des nuages en couches, minces d'abord, puis de plus en plus épaisses, d'où tombe finalement la pluie.

Puis arrivent des nuages isolés, très développés verticalement, provoqués par l'air froid qui vient rattraper l'air chaud, à l'arrivée du tourbillon : ce sont les nuages d'averse et de grains, parfois d'orage.

Ce processus de *détente synoptique*, qui affecte des régions de l'ordre de la France et même beaucoup plus, est responsable des vastes « perturbations » qui apportent les pluies durables et importantes. C'est vraiment le phénomène décisif du retour de l'eau à la terre, la phase finale — ou presque — du cycle de l'eau.

### L'impossible goutte de pluie

Mais, ici encore, les phénomènes ne sont pas aussi simples qu'on l'imagine.

La constitution d'une goutte de pluie, assez lourde par rapport à sa surface pour qu'elle puisse tomber jusqu'au sol, nécessite la réunion de millions de gouttelettes de nuages de quelques microns de diamètre.

Or, ces gouttelettes, très espacées eu égard à leurs dimensions, présentent une certaine répugnance à fusionner : à l'échelle microscopique des phénomènes en cause, la surface même des éléments constitue une barrière quasi infranchissable.

On notera, au passage, que ces minuscules gouttelettes de nuage ne tombent que très lentement vers le sol : à une vitesse de l'ordre de quelques mètres à l'heure ; ce qui explique que le moindre



Fig. 4 (en bas). Schéma et coupe d'une « perturbation ».

Fig. 5 (à gauche). Nuages d'une perturbation disposés en « tourbillon » (au milieu de la partie droite du cliché on remarque, en noir, la Bretagne).

courant suffice à les maintenir en suspension. C'est, là encore, un phénomène qui n'obéit pas aux lois courantes de la physique; en l'occurrence à celle de la chute des corps.

L'atmosphère déjoue cette difficulté de formation de la pluie grâce à un « biais » que le météorologue norvégien TOR BERGERON mit en lumière voici une cinquantaine d'années.

Les molécules d'eau s'échappent plus difficilement de la surface de la glace que de celle de l'eau. On dit que la glace présente une plus grande cohésion moléculaire que l'eau.

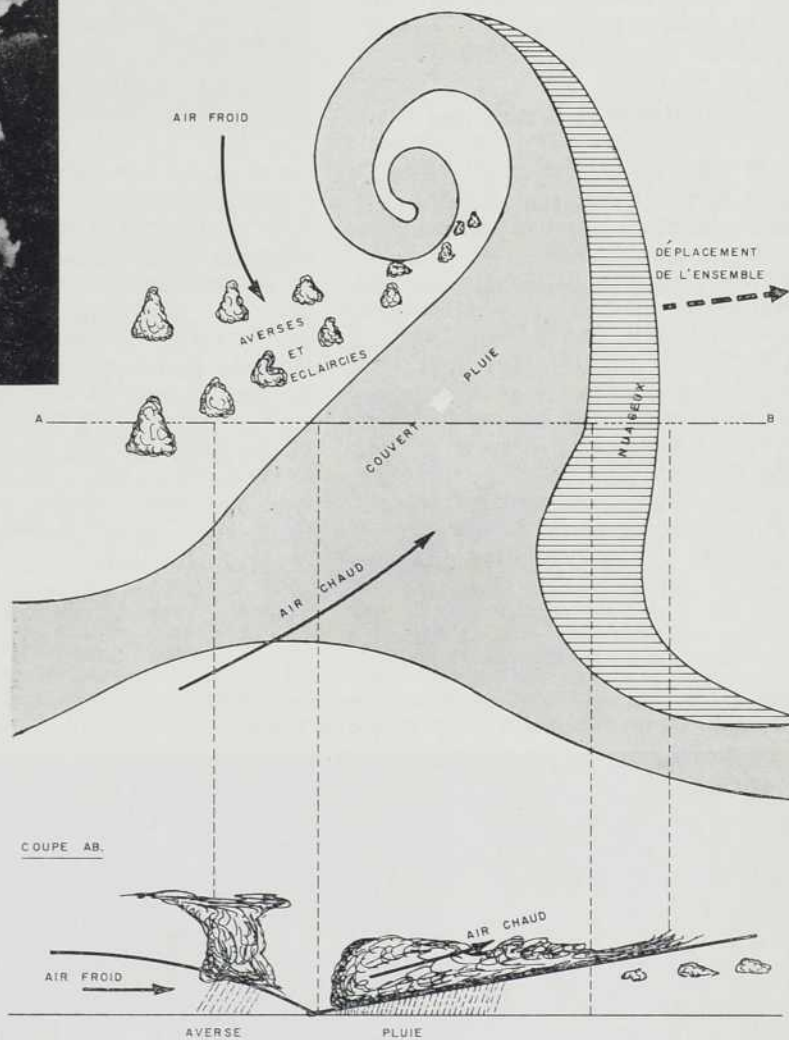
Pour des conditions identiques de température, de pression, de vent, il y aura donc moins de molécules libres autour d'un cristal de glace qu'autour d'une goutte d'eau. Si ces deux éléments sont rapprochés, dans une même région de l'atmosphère, il y aura « appel » des molécules libres vers le cristal (où elles sont peu nombreuses). Le nombre des molécules autour de la gouttelette diminuera, de telle sorte que celle-ci

en abandonnera (en s'évaporant) pour combler le vide.

Ainsi, peu à peu, la gouttelette va disparaître pour se porter, par l'intermédiaire de la phase vapeur, sur le cristal. C'est ce qui se produit dans la partie supérieure des nuages où les cristaux

présents grossissent au détriment de la vapeur d'eau environnante et des gouttelettes.

Lorsque les cristaux sont assez volumineux, ils tombent à travers le nuage, rencontrant des gouttelettes qu'ils captent au passage.



S'ils traversent des couches où la température est positive, ils fondent et deviennent gouttes de pluie; dans le cas contraire, ils s'agglomèrent et tombent en flocons de neige.

Bien que général dans nos régions, ce mode de formation de la pluie peut être complété (ou remplacé dans les régions tropicales) par la coalescence (ou réunion pure et simple des gouttelettes de nuage) lorsqu'un brassage violent de l'air nuageux a lieu. Les chocs, non moins violents, des gouttelettes parviennent à vaincre leur répugnance à s'unir.

### Et l'impossible cristal

Il n'en reste pas moins que, le plus souvent, la présence des cristaux de glace dans le sommet des nuages est nécessaire et ceci correspond à une difficulté supplémentaire : l'eau atmosphérique ne se congèle pas nécessairement à  $0^{\circ}\text{C}$  : les gouttelettes de nuage ne se transforment même qu'exceptionnellement à  $-5^{\circ}\text{C}$ ; vers certains paliers, encore mal définis (à  $-12^{\circ}$ ,  $-16^{\circ}$ ,  $-22^{\circ}\text{C}$ ), un nombre de plus en plus grand de cristaux commencent à se former. Vers  $-41^{\circ}\text{C}$ , la quasi-totalité des

gouttelettes gèle spontanément, bien que les pilotes d'avions aient signalé l'existence de gouttelettes d'eau surfondues à des altitudes où la température atteignait  $-50^{\circ}\text{C}$ ; ce qui provoquait la formation de givre lors de la traversée de ces nuages. D'une façon générale, à partir de 4 000 ou 5 000 m, la température des nuages est au-dessous des paliers de la congélation des gouttelettes et les cristaux sont assez nombreux pour amorcer la pluie.

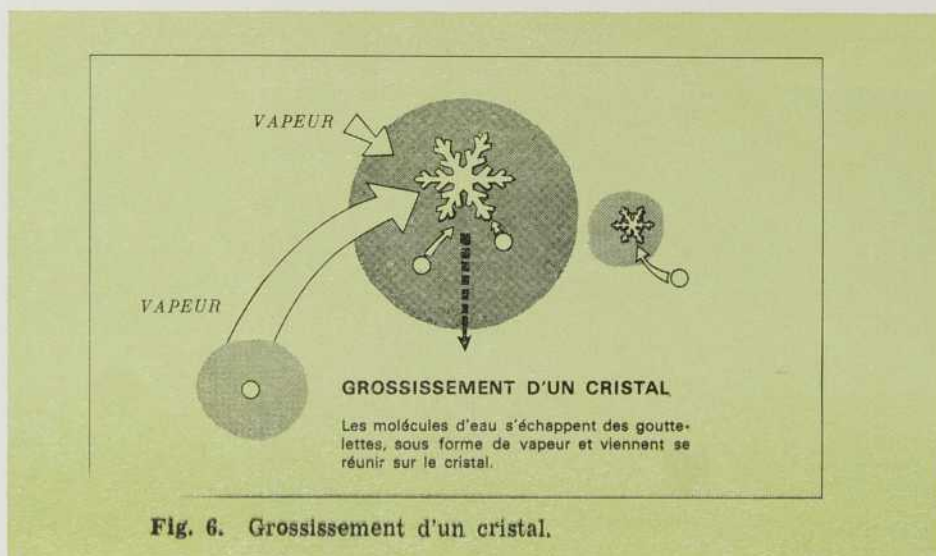


Fig. 6. Grossissement d'un cristal.

S'il n'en est pas ainsi, les « faiseurs de pluie » s'emploient à remplacer les cristaux défaillants en ensemençant les nuages de produits de remplacement, avec d'ailleurs plus ou moins de succès.

Il convient enfin, pour terminer ce tableau plein de détours du cycle de l'eau, de signaler que certains nuages ne se transforment jamais en pluie. Tels sont ces fins et délicats nuages glacés qui semblent crayonnés dans le bleu du ciel et qui s'évanouissent par sublimation des cristaux (ils se transforment directement en vapeur) au fur et à mesure de leur lente chute. Les virgules grif-

Fig. 7. « L'enclume » glacée d'un cumulonimbus où naît la pluie par suite du grossissement des cristaux de glace.



Fig. 8 (en haut). Fin du cycle de l'eau. L'averse sur la mer.

fées, sous ces nuages, en sont le signe.

Il en va de même des couches nuageuses qui donnent au ciel une apparence ondulée ou moutonnée. Comme pour les cumulus d'été, leur vie n'aura été qu'un intermède plus ou moins long dans les transformations multiples de l'eau atmosphérique.

SCIENCES  
et  
TECHNIQUES

## L'Orchidée, la plus aristocratique des fleurs

L'orchidée — entendons ici les plantes de cette famille recherchées pour la beauté particulière de leurs fleurs — est une fleur extraordinaire qui, pour naître et conquérir ses titres de noblesse, demanda l'exploration de cinq continents, un travail assidu et de longues recherches. Car c'est ainsi que cette plante, qui vit dans les marais et sur les arbres des tropiques, est devenue la reine des fleurs.

Avec ses 15 000 espèces connues de nos jours, les « orchidacées » constituent l'une des plus nombreuses familles du règne végétal. La douzaine de variétés d'orchidées actuellement cultivées pour le marché, sont le fruit de 200 ans de sélections et d'hybridations, mais aussi le fruit (lointain) de « chasse à l'orchidée » qui, au XVIII<sup>e</sup> siècle, coûta la vie à de nombreux explorateurs. Quoiqu'on la trouve à l'état naturel en Europe, en Amérique et dans plusieurs pays tempérés et même froids, l'orchidée cultivée pour la beauté de ses fleurs est une plante particulièrement abondante dans les régions tropicales et subtropicales.

Elles étaient déjà connues des Grecs sous le nom d'*orchis* puisque Théophraste en parle dans son « Histoire des Plantes ». Aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, de nombreux botanistes en décrivent plusieurs espèces. Cependant ce n'est qu'en 1731 que les premières plantes vivantes, venant des îles Bahamas, furent introduites en Europe. Par la suite, des explorateurs, des savants et de simples marchands contribuèrent à l'introduction de nombreuses espèces d'orchidacées qui offraient de l'intérêt

par la richesse et le coloris de leurs fleurs.

Oubliez ce passé tumultueux et visitez avec nous la culture d'orchidacées la plus importante et l'une des plus modernes d'Europe: installée à La Hulpe, village de banlieue de Bruxelles, qui comporte plus d'un hectare de serres.

En Belgique comme ailleurs, on ne cultive plus guère qu'une douzaine d'espèces d'orchidées dont les trois variétés les plus connues et les plus appréciées sont les « *Cattleya* », les « *Cimbidium* » et les « *Cypripedium* ». De moindre qualité, mentionnons également les *Phalaenopsis*, les *Odontoglossum*, des *Vandas* et les *Oncidium*.

La culture moderne des orchidées est complexe et exige des installations très coûteuses. Il est aisé de s'en rendre compte en parcourant les nombreuses serres à température constante mais qui varie de serre en serre, où plus de 130 000 plantes de tout âge, dont plusieurs milliers portant des fleurs, reçoivent les soins méticuleux d'un personnel hautement qualifié. La culture des orchidées est un domaine réservé aux spécialistes et le commerce est axé presque uniquement sur la fleur coupée.

### Un vrai laboratoire

Dans la nature, les orchidées se reproduisent généralement par le transport du pollen (insectes, oiseaux) mais en serre par contre où l'on écarte les insectes, l'hybridation est faite par la main de l'homme, tandis que les semis sont effectués en laboratoire dans des conditions aseptiques. Une fois devenues adultes — après de nombreuses années de traitements et de soins méticuleux — les plantes ne périssent plus, à la condition toutefois d'être bien soignées. En effet, chaque année les tiges qui ont fleuri donnent naissance à une ou deux nouvelles pousses ou rejets. Le nombre de pousses ainsi obtenues est trop faible pour que se constitue une multiplication végétative à grande échelle des plantes les plus intéressantes. Les semis évoluent très lentement. Dans les conditions traditionnelles, il faut de 4 à 7 ans pour que les plantes de *Cymbidium* issues de semis donnent les premières fleurs. Dans le cas des *Cattleya*, la variété la plus demandée, le délai peut aller de 7 à 14 ans.

Depuis quelques années, un expert français, Georges M. Morel, a mis au point une méthode de laboratoire qui consiste en la culture sur des milieux artificiels, de *méristèmes* de bourgeons. Ceci permet de multiplier végétativement les plantes choisies.

En quoi consiste cette « culture méristématique » ? — On appelle méristème un tissu formé de cellules très petites et non différenciées. Dans une pousse de *cattleya* ou de *cymbidium*, chaque bourgeon, qu'il soit terminal ou axillaire, contient un méristème, c'est-à-dire de très jeunes cellules. Nous prélevons d'un fin scalpel, en nous aidant levons ces méristèmes aseptiquement au

d'un microscope qui grossit de 16 à 20 fois, et nous les plaçons dans des flacons de culture. Après 6 à 8 semaines, les méristèmes initiaux sont devenus des corps globuleux appelés « protocormes ». Si ces protocormes, qui ont la propriété de renfermer plusieurs méristèmes sont coupés en plusieurs morceaux, ceux-ci continuent à se développer et redeviennent bientôt du protocorme aussi gros que celui dont on est parti. Il est possible de diviser ces protocormes autant qu'on le désire, c'est là que réside le processus de multiplication végétative. Une fois que nous avons obtenu un nombre déterminé de protocormes, nous les laissons se différencier et chacun donne ainsi naissance à une ou plusieurs plantules.

Quand les plantules sont suffisamment développées, elles sont repiquées dans des flocons plus grands, en un milieu de culture particulièrement favorable à leur croissance. Lorsqu'elles sont suffisamment fortes, les plantules sont repiquées une nouvelle fois, en serre, dans un milieu normal de culture qui est, chez nous, un mélange d'écorce de résineux, de tourbe, de perlite et de fibres de coco.

Et, nous explique-t-on, cette méthode, qu'il s'agisse de semis traités aseptiquement en laboratoire ou de culture méristématique, permet d'obtenir des plantules qui, à un an, sont aussi développées que celles obtenues jadis après 4 ou 5 ans, suivant les anciennes méthodes. Le but de cette expérience est d'ailleurs de faire éclore les fleurs après 4 à 7 ans pour les *cattleya* (au lieu de 7 à 14 ans) et après 3 à 5 ans pour les *cymbidium* (au lieu de 7 ans).

La multiplication méristématique permet également de reproduire, en partant d'une seule plante-mère, des milliers de plantes-filles qui ont exactement et uniquement les mêmes caractéristiques. On peut imaginer les avantages que cela signifie pour le commerce des fleurs coupées.

La moitié de la production annuelle de 100 000 fleurs — et d'ici peu de 300 000 fleurs — de cette entreprise, est destinée à l'exportation: l'Allemagne, l'Italie, la France, les Pays-Bas, la Suisse, l'Espagne et bientôt peut-être, les pays de l'Est et l'Amérique. L'expédition, qui se fait uniquement par avion, pose également des problèmes.

L'orchidée est une fleur noble... et chère, une fleur qui tend à se démocratiser. Et sa culture commerciale emploie tous les moyens pour la cultiver en grande quantité et en réduire le coût. Les orchidées — ou « Orchidacées » — sont d'ailleurs bien représentées dans la nature, et même ici, au Québec, nos *Cypridées* ou « Sabots de la Vierge » (voir dans ce numéro, les photos en page 96) sont de dignes représentants de cette grande famille végétale.

Adaptation d'un texte de l'Institut belge d'Information et de Documentation de Bruxelles.

On abusait tellement autrefois de l'anecdote dans l'enseignement élémentaire de l'histoire, que pour beaucoup de gens, l'histoire se ramenait à un répertoire de dates et à des petites histoires jugées caractéristiques. Il semble y avoir une réaction à cet égard, au point que certains se plaignent qu'on ne parle plus assez des événements; l'histoire est en effet souvent enseignée comme une succession de systèmes dont on étudie la détermination économique et idéologique. En fait, cette réaction ne va pas encore très loin, puisque les émissions de *jeux* de diverses télévisions entretiennent dans le public cette illusion que l'historien est celui qui est capable de reconnaître au premier regard la date, le lieu et l'attribution d'un événement d'intérêt plus ou moins confidentiel.

# De Laplace à Biot et de Biot à Pasteur

par Ernest Kahane

## L'anecdote dans l'histoire des sciences

L'histoire des sciences n'est pas une branche de l'histoire tout à fait comme les autres. En fait, elle n'est généralement pas cultivée et enseignée par les historiens, il arrive qu'elle le soit par des savants agissant en amateurs en marge de leur oeuvre scientifique, mais elle échoit le plus souvent à des philosophes, qui à juste titre s'intéressent surtout au mouvement et au choc des idées dans l'évolution de la science. Ces philosophes prennent les choses avec gravité, sont très éloignés de l'esprit anecdotique, et leurs oeuvres sont en général peu accessibles au public. Où donc se pêchent alors les faits frappants et émouvants par lesquels se trouvent excitées l'imagination et la sensibilité de la partie du public curieuse d'histoire des sciences? C'est dans les biographies des grands hommes.

Je leur dois d'avoir été stimulé par toutes les qualités que les biographes prêtaient à leurs héros, par l'exemple de noblesse, de haute moralité et de courage de pensée que ceux-ci offraient à côté de leur supériorité intellectuelle. Je serais bien incapable de dire si cet effet stimulant appartient à la partie sincère et authentique de ces biogra-

phies, ou s'il n'est pas dû plutôt aux exagérations, et même aux inventions pures et simples qu'on y rencontre assez souvent. On peut même accepter l'hypothèse que les histoires les plus remarquables sont celles qui ont été inventées pour les besoins de la cause: pourquoi se serait-on donné la peine d'inventer si ce n'avait été pour offrir quelque chose de plus frappant que la vérité dans sa nudité?

Lorsqu'on se propose simplement d'obtenir un choc psychique, on n'a peut-être pas tort d'inventer, je n'en sais rien, mais il est permis de demander à une anecdote d'être vraie, et pas seulement d'être exaltante. Un mensonge beau n'en est pas moins un mensonge, la tromperie a des inconvénients, et si la réalité n'a pas toujours des couleurs aussi éclatantes que la fiction, elle a des mérites qui n'appartiennent qu'à elle.

Il y a inconvénient à présenter comme des surhommes d'une supériorité universelle des hommes dont la supériorité est réelle, mais localisée à un domaine limité de la pensée ou du comportement. Galilée était un des plus puissants génies scientifiques que le

monde ait connu, il était de plus un écrivain habile, un polémiste plein de vigueur et un homme courageux capable de souffrir pour ses idées. Il n'était pas pour autant d'une témérité extravagante, comme il aurait fallu qu'il soit pour prononcer l'illustre *E pur, si muove* — et pourtant elle tourne — aussitôt après sa rétractation forcée devant le tribunal de l'Inquisition. Il jouait sa tête, il le savait, il tenait à sa tête et savait qu'il la perdrait s'il donnait la preuve que sa rétractation était simulée. Pure invention que cette phrase qu'on lui prête, et qui a été popularisée par d'innombrables récits et images.

Il y a inconvénient à présenter des intuitions heureuses comme formant l'essentiel de la découverte scientifique.

---

L'auteur, Ernest Kahane, est professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, président de l'Union rationaliste et membre de l'Association des Ecrivains scientifiques de France. Les documents photographiques de Biot et de Laplace, pp. 105, 106, sont de H. Roger Viollet, Paris.

Pour le bon public auquel on raconte l'*Eureka* d'Archimède, la découverte du principe fondamental de l'hydrostatique tient au hasard de la rencontre par le génie d'une occasion favorable : sans baignoire, pas de découverte ; avec baignoire, découverte par Archimède. Mais à défaut de venir à Archimède, la brusque illumination n'aurait-elle pu échoir à quelqu'une d'autre, au premier venu, et pourquoi pas à moi ? Cette conception romantique est très nocive, elle montre les choses de la science sous un jour qui est peut-être flatteur, mais qui est trompeur.

Je prends encore un autre exemple bien connu, celui de la pomme de Newton, auquel j'ai consacré un des articles du *Dictionnaire Rationaliste* :

« Expression fréquemment employée pour désigner une illumination subite, comme celle que la légende attribue à Newton : il aurait brusquement trouvé le principe de la gravitation universelle en voyant tomber une pomme.

« Peu importe que la légende soit fondée ou non. La conception dont elle procède ne l'est pas. Il est absurde de supposer que la seule détermination ou même la principale détermination de la découverte de Newton ait été cet incident minuscule, ou un autre. Supposer qu'un tel incident ait joué un rôle

de déclenchement, de cristallisation, est déjà lui faire beaucoup d'honneur. Il est malsain de cultiver, dans l'esprit du public, l'idée que la découverte scientifique est le fruit d'un hasard heureux. A défaut de ce hasard, il s'en serait produit dix autres, qui auraient provoqué la solution chez le savant habité par un problème et armé pour le résoudre. Mille hasards analogues n'auraient eu aucun effet chez celui qui ne possédait pas les connaissances et les talents nécessaires pour concevoir cette solution. Une infinité de ces hasards n'en auraient eu aucun chez celui qui n'était pas obsédé par le problème ».

De telles anecdotes sont amusantes, c'est à peu près tout leur mérite. Il y a inconvénient à les répéter comme l'expression de la vérité. L'imagination ne demande qu'à galoper, et il ne faut pas lui laisser le soin de dégager ce que peut-être elles impliqueraient si elles étaient vraies, mais qui perd tout support dans la réalité, lorsqu'elles sont fausses.

### Des anecdotes significatives

J'ai peut-être donné de la sorte l'impression que toutes les histoires qu'on raconte sur les savants pour leur faire honneur sont apocryphes, et qu'il est impossible d'en trouver qui soient à la fois authentiques et significatives.

Pour effacer cette impression si je l'ai donnée, je vais en rappeler deux qu'il y a de bonnes raisons de tenir pour vraies. L'une et l'autre ont été racontées dans des circonstances solennelles par l'un des auteurs qu'elles mettent en scène ; comme ce sont des hommes d'une grande dignité, d'une moralité au-dessus de tout soupçon, et de plus, comme les récits qu'ils font ne sont pas destinés à leur propre louange, mais à honorer ceux à qui ils avaient eu affaire bien des années plus tôt, il y a lieu de leur faire crédit.

Dans chacune de ces deux anecdotes on voit un vieux savant couvert de gloire et d'honneurs, et un débutant plein de promesses. Je ne parlerai cependant que de trois personnages.

### Pasteur et Biot

La dernière en date de ces histoires est bien connue, je la rappelle cependant avec plaisir et même avec émotion, parce que c'est un épisode particuliè-



Le jeune Louis Pasteur, alors élève de l'École Normale. (1822-1895). (Photographie extraite de « *Images de la vie et de l'oeuvre de Pasteur* », par Pasteur Vallery-Radot, éd. Flammarion, Paris, 1956).

rement significatif de la vie scientifique vue sous son plus beau côté.

La scène se place en 1848, Pasteur a à peine plus de 25 ans, il est agrégé de physique et docteur ès sciences, il en est cependant à ses débuts dans la recherche originale. Il s'est attaqué ambitieusement à une énigme scientifique, un magnifique point d'interrogation auquel personne ne peut répondre parmi les savants du temps, et il en apporte la solution. Comment peut-il exister deux corps distincts, un *tartrate* et un *paratartrate* qui sont identiques en tous points, à cela près que le premier est actif et le deuxième inactif sur la lumière polarisée ? Cette différence menue est pour Pasteur le révélateur d'une différence profonde de structure, elle s'explique par le concept qu'il introduit de *dissymétrie moléculaire*, et il confirme ses vues par la séparation du paratartrate inactif en deux inverses optiques, symétriques l'un de l'autre comme le seraient les deux mains, ou comme le seraient deux vis analogues, l'une de pas droit et l'autre de pas gauche.



Le jeune Jean-Baptiste Biot, physicien et astronome français (1774-1862). Plus tard, à l'âge de 74 ans, alors membre éminent de l'Académie des Sciences, Biot fut séduit par les travaux de Pasteur sur la cristallographie et se constitua son parrain scientifique.

Le mémoire que Pasteur présente le 22 mai 1848 à l'Académie des Sciences n'est pas accepté sans contrôle : c'est la règle lorsqu'il s'agit d'un travail révolutionnaire, et surtout lorsque ce travail émane d'un inconnu, dont on ne sait pas s'il est digne de confiance. Une commission d'examen est désignée, et le débutant est invité à répéter ses expériences sous l'oeil sévère de Biot.

Jean-Baptiste Biot n'est pas le premier venu, il a 74 ans, il est l'un des plus glorieux parmi les membres de l'Académie des Sciences à laquelle il appartient depuis près d'un demi-siècle, son oeuvre de mathématicien, d'astronome et de physicien est considérable, il est l'un des pionniers des recherches sur la lumière polarisée, qui est précisément mise en cause dans le phénomène étudié. Biot fait venir le jeune Pasteur et lui demande de répéter sous ses yeux la séparation du paratartrate de soude et d'ammoniaque dans des conditions de contrôle rigoureux. Pasteur fait la préparation du sel double à partir des matières premières qui lui sont fournies, abandonne en lieu sûr la solution à l'évaporation et il est convoqué quelques jours plus tard pour opérer en présence de Biot la séparation des inverses optiques qui ont cristallisé. Il décrit la scène, 12 ans plus tard, dans une leçon professée le 20 janvier 1860 devant la Société chimique de Paris. Biot n'a pas besoin de faire de mesures sur les deux variétés de cristaux séparés, il est renseigné par le seul aspect des teintes prises par les solutions traversées par la lumière polarisée, et il en éprouve une violente émotion, car c'est la confirmation qu'il n'espérait plus qu'à peine, d'une opinion pour laquelle il avait longtemps combattu, la signification profonde de l'activité optique pour élucider la structure moléculaire. « L'illustre vieillard me prit le bras, dit Pasteur, et me dit : *Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences dans ma vie que cela me fait battre le coeur* ».

Digne continuation de cette merveilleuse histoire, exaltante à l'égal des plus beaux contes de fées, Biot resta jusqu'à sa mort le protecteur attitré de Pasteur, qui de son côté lui voua sans défaillance une affection pleine de respect.

## Biot et Laplace

Rare exemple, que celui d'un aîné glorieux dont la sollicitude fraye la voie



Pierre-Simon de Laplace, mathématicien, physicien et astronome français, 1749-1827.

à son cadet, écarte de lui les embûches, sans autre objectif que de servir la science!

Chose curieuse et peu connue, cinquante ans auparavant eut lieu une scène analogue, où l'illustre mathématicien et astronome Laplace joue à peu près le rôle que nous venons de voir jouer par Biot, et Biot lui-même celui de Pasteur.

Cette fois-ci Biot est le narrateur, dans une lecture devant l'Académie française le 5 février 1850. Il raconte comment, frais émolu de l'École Polytechnique, enseignant les mathématiques au collège de Beauvais, et avide de se mêler à la science en marche, il eut l'incroyable audace d'écrire au grand Laplace pour le prier de lui communiquer les épreuves de son monumental ouvrage de *Mécanique céleste*, alors en cours d'impression. L'énormité même d'une telle demande, émanant d'un inconnu, accrocha l'attention du maître, qui finit par accéder au désir du jeune homme. Ce fut le début de relations suivies. Biot s'en autorisa le moment venu pour présenter à Laplace, avant publication, son coup d'essai dans la science, un mémoire dans lequel il analysait une difficile proposition mathématique d'Euler, fournissait une méthode nouvelle pour résoudre les problèmes posés, donnait des applications de cette méthode, et annonçait une généralisation dont il espérait des résultats plus brillants encore.

Laplace parut intéressé, et après étude du manuscrit, conseilla à Biot de communiquer son travail à l'Académie des sciences, mais sans parler des prolongements qui, disait-il, pouvaient recéler des surprises et lui réserver des déconvenues. Biot fut déçu, car il ajoutait plus de prix encore aux perspectives entrevues qu'au travail déjà défriché. Il ne pouvait cependant pas passer outre, et fut partiellement reconforté par l'accueil de l'Académie, dont les membres présents, y compris le général Bonaparte qui se piquait de mathématiques, lui firent de grands éloges.

Il ne boudait pas, mais il avait l'impression d'avoir été un peu frustré, en gardant par devers lui ce que Laplace lui avait conseillé de taire. Laplace, qui avait de la bienveillance et de la finesse, comprit ce sentiment, entraîna Biot chez lui, et sortit un cahier jauni d'une armoire soigneusement fermée à clef, qui était en quelque sorte le cimetière de ses projets avortés. Qu'est-ce que c'était que ce cahier? Biot eut la surprise et l'émotion d'y trouver tout son travail, jusques et y compris la tentative de généralisation que Laplace lui avait conseillé d'écarter, sur laquelle Laplace lui-même s'était cassé les dents. C'est pour lui épargner une semblable déconvenue qu'il avait recommandé au débutant de laisser de côté un effort dont il savait qu'il allait à l'impasse. Et il avait eu l'incroyable générosité de lui abandonner la priorité de publication d'un travail que bien des années plus tôt il avait fait lui-même de bout en bout.

On imagine les sentiments qui assaillirent le jeune Biot à cette révélation. Reconnaissance d'abord, pour la délicatesse du procédé, car Laplace s'était bien gardé de lui parler de cela avant la séance qui consacrait les droits scientifiques du jeune savant. Une ombre de regret, de savoir anticipé un travail dans lequel il avait tant mis de lui-même. Mais en même temps, une vigoureuse fierté de s'être rencontré, dans sa méthode et dans ses résultats, avec le mathématicien français le plus glorieux du temps.

Au milieu de tous ces sentiments qui l'agitaient, l'émotion de Biot fut portée à son comble lorsque Laplace, reprenant ses papiers, lui fit promettre un secret absolu sur l'aventure.

Inutile de le dire, Biot fut plus attaché encore à son maître après cette

histoire qu'il ne l'était avant. Ce n'est que bien plus tard, Laplace disparu depuis plus de vingt ans, et lui-même âgé de près de 80 ans, qu'il se crut autorisé à transgresser sa promesse et à divulguer des faits qui faisaient honneur au grand homme qui l'avait si paternellement aidé et dont il entendait servir la mémoire.

## Le Flambeau de la science

N'est-il pas émouvant de trouver à l'origine et au terme de la carrière d'un grand savant la répétition d'une aventure qui évoque invinciblement le passage du flambeau de main en main à travers les générations?

Je l'avoue, j'en suis profondément remué, et la sensibilité humaine me paraît à tel point indivisible que je n'hésite pas à appliquer à cette courte-échelle que nous voyons ici le génie faire au génie, les vers splendides par lesquels Baudelaire montre dans *Les Phares* la continuité de l'effort artistique :

*C'est un cri répété par mille sentinelles,  
Un ordre renvoyé par mille portevoy,  
C'est un phare allumé sur mille citadelles,  
Un appel de chasseurs perdus dans les grands bois...*

Il y a sans doute bien du romantisme, pour illustrer quelques faits de la vie toute unie de grands savants, à se référer à

*Ces malédictions, ces blasphèmes, ces plaintes,  
Ces extases, ces cris, ces pleurs, ces Te Deum,*

auxquels Baudelaire alimente son inspiration. Le poète maudit lui-même devrait se tenir à l'écart de ces exagérations verbales, à plus forte raison ne sont-elles pas de mise pour les personnages rassis que sont de très officiels savants, étrangers au tourment et au vertige.

L'expression est excessive sans nul doute, mais le sentiment profond de communauté et de continuité que traduit l'immortel poème touche à ce qu'il y a à la fois de plus intime et de plus exaltant dans l'être, et tout respect humain mis de côté, considérant la transmission de la flamme scientifique de Laplace à Biot et de Biot à Pasteur, je me laisserai aller à l'envoûtement romantique de Baudelaire !

## Un centenaire: Claude Bernard et « L'Introduction à la Médecine expérimentale »

On s'intéresse beaucoup à Claude Bernard ces temps-ci. Spécialistes et étudiants s'intéressent à ce grand homme. En ce temps où la science et la technique font prime, on pourrait se demander en effet si cet intérêt ne va pas au physiologiste plutôt qu'au philosophe. Quelle que soit mon admiration pour le génie de savant de Claude Bernard, je me réjouis de constater que de nombreux étudiants, lorsqu'ils s'intéressent à lui, cultivent des préoccupations philosophiques qu'ils considèrent à juste titre comme faisant partie intégrante de leur fonction, et comme utile à leur formation universitaire.

Ces étudiants et le reste du public ne font que se conformer à cet égard au précédent illustre que leur offre Claude Bernard. Il ne faut pas confondre en effet le cas du grand physiologiste avec celui de Descartes ou de Pascal, autres savants qui ont été des philosophes. Ces derniers avaient reçu la formation de leur temps, qui visait à une culture générale dont la base était surtout littéraire et théologique. Claude Bernard, lui, avait tâté anarchiquement un peu de tout et avait touché superficiellement un peu à tout avant de se consacrer sérieusement aux études médicales et à la recherche physiologique. C'est la logique propre à son travail, dont il voulait approfondir les bases rationnelles, qui l'a amené à la philosophie, où il fait figure de génial autodidacte.

Il s'est instruit, la plume à la main, en annotant l'oeuvre de Bacon, de Descartes, de Pascal, de Kant, de Hegel, d'Auguste Comte. Il ne trouve pas chez eux ce qui lui convient. La plupart sont des faiseurs de systèmes et considèrent que les connaissances sont le résultat de la philosophie; pour lui, au contraire, la philosophie est le résultat des connaissances, ce qui n'est d'ailleurs pas tellement éloigné de la conception de Descartes.

Aussi est-ce à juste titre qu'en dépit d'indéniables et profondes différences, certains, comme Brunetière et Bergson, ont rapproché le *Discours de la Méthode* et l'*Introduction à la Médecine expérimentale*.

C'est cette dernière oeuvre qu'il s'agit de commémorer, puisqu'elle a vu le jour en 1865, il y a cent ans.

A l'âge de cinquante-deux ans, parvenu au sommet de la gloire scientifique, universellement salué comme le physiologiste le plus représentatif de son temps. — « la physiologie faite homme » disaient de lui le grand chimiste Jean-Baptiste Dumas et le ministre Victor Duruy — ayant semé à pleine main la découverte et éveillé les vocations autour de lui, Claude Bernard éprouve le besoin de préciser par écrit

la façon dont chaque aspect de la physiologie est capable d'éclairer les problèmes médicaux qui lui sont liés. Il sait qu'il est le seul à pouvoir écrire un tel ouvrage.

Il est sceptique en matière de médecine. Mais ce n'est pas un scepticisme de principe, il est sceptique quant aux résultats de la médecine que pratiquent ses confrères, parce que de son temps elle est mal dégagée d'un empirisme assez aveugle. Il a de la confiance dans la médecine de l'avenir, qui doit être une médecine scientifique, dont il s'agit de rechercher et de formuler les règles.

Claude Bernard vient d'être malade, sans doute à la suite des déplorables conditions de travail qui règnent dans son misérable laboratoire du Collège de France. Il s'installe pour sa convalescence dans sa maison et sa vigne de Saint-Julien, au bord de la Saône, et s'attaque à la tâche gigantesque qu'il a conçue. En fait, il ne rédigera jamais la véritable *Introduction à la Médecine expérimentale*. Ce qu'il ramène à Paris, c'est une toute petite partie de ce qu'il se proposait, une introduction méthodologique générale, où il n'aborde pas les problèmes spécifiques de la médecine, où il défriche le champ sur lequel pourrait croître ensuite la plante originale dont il veut préserver la semence.

C'est une oeuvre puissamment architecturée, dont le moindre paragraphe concourt à la définition de la méthode scientifique telle que la conçoit Claude Bernard, et telle qu'il l'applique en physiologie. Il part du problème le plus général, celui du *raisonnement expérimental*, qu'il analyse longuement. Dans une deuxième partie, il examine les conditions de l'*Expérimentation chez les êtres vivants*, et enfin, dans la troisième, il s'occupe de l'application de la *Méthode expérimentale à l'étude des phénomènes de la vie*.

La part qu'on pourrait appeler spécifique, celle qui a trait aux mécanismes spécifiques des êtres vivants, y est cependant peu de chose en regard de la méthodologie générale de l'expérimentation. Là est l'objet essentiel de l'ouvrage, où se trouvent définis et analysés les caractères distinctifs de l'observation et de l'expérience, l'intervention du raisonnement, la signification objective des résultats, le rôle de l'intuition, de l'induction et de la déduction, la vertu du doute méthodique, le concept du déterminisme universel des phénomènes, la marche de la pensée lorsqu'elle va de la conception théorique à l'hypothèse, de l'hypothèse à l'expérience, et de l'expérience à la théorie élaborée. (...)

Extrait de *Les détectives de la science, à la conquête du présent*, par Ernest Kahane et Jean Salvinien, Editions Rationalistes, Paris, 1968, 228 pages. — Le texte reproduit ici est emprunté à la 1ère partie intitulée « Les sciences et la vie » par le Professeur Ernest Kahane de la Faculté des Sciences de Montpellier.

# Un peuple énigmatique, les MAYAS

par Boris S. Karpoff

## Un retour vers le passé...

On pourrait s'étonner qu'à l'époque actuelle, où les événements se précipitent à une allure accélérée, notre société trouve encore le moment et les raisons de réfléchir à des faits enfouis depuis des siècles dans l'insondable nuit des temps.

Cependant, même si les événements les plus reculés s'entassent dans le filet du temps présent, ils surgissent parfois de leur existence cachée et comme noyée — en apparence du moins — sous les alluvions des âges, pour apparaître à la lumière crue d'aujourd'hui.

Le Mexique est un pays très riche en art de tous les temps. Par son originalité, sa spiritualité et son sens dramatique, son art précolombien tient une importance égale à l'art ancien égyptien, chinois, perse ou étrusque.

Les architectes mexicains ont élevé des centaines de pyramides, des temples et des palais. Ses astronomes créèrent un calendrier presque parfait. Ils avaient une écriture hiéroglyphe et leurs artistes taillèrent et polirent des pierres monumentales.

Au cours d'un passé géologique fort tumultueux, le Mexique fut doté de panoramas parmi les plus

beaux du monde. Des milliers d'années plus tard, il eut le privilège d'offrir la beauté de ses terres fertiles aux plus brillants représentants de la civilisation indienne: aux Mayas, aux Toltèques et aux Aztèques qui ont légué l'héritage culturel et racial du Mexique actuel.

Les découvertes archéologiques faites dans les régions tropicales habitées par les Mayas montrent au visiteur l'importance de ces constructions, la beauté des détails sculptés et les gigantesques proportions des monuments. L'architecture Maya est digne d'être comparée à l'architecture grecque ou romaine.

Mais qui étaient ces Mayas, qui ont si fortement intéressé les américanistes, tellement que plusieurs ont pensé qu'ils avaient été les civilisateurs du Mexique et des territoires de l'Amérique du Nord? Ont-ils, seuls, créé leur culture exceptionnelle ou ont-ils subi des influences civilisatrices? Et alors, oui les apportèrent, et à quelle date?

Aucune filiation génétique entre les plus primitifs occupants et les populations mayas de l'époque des grandes civilisations n'est encore possible. Certains se sont demandés si la civilisation maya n'avait pas été créée par des gens venus du sud-est, c'est-à-dire les Incas. A moins que ce ne soit le contraire: les Mayas qui auraient été, dans ces régions, les premiers civilisateurs? D'autres pensent que les Mayas sont venus du nord-ouest, peut-être du bassin du Mississippi. Une telle manière de voir est basée sur le fait que les constructions mayas sont édifiées sur

des éminences, comme le faisaient les Indiens des Etats-Unis qui ins-taurèrent les « mounds », ces élévations de terre, parfois considérables. Mais, tous les peuples, à toutes les époques, n'ont-ils pas construit leurs temples ou leurs maisons ou leurs forteresses, sur des éminences? Un archéologue britannique, le professeur Eric Thompson, s'est déclaré convaincu, d'autre part, que les Mayas proviennent non pas de l'Asie du sud-est, mais de la Sibérie. En quête de climats plus chauds, les Mayas auraient émigré de Sibérie en direction du Mexique et cela en passant par l'Alaska?

On reste saisi et perplexe devant l'analogie qui existe entre certaines sculptures et thèmes ornementaux de la Chine et du Mexique ou du Pérou précolombien. Comment expliquer cette pierre sculptée trouvée dans les ruines de Chichen-Itza représentant un homme aux traits mongoloïdes ou encore une pierre représentant un gorille, le gorille étant une espèce introuvable en Amérique?

Enfin, autre mystère: le jade, pierre précieuse dans le Mexique préhispanique ne se trouve pas en Amérique. D'où venait-il?

## Image historique...

L'histoire maya peut se diviser en deux grandes périodes princi-

L'auteur du texte et des photographies, Boris S. Karpoff, est Ingénieur des mines et géologue à la Sullico Mines Limited de Montréal.

pales : l'ancien empire et le nouvel empire. L'ancien empire, dont les débuts remontent, croit-on, cinq siècles avant J.-C., s'épanouit au Guatemala et sur la frontière occidentale du Honduras. Les témoignages archéologiques de sa grandeur se lisent dans les ruines de Copan, de Tikal, de Palenque. Il aurait duré jusqu'en l'an 340 après J.-C.

Dès le VI<sup>e</sup> siècle, c'est au Yucatan septentrional que se développa le nouvel empire. Ses gloires architecturales, qui sont comme des façades prodigieuses de la vie sociale, scientifique et religieuse, ses grandeurs impressionnantes, comparables à celles d'Angkor, se voient à Uxmal, Chichen-Itza, Mayapan, Dzibilchaltun et Tulum. (Fig. 1).

Entourée par les eaux du golfe du Mexique et de la mer des Caraïbes, la péninsule du Yucatan, cette dalle calcaire placée sur l'océan, est une terre très évocatrice de la race maya. On y traverse par endroits une jungle quasi impénétrable, des lagunes aux poissons multicolores, d'où, au moindre bruit, s'envoient des myriades d'oiseaux, de petits villages pauvres mais accueillants, des villes entourées de murailles et des ruines, des ruines qui nous racontent la fastueuse civilisation des peuples disparus...

Et c'est de Mérida, la capitale du Yucatan, surnommée la ville blanche, où se dressent avec fierté les deux tours de la cathédrale du XVI<sup>e</sup> siècle, qu'il est possible de visiter les incomparables ruines archéologiques de la péninsule.

Ces ruines sont les restes des centres cérémoniels des anciens Mayas. Le but de ces centres était d'y concentrer toute l'activité religieuse aussi bien que les activités civiques comme les fêtes, le « Jeu de Pelote », le marché, d'où la nécessité de ces grandes places, de ces temples, de ces résidences destinées aux prêtres et aux nobles.

La cité archéologique d'Uxmal est considérée comme l'une des plus belles expressions architecturales de la culture maya. Cette ville connut sa plus grande splendeur vers la fin du XI<sup>e</sup> siècle mais sa fondation remonte à l'an 1007 de notre ère avec le début du règne de la famille XIU. Il semblerait qu'Uxmal était primitivement nommé « Oxmal » qui veut dire : « construire trois fois », c'est ainsi que certains temples ont connu plusieurs étapes de construction.

D'après l'opinion des connaisseurs le Palais du Gouverneur, bâti sur une terrasse triple, serait le monument archéologique le plus remarquable du continent américain; sa décoration est une mosaïque de dentelle sculptée en pierre, montrant le style classique maya.

Le Temple du Devin, qui s'élève majestueusement pour dominer la cité, est une pyramide assez abrupte, de base elliptique et qui a connu au moins cinq étapes de construction. On peut observer le temple inférieur composé d'une enfilade de salles et une façade

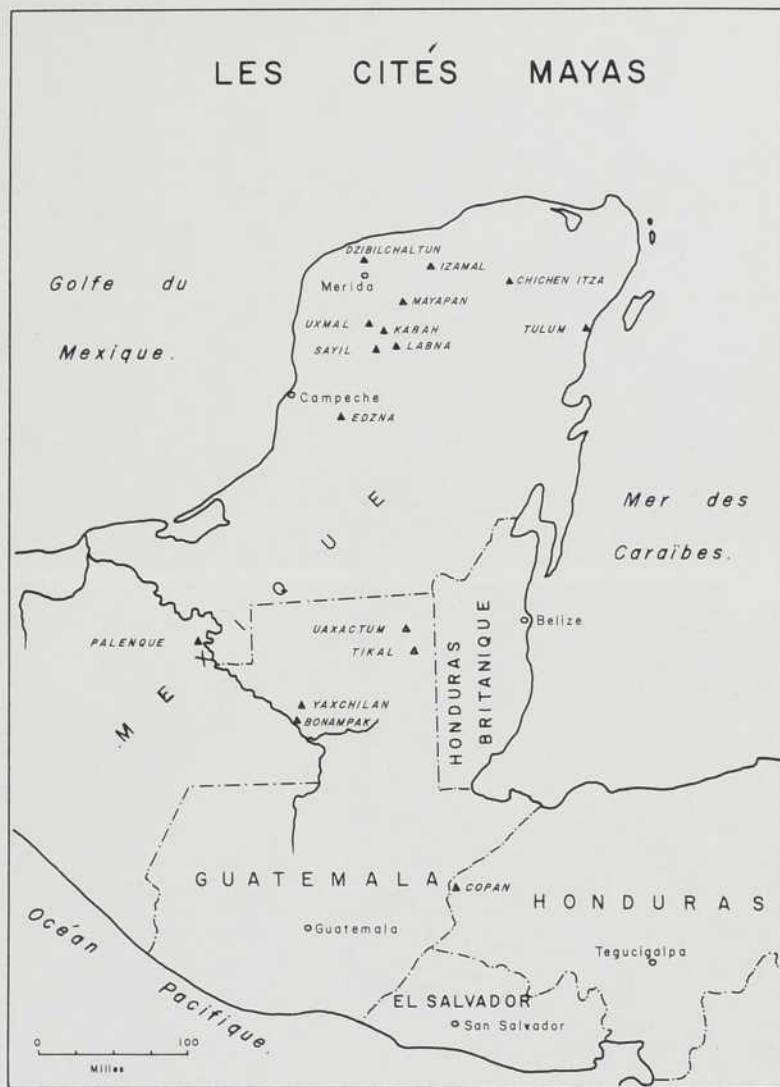
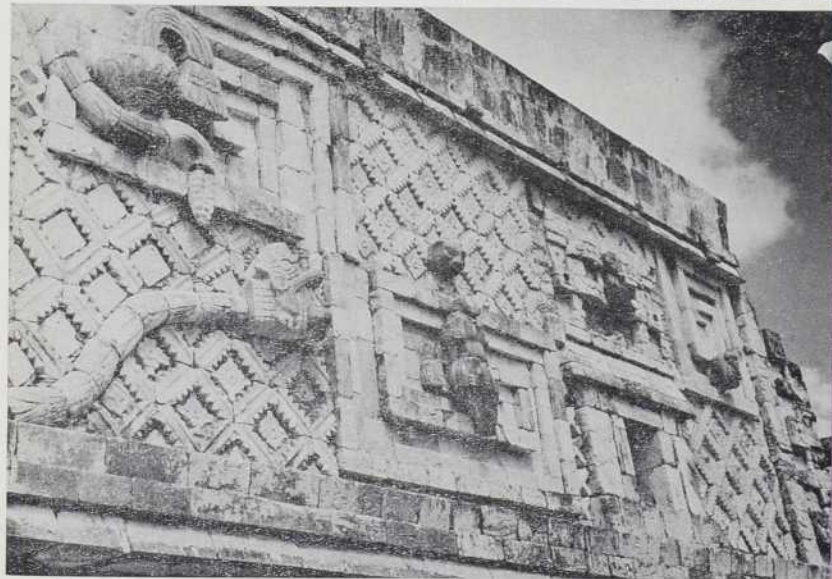
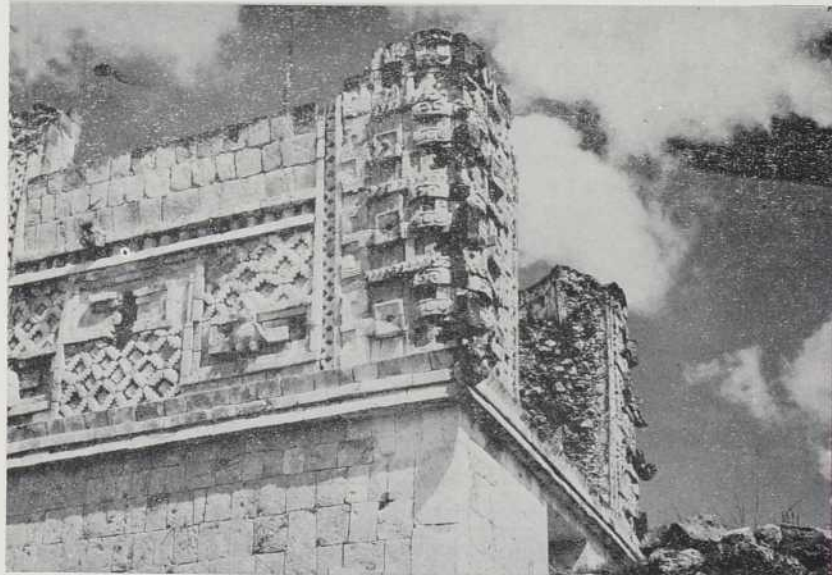


Fig. 1. Situation géographique des cités Mayas.

### Uxmal...



superbement ornée de mascarons du dieu de la pluie; au sommet, le dernier des temples est décoré de bandes entrecroisées. (Fig. 2).

L'énorme Quadrilatère des Nones, dont l'entrée est un passage voûté, se compose d'une grande cour intérieure flanquée d'édifices qui présentent des décorations très variées sur leurs façades et qui sont installés sur des plates-formes à des niveaux différents.

Les édifices « nord » et « sud » offrent de grands mascarons du dieu de la pluie, (Fig. 3) quelques-uns saillant du toit et alternant avec des grecques et des cabanes stylisées; l'édifice « est » est décoré avec des motifs de barres parallèles, formant trapèzes et les figures du dieu Chac dans les angles, tandis que l'édifice « ouest » se caractérise par des sculptures de serpents à plumes qui courent parallèles à la corniche en s'entrelaçant de place en place (Fig. 4).

Parmi les autres temples, mentionnons la Maison des Tortues ainsi nommée à cause du motif décoratif de sa corniche; le Jeu de Pe'ote; la Grande Pyramide; le Groupe du Cimetière; le Pigeonnier; la Maison de la Vieille; les temples des Phallus et du Chimex, etc... qui font d'Uxmal un des sites les plus grandioses et spectaculaires de la région.

### Chichen-Itza...

Au centre de la péninsule du Yucatan sont groupés les bâtiments de Chichen-Itza qui veut dire « bouche du puits des Itza ». Cette ville fondée entre 360 et 432 par les Mayas remontant du Guatemala subit une profonde influence tout tolèque, qui se manifesta tout spécialement dans l'architecture : un des exemples les plus frappants de cette influence est

Fig. 2, 3 et 4 (ci-contre, de haut en bas). Quelques détails des monuments de la cité d'Uxmal : en haut, détail des fresques, façade ouest de la Pyramide du Devin; au milieu, les mascarons (masks sculptés) du dieu de la pluie dans le Quadrilatère des Nones; en bas, détails de la frise, bâtiment ouest, dans le même Quadrilatère.



Fig. 5. Dans la cité de Chichen-Itza, au sommet de la Grande Pyramide, on a découvert « le Château », un petit temple de toute beauté. Des archéologues prétendent que le Château était associé au culte du Soleil et était une représentation des calendriers maya et toltèque.

le serpent à plumes, dieu de la civilisation, Kukulcan, équivalent maya de Quetzalcoatl. D'autres éléments d'influence toltèque sont les portiques et galeries à piliers et colonnes, les porte-drapeaux, les représentations de tigres et d'aigles.

Parmi les monuments les plus remarquables de Chichen-Itza, il faut citer en tout premier lieu le Château. (Fig. 5). Sur le sommet d'une pyramide est juché un petit temple de toute beauté. A l'intérieur du Château se trouve un sombre escalier descendant jusqu'à une pièce où sont enfermés une statue d'homme allongé (Chac-Mool) et un extraordinaire jaguar rouge incrusté de plaques de jade et d'une mosaïque de turquoise. Les yeux du jaguar sont faits de deux immenses pierres de jade en forme de demi-cercle. Il est probable que cette belle sculpture ait servi de trône au Grand Prêtre.

On a suggéré que le Château était associé au culte du Soleil et était une représentation des calendriers maya et toltèque en se basant sur les éléments suivants : chaque escalier a 91 marches ce qui fait 364 pour les quatre escaliers, et 365 avec la plate-forme supérieure, chiffre qui coïncide avec celui des jours de l'année; chaque façade de la pyramide présente 52 sections de panneaux,

chiffre égal à celui des années dans le cycle toltèque; les neuf étages de la pyramide divisés en deux par l'escalier, forment sur chaque face 18 sections, chiffre des mois du calendrier maya.

Le temple des Guerriers (Fig. 6) est une pyramide coiffée de diverses structures dont les sections sont décorées de figures d'animaux et de divinités parmi lesquelles on reconnaît celles des tigres et d'aigles mangeant des cœurs. Toute l'étendue adjacente est couverte de colonnes massives sculptées — le groupe des Mille Colonnes — de terrasses, de

halls et de cours situés en contrebas. A l'intérieur du temple lui-même, sur les piliers sculptés, on peut y voir encore les couleurs originales, couleurs qui se sont conservées n'ayant jamais été en contact avec l'extérieur, jusqu'à tout dernièrement.

Sur le côté « ouest » de la grande place du Château se trouve le majestueux ensemble d'édifices qui constituent le Jeu de Pelote. C'est une cour de grandes dimensions entourée de deux hauts murs parallèles au centre desquels des anneaux de pierre sont enchâssés. Cette cour qui servait aussi à la célébration de cérémonies religieuses est remarquable pour ses propriétés acoustiques. Un autre monument digne de mention est le « Tzompantli » ou « mur des crânes ». (Fig. 7). Cette plate-forme de l'époque toltèque est couverte de reliefs représentant des crânes traversés par des pieux.

L'observatoire appelé aussi « Colimaçon », à cause de son escalier intérieur en spirale, servait à l'astronomie. On a pu déterminer que les petites fenêtres ouvertes dans les murs de la chambre supérieure donnent sur les points cardinaux et d'autres points d'importance astronomique. Il y a des dizaines d'édifices de moindre importance, parmi lesquels il faut citer : le groupe de la Date qui contient la seule inscription hié-

Fig. 6. Parmi les bâtiments de la cité de Chichen-Itza, le « Temple des Guerriers » et le groupe des « Mille Colonnes ».



Fig. 7. Un autre monument digne de mention, dans la cité de Chichen-Itza, le « Tzompantli » ou le « mur des crânes »; cette plate-forme de l'époque tolèque est couverte de reliefs représentant des crânes traversés par des pieux.



roglyphique correspondant à l'année 879 de notre ère. Enfin, un endroit où l'on ne peut s'empêcher de frémir est le puits Sacré ou des Sacrifices. De forme plus ou moins circulaire, d'environ 200 pieds de diamètre, ce « cenote » semble avoir été achevé de mains d'hommes. Il était utilisé uniquement dans un but rituel, les Mayas croyant que dans ses eaux habitait le dieu de la pluie. Que d'hommes, que de femmes et d'enfants y furent jetés pour apaiser ce dieu au temps des sécheresses. Que de bijoux et de riches offrandes accompagnaient les sacrifices... Bon nombre de ces objets furent récupérés par la suite et on peut les admirer aujourd'hui dans plusieurs musées mexicains.

### Dzibilchaltun...

A quelques milles au nord de Mérida se trouve l'importante métropole maya de Dzibilchaltun que l'on peut traduire par : « l'endroit où il est écrit sur des pierres plates ». Les ruines de ce site archéologique s'étendent sur une très grande superficie et ne sont que partiellement explorées (Fig. 8). Les découvertes promettent d'être sensationnelles et les fouilles vont bon train. Au centre de la zone il y a un « cenote » autour duquel on trouve un grand nombre de monticules et d'édifices presque entièrement détruits, ainsi que de nombreuses stèles. L'architecture, quoique maya, semble être plus ancienne et différente

Fig. 8. L'édifice principal (restauré) de l'importante métropole maya de Dzibilchaltun. Les ruines de ce site archéologique s'étendent sur une très grande superficie et ne sont que partiellement explorées.



de celle qui a fleuri dans la presqu'île du Yucatan.

### Tulum...

Célèbre par ses bois précieux et son caoutchouc, la province du Quintana Roo offre le splendide paysage de ses côtes, de sa mer limpide et de ses îles, parmi lesquelles il faut nommer Isla Mujeres et Cozumel.

L'architecture classique maya est bien représentée par les ruines archéologiques de Tulum, les seules ruines mayas que l'on rencontre au bord de la mer. Le spectacle de cette mer et de la forêt environnante donne à Tulum un caractère tout à fait particulier. Entièrement entourée de murailles, l'enceinte renferme un grand nombre de structures élevées sur de vastes plates-formes. Mentionnons entre autres, le Château avec son portique à colonnes serpentiformes; le temple du dieu descendant avec une frise à niches et aussi le temple des fresques dont les murs intérieurs sont décorés de motifs stellaires et de divinités comme le dieu de la pluie et le jeune dieu du maïs, etc.

Les trésors extraordinaires du Yucatan, les ruines admirables d'une civilisation unique, les antiques missions espagnoles perdues dans le vert émeraude d'une jungle quasi impénétrable, font de ce pays une terre enchanteresse, empreinte d'un indéfinissable mystère.

### Lectures suggérées

- GILPIN, Laura. *Temples in Yucatan*. Hastings House, New York, 1948.
- MORLEY, S. G. *The Ancient Maya*. Stanford University Press, Stanford, California, 1956.
- STEPHENS, John L. *Incidents of Travel in Central America, Chiapas and Yucatan*. 2 vol. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 1949.
- STIRLING, Matthew W. *Indians of the Americas*. National Geographic Society, Washington, D.C., 1955, 431 pages.
- T'SERSTEVENS, A. *Mexique, pays à trois étages*. Arthaud, Paris, 1955, 452 pages.
- WOODMAN, Jim. *Discovering Yucatan*. Doubleday and Co., New York, 1966, 84 pages.

Les « *Jeunes Explos* » ou Jeunes Explorateurs organisent actuellement leur 15e saison d'été. Ils invitent les jeunes intéressés à l'étude de la nature à se rendre au Cap Jaseux, sur les rives du Saguenay, à l'une des trois quinzaines de leur programme de l'été 1969.

Si vous avez terminé votre 8e année en juin prochain et si ces études de sciences naturelles conviennent à vos intérêts, demandez immédiatement tous les renseignements à propos de cette école d'été. Ecrivez à cette adresse : *Les Jeunes Explos*, case postale 391, Joliette, Qué.

## *Etes-vous abonnés ?*

étudiants, éducateurs,  
êtes-vous abonnés à la revue **LE JEUNE SCIENTIFIQUE ?**

**Les professeurs de sciences  
les bibliothèques, les dirigeants des écoles  
connaissent-ils l'existence du JEUNE SCIENTIFIQUE ?**

la série des huit (8) brochures d'un volume annuel  
commence en octobre et présente un ensemble de 224 pages  
traitant des sciences naturelles et exactes

si vous réunissez un groupe de quinze abonnements,  
à une même adresse,  
vous bénéficiez du prix spécial de \$2.00  
pour chaque abonnement

participez personnellement à la vulgarisation des sciences  
en multipliant les abonnements à votre revue

écrivez dès maintenant:

**LE JEUNE SCIENTIFIQUE**  
**Case postale 391**  
**JOLIETTE, P. Q., Canada.**

