

# Hommage au baron Marcel Nicolet

Joseph Lemaire

*Institut d'aéronomie spatiale de Belgique*

Le 8 octobre 1996, Marcel Nicolet s'éteignait à Uccle à l'âge de 84 ans. Toute sa vie fut consacrée à la recherche scientifique, d'abord en astrophysique, en météorologie ensuite et finalement en aéronomie. Ses contributions scientifiques sont innombrables ; un encart consacré à quelques-unes de ses principales publications en donnera plus loin un aperçu. M. Nicolet a reçu plusieurs prix et hautes distinctions sur le plan national et international. Celles-ci sont évoquées dans l'encart qui résume sa carrière scientifique.

Mais pour les membres de la Société royale belge d'astronomie, de météorologie et de physique du globe, Marcel Nicolet fut surtout un président et un rédacteur en chef qui a assumé cette dernière responsabilité pendant près de 15 ans entre 1952 et 1966. Il fut président de la S.R.B.A. entre 1967 et 1969. Nous le remercions pour tout le temps qu'il a consacré à notre Société et pour la publication régulière de notre revue *Ciel et Terre*.

Personnellement, je suis heureux d'avoir eu l'occasion de lui remettre, le 28 octobre 1995, la plaquette commémorative du Centenaire de la S.R.B.A. En effet, cet illustre membre mérite notre reconnaissance pour tous les services qu'il a rendus à notre Société.

Marcel Nicolet a joué un rôle important et multiple dans les grands organismes internationaux : Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.), Union radioscopique internationale (U.R.S.I.), Union astronomique internationale (U.A.I.), Comité international de recherches spatiales (COSPAR),

Académie internationale d'astronautique, etc. Il a en outre rempli diverses fonctions dans une douzaine d'autres sociétés scientifiques belges, et notamment au comité belge de l'U.R.S.I. dont il fut président entre 1963 et 1968. Il a été le fondateur de l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique dont il a été le premier directeur entre 1965 et 1977. Il fut anobli par le Roi au titre de baron, en 1986.

## *Un précurseur*

La principale caractéristique de l'activité de M. Nicolet est qu'elle fut toujours à l'extrême pointe de la science. Il fut, dans le plein sens du terme, un précurseur.



*Le pictogramme choisi par M. Nicolet pour l'Année géophysique internationale en 1957-1958 (I.G.Y., en anglais) représentait un satellite en orbite autour de la Terre.*

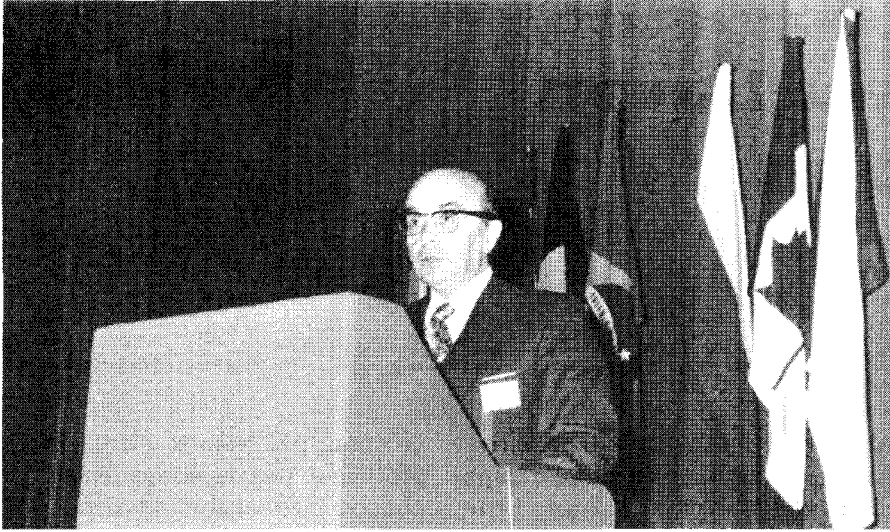
Lorsqu'il choisit le pictogramme qui allait symboliser l'Année géophysique internationale tenue en 1957-1958, ce n'était pas la première fois qu'il manifestait une audacieuse préscience de l'avenir. Bien avant le lancement de la première fusée, en 1945, il se lança à la découverte de l'environnement spatial terrestre, de cet espace interplanétaire dont on dit qu'il nous sépare du Soleil alors qu'il nous unit véritablement à lui, et qui à l'époque était à peu près

inconnu. M. Nicolet s'attaqua au problème des relations entre les phénomènes solaires et terrestres ; il détermina les transformations physiques et chimiques que font subir aux gaz les rayonnements X et ultraviolet solaires et les processus physiques affectant les molécules et les atomes. En juillet 1947, il commenta ses recherches sur l'état physique de la haute atmosphère et sur le problème du spectre des aurores et du ciel nocturne devant la *Royal Society* à Londres et, en septembre de la même année, sur ses travaux concernant les relations entre les phénomènes solaires et terrestres, à Lyon, à l'invitation du Centre national de recherches scientifiques de France.

## *Le problème aéronomique de l'hélium*

Ses plus surprenantes découvertes, dans ce domaine, concernent le problème aéronomique de l'hélium. Il a d'abord construit une théorie selon laquelle l'échappement des atomes d'hélium de l'atmosphère terrestre pose un problème qui peut être examiné en tenant compte de la présence simultanée de l'hélium 4, et de son isotope, l'hélium 3.

La radioactivité de la croûte terrestre fournit environ  $1,7 \times 10^6$  atomes d'hélium 4 par centimètre cube et par seconde, tandis que le rayonnement cosmique conduit à une génération d'environ 2 atomes d'hélium 3 par centimètre cube et par seconde. Dès lors, l'hélium atmosphérique, sous l'une ou l'autre forme, hélium 3 ou hélium 4, est renouvelé en un temps relativement



Le professeur Marcel Nicolet lors d'une réunion du Comité international de recherches spatiales (COSPAR), tenue à Madrid en 1972.

court, de l'ordre de deux millions d'années.

Marcel Nicolet a montré, au début de 1957, que la température nécessaire pour l'échappement continu de l'hélium 4 doit être de 2 500 K à 3 000 K et que l'hélium disparaît complètement de la thermosphère où la diffusion est effective. Le processus limitant l'échappement est associé au brassage dans les régions situées au-dessous de la thermosphère. Cette température élevée représente très peu de chaleur, vu la ténuité du milieu.

Le rapport des nombres d'atomes d'hélium 3 et 4 (1 million) s'échappant de l'atmosphère correspond au rapport des nombres d'atomes produits et est ainsi égal au rapport des concentrations observées dans la troposphère. M. Nicolet en a conclu que, si la température est associée aux phénomènes d'échappement, la thermopause n'est pas à une température constante, mais doit voir sa valeur varier suivant les effets directs ou indirects de l'activité solaire.

Cette audacieuse théorie, qui constituait un sensationnel bond en avant, était en opposition avec les données les mieux assises de la science du moment. Aussi fut-elle accueillie avec scepticisme et même des haussements d'épaule.

### *Les Spoutniks et la théorie de M. Nicolet*

Les théories de Marcel Nicolet ont été publiées aux États-Unis d'Amérique. Le plus piquant de l'histoire, c'est que les Russes en ont tenu compte et que cela a certainement

contribué à la réussite de leurs premières expériences spatiales. Quant aux Américains, ils n'ont pas bien lu ces études publiées chez eux et certains en ont inféré que peut-être pour cette raison leurs premiers essais avaient échoué. Quoi qu'il en soit, les mesures effectuées par *Spoutnik I* et *Spoutnik II* ont entièrement confirmé les vues du savant belge. En effet, ils avaient enregistré entre 500 et 700 km l'existence d'une zone torride où règnent des températures comprises entre 2 000 et 3 000 degrés ! Il est assez intéressant de lire sous la plume d'un chroniqueur français de l'époque que « cette température extraordinaire de la haute atmosphère est une révélation déconcertante ». Mais c'est plutôt le manque d'information de ce chroniqueur qui était déconcertant ! Il suffisait, en effet, de lire Nicolet !

### *La ceinture d'hélium*

Jusqu'en 1961, on croyait généralement que l'hétérosphère était

#### **La carrière scientifique du baron Marcel Nicolet**

- Études de grec et de latin terminées en 1929.
- 1934 - Licence en sciences physiques à Liège (thèse sur le spectre des étoiles O et B).
- 1937 - Doctorat en sciences physiques (thèse sur la composition des atmosphères stellaires).
- 1945 - Doctorat spécial à Bruxelles (contribution à l'étude de l'ionosphère).
- 1935-1945 - Assistant à l'Institut royal météorologique de Belgique.
- 1946-1964 - Météorologiste, chef du Service « Rayonnement » à l'I.R.M.B.
- 1953-1960 - Secrétaire général du Comité spécial de l'année géophysique internationale.
- 1959-1966 - Directeur du Centre national de recherches spatiales.
- 1965-1977 - Directeur de l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique.
- 1945-1982 - Professeur de géophysique externe à l'Université libre de Bruxelles.
- Professeur adjoint d'aéronomie à la *Pennsylvania State University* à *State College* en Pennsylvanie aux États-Unis.
- Associé étranger de l'Académie des sciences des États-Unis (1972).
- Membre d'honneur de l'Académie d'Irlande (1977), associé étranger de l'Académie de Lincei, Rome, Italie.
- Premier prix (95 %) du groupe des sciences physiques (1935-1937) ; prix triennal de la Fondation Agathon de Potter de l'Académie royale belge des sciences pour les recherches en astrophysique solaire (1940-1942) ; prix Daniel et Florence Guggenheim de l'Académie internationale d'astronautique pour les découvertes au cours des cinq dernières années (1963) ; Médaille Hodgkins de la *Smithsonian Institution* pour les résultats obtenus en aéronomie ; Médaille photochimie de l'Académie des sciences de New York ; Médaille Tsjolkovsky de la Société astronautique d'U.R.S.S ; Médaille William Bowie de l'*American Geophysical Union*.

divisée en deux régions seulement : l'hétérosphère inférieure, dominée à partir de 85 km par l'oxygène atomique, et l'hétérosphère supérieure, dominée par l'hydrogène à partir de 3 500 km. Or, M. Nicolet calcula les effets de freinage sur le satellite *Echo I*, lancé le 12 août 1960, dont le périégée est de 1 638 km et l'apogée de 1 867 km. C'était une sphère semblable à un ballon de trente mètres de diamètre qui devait servir de réflecteur d'ondes radio. Les calculs montrèrent qu'il devait exister une ceinture d'hélium entre celles de l'oxygène et de l'hydrogène. L'hélium, qui est l'élément dominant à partir de 1 500 km, est 10<sup>6</sup> fois moins abondant à cette altitude que l'oxygène entre le sol et 100 km.

Cette prédominance de l'hélium à ces hautes altitudes s'explique par le fait que l'atome d'hélium est quatre fois plus léger que l'atome d'oxygène et quatre fois plus lourd que l'atome d'hydrogène. Ceci implique que la hauteur d'échelle de densité de l'hélium est quatre fois plus grande que celle de l'oxygène et quatre fois plus petite que celle de l'hydrogène. Cette découverte, non moins surprenante que celle des hautes températures de la thermosphère, a été exposée par son auteur à l'Université de Pennsylvanie; elle a été confirmée par des mesures optiques effectuées au crépuscule à partir du sol par N. N. Shefov. Les observations du Dr. Kenneth L. Bowles du *National Bureau of Standard Laboratory* à Boulder, Colorado, en ont apporté une preuve supplémentaire : le profil des densités ainsi obtenu indique l'existence d'une couche d'hélium là où M. Nicolet le prévoyait. Par la suite, cette ceinture d'hélium fut confirmée par des observations en fusées.

Gaston Kockarts, alors un jeune assistant de M. Nicolet, a montré numériquement que la ceinture d'hélium est soumise à des variations dépendant de l'altitude où commence l'équilibre de diffusion. Cette limite atteint les altitudes les plus faibles lorsque la température de l'atmosphère est la plus basse et les altitudes les plus élevées lorsque

### Quelques-unes des principales publications de Marcel Nicolet

- 1938, « Sur les identifications des raies permises de l'oxygène et de l'azote dans le spectre des aurores polaires », *Annales d'astrophysique*, 1, 381-386.
- 1939, « Le problème atomique dans l'atmosphère supérieure », *Mémoires Institut royal météorologique*, Mémoires vol. xi, 1-39.
- 1942, « L'atome d'azote dans la haute atmosphère », *Bulletin de la Société royale des sciences de Liège*, 11, 97-104.
- 1943, « Le mécanisme d'excitation des radiations du sodium atmosphérique en relation avec l'altitude de la couche émettrice », *Bulletin de l'Académie de Belgique*, vol. 29, 367-373.
- 1945, « Contribution à l'étude de la structure de l'ionosphère », *Mémoires Institut royal météorologique*, vol. xix, 162 pages.
- 1946, « Nouveaux aspects du problème de l'interprétation des radiations de l'aurore », *Physical Society, Report Gassiot Committee*, London, 105-117.
- 1949, « Rayonnement solaire et origine de l'ionosphère », 1-35, CNRS, Paris.
- 1950, « Prédications ionosphériques et radiocommunications », *Annales de Géophysique*, 5, 125-143.
- 1952, « Actions du rayonnement solaire dans la haute atmosphère », *Annales de Géophysique*, 8, 141-193.
- 1952, « Solar physics and the atmosphere of the Earth », Chapter XII in *Physics and Medicine of the Upper Atmosphere*, Univ. Mexico.
- 1954, « Dynamic effects in the high atmosphere », Chapter XIII in *The Earth as a Planet*, edited by G. Kuiper, University of Chicago Press, pp. 644-712.
- 1957, « The aeronomic problem of helium », *Annales de Géophysique*, Paris 13, 1.
- 1958, « La dissociation de l'oxygène dans la haute atmosphère », *Archiv. für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie A*, 10, 4, 301.
- 1961, « Structure of the thermosphere », *Planetary and Space Science*, London, 5, 1.
- 1961, « Helium, an important constituent in the lower exosphere », *Journal of Geophysical Research*, Washington, 66, 2263.
- 1965, « Le problème physique de la stratosphère à la thermosphère inférieure », *Proc. Roy. Soc.*, 288, 479-492.
- 1972, « Aeronomic chemistry of the stratosphere », *Planet. Space Sci.*, vol. 20, pp. 1671 - 1702, Pergamon Press.
- 1981, « The solar irradiance and its action in the atmospheric photodissociation processes », *Planet. Space Sci.*, 29, 951.

la température thermosphérique est la plus grande. Ces calculs furent effectués au Centre national de recherche de l'espace (C.N.R.E.), créé et dirigé par M. Nicolet.

Au quatrième symposium du COSPAR (Comité international de recherches spatiales) qui s'est tenu à Varsovie en juin 1963, M. Nicolet a présenté, en collaboration avec G. Kockarts, une importante communication décrivant la distribution verticale de l'hélium et de l'hydrogène atomique pour le cas d'un minimum d'activité solaire correspondant à des températures thermosphériques inférieures à 650 K...

Toutes ces découvertes ont été publiées dans plus de 160 articles en aéronomie, 19 en météorologie et 32 en astrophysique et physique solaire.

Le 8 octobre 1996, la Belgique a perdu un grand scientifique qui aura marqué d'une pierre angulaire toute l'histoire de l'aéronomie et de la recherche spatiale. Ce jour-là, la S.R.B.A. a perdu elle aussi un de ses plus illustres acteurs et présidents d'honneurs.

Le président de la S.R.B.A. et toute la rédaction de *Ciel et Terre* rendent hommage au baron Marcel Nicolet et à son épouse qui l'a si admirablement soutenu tout au cours de sa carrière. ■