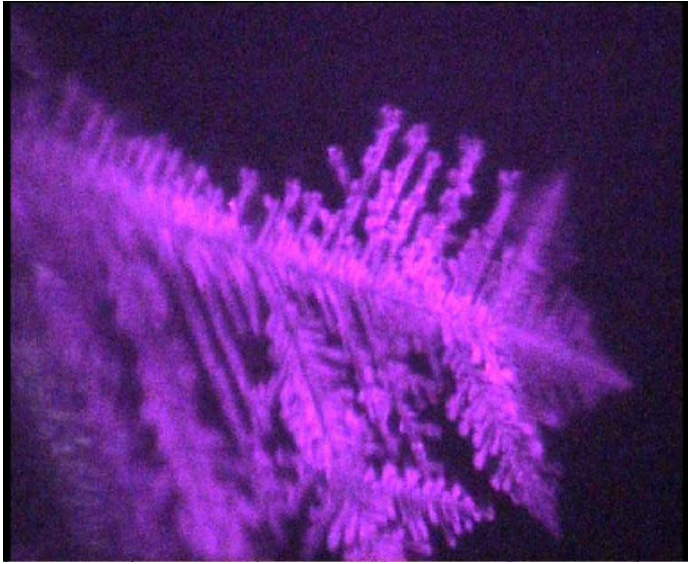


SCIENCE  
et  
CULTURE

# Physique de l'atmosphère

et

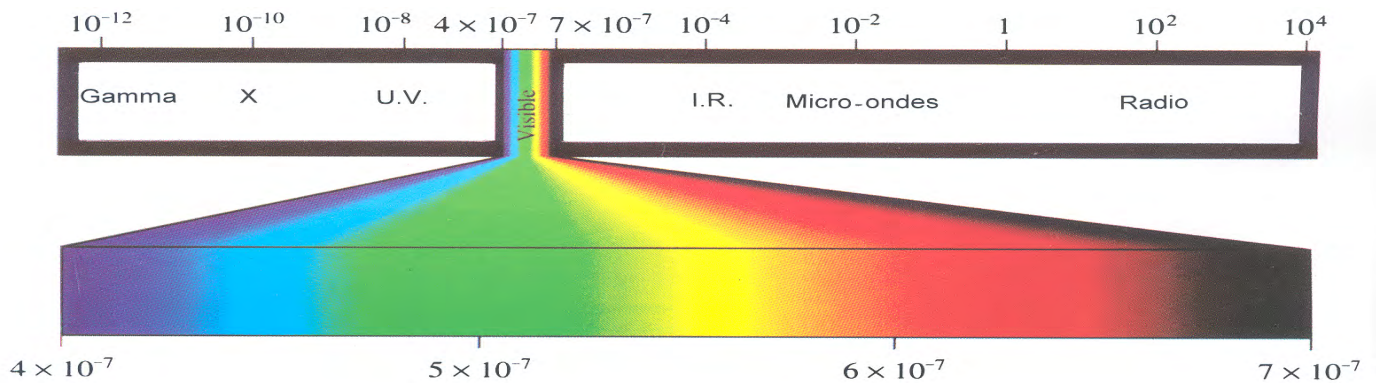
De LAVOISIER à  
la chimie en 2003



**Cristal de glace en formation**  
 photographié en lumière noire par H. CAPS et S. DORBOLO (GRASP)



Les **éclairs** prennent souvent naissance à la base d'énormes nuages en forme d'enclume : les **cumulonimbus** (ci-dessus)



**Les ondes électromagnétiques** en fonction de leurs longueurs d'onde (exprimées en mètres)



# Physique de l'atmosphère

par

**Roger MOREAU**

Secrétaire général de SCIENCE et CULTURE

et

# De LAVOISIER à la chimie en 2003

par

**René CAHAY**

Chargé de Cours hre, ULg et Administrateur de SCIENCE ET CULTURE

et

**René LINARD**

Ingénieur industriel principal

Démonstrations expérimentales organisées par SCIENCE ET CULTURE  
tous les jours ouvrables, du lundi au vendredi à 10h00 et 14h00

**du 29 SEPTEMBRE au 24 OCTOBRE 2003**

**au Domaine Universitaire de l'ULg au Sart Tilman**

## L'a.s.b.I. SCIENCE et CULTURE et les auteurs remercient :

- Le Service de l'Education Permanente de la Communauté Française.
- La Direction Générale du Service des Affaires Culturelles de la Province de Liège.
- La Direction générale de l'Economie et de l'Emploi du Ministère de la Région Wallonne.
  
- M. B. RENTIER, Vice-Recteur de l'Université de Liège et Président de la Maison de la Science.
- M. J.M. BOUQUEGNEAU, Doyen de la Faculté de Sciences.
- M. J.Cl. GERARD, Professeur (Physique atmosphérique et planétaire), Président du Département d'Astrophysique de l'ULg.
- M. Y. LION, Professeur ordinaire (Physique Générale), Président du Département de Physique de l'ULg.
  
- Les membres du Département de Chimie de l'ULg qui ont contribué à la rédaction de ce livret-guide :
  - M. Cl. HOUSSIER, Professeur ordinaire de la Faculté des Sciences et Président du Département de Chimie.
  - MM. A. CORNELIS et A. LUXEN, chargés de cours et A. GERSTMANS.
  - M. R. CLOOTS, chargé de cours.
  - Melle F. REMACLE, Chercheur Qualifié FNRS et Mme Ch. JEROME, Chargée de Recherches FNRS
  - M. Ph. GHOSEZ, Chargé de Cours.
  
- MM. P. COLSON, M. ERPICUM, B. LEYH et N. VANDEWALLE, chargés de cours à la Faculté des Sciences de l'ULg.
- M. R. GERMAY, Directeur du TURLg, Chargé de Cours à la Faculté de Philosophie et Lettres, de l'ULg.
- Mme M. JAMINON, Directrice de la Maison de la Science.
- Mme M. DESOUTER-LECOMTE, Agrégée.
- Mme M. LIEGEOIS-DUYCKAERTS, Chef de travaux.
- MM. L. DERYCK, F. REMY et Y. RENOTTE, Chefs de travaux à l'Institut de physique de l'ULg.
- M. S. DORBOLO, Chargé de Recherches FNRS (GRASP, ULg).
- M. Cl. MICHAUX, Directeur de l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP).
- M. Th. HOSAY, Responsable Service Qualité de l'Air, Institut Scientifique de Service Public (ISSeP).
- M. R. OCULA, prévisionniste principal *h're* de la Force Aérienne Belge.
- Mme A.M. WIRTZ-CORDIER, Professeur à l'ICET d'Ixelles.
- Mme B. MONFORT, MM. B. GUILLOT et N. MARECHAL, Laboratoire d'Enseignement Multimedia de l'ULg.
- M. Ph. HEROUFOSSE, Régisseur au Théâtre Universitaire Royal de Liège.
- Mmes J. CRAHAY – DETILLOUX et J. ONACAN, Programme P.R.I.M.E. 30505 de Science et Culture.
- Mme L. SOUKA, MM. A. BOUILLEZ, Cl. DEHON, J. JEUKENNE, S. LUTZ, techniciens ULg.
  
- Mmes H. DECAUWER et V. COUMANS, Boursières FRIA, Ch. BROUWIR et C. HUYNEN – VERCHEVAL, MM. Ch. BECCO, Assistant boursier, H. CAPS, Boursier FRIA, A. GIULIANI, M. MEURANT, Assistants ULg, Mme V. COLLIGNON-CLAESSEN et M. H. MARTIAL, Assistants pédagogiques ULg.

## Bibliographie concernant la PHYSIQUE DE L'ATMOSPHERE

1. La terre, les eaux, l'atmosphère, Bureau des Longitudes Ed. GAUTHIER – VILLARS, PARIS, 1997
2. J.Cl. FALQUE, Le grand Atlas de l'Astronomie, p. 88, 1983
3. B.Z. SHAKHASHIRI, Chem Demonstr., Vol. 2 p.7-8, Madison, The University of Wisconsin Press, 1987
4. E. HOFFMANN et P. KRELLSTEIN, Emission TVS de physique RTB, septembre 1967
5. La PHYSIQUE par EXPERIENCES, 1<sup>ère</sup> partie : Mécanique, fiche M444, Ed. PHYWE, Göttingen, 1964
6. C.F. BOHREN, Clouds in a glass of beer, p. 28-32, New York, John WILEY, 1987
7. F. SUAGHER et J.P. PARISOT, Jeux de lumières, Ed. Cêtre, Besançon, 1995
8. Th. HOSAY, Les réseaux de mesure de la Qualité de l'AIR en Région Wallonne, [th.hosay@issep.be](mailto:th.hosay@issep.be)
9. G. RUMEBE, L'électrostatique, N<sup>o</sup>spécial de la Revue du Palais de la Découverte, Paris, 1972 et La foudre, Revue du Palais de la Découverte N<sup>o</sup> 240, p. 23-49, 1996
10. Les phénomènes naturels, Scientific American et Pour la Science, 1978
11. Cl. BOUQUEGNEAU, La foudre, Bulletin ABPPC n<sup>o</sup> 92, 1987
12. Ch. LETEINTURIER, Les mystères de la foudre, Science et Vie, n<sup>o</sup>Hors Série 174, 108-116, 1991
13. M. HENRY, Bulletin A.B.P.P.C., N<sup>o</sup>82, p.121-148, 1974
14. Aurores terrestres : [jc.gerard@ulg.ac.be](mailto:jc.gerard@ulg.ac.be) [www.lpap.astro.ulg.ac.be/IMAGE](http://www.lpap.astro.ulg.ac.be/IMAGE)

## Première partie

# Physique de l'atmosphère

### 1. L'air atmosphérique

La Terre est entourée d'une enveloppe gazeuse dont la masse globale est de l'ordre de  $5 \cdot 10^{18}$  kg.

50% de cette masse se situent dans les 5 premiers kilomètres et les 99% dans les 30 premiers kilomètres.

La surface de notre « planète bleue » apparaît (Figure 1) largement liquide et des quantités importantes d'eau changent de phase en fonction de la température de l'atmosphère. D'où le maintien de couches de nuages et la possibilité de pluies ou de neige.

La basse atmosphère se caractérise par la constance de sa teneur en constituants gazeux qui, pour la plupart, s'y trouvent à l'état de molécules ou d'atomes électriquement neutres, contrairement aux constituants des couches supérieures.

On englobe dans le terme **basse atmosphère**, non seulement la couche appelée **troposphère** (du niveau de la mer à 11 km en moyenne) mais aussi une grande partie de la **stratosphère** (jusqu'à 45 km environ).

La basse atmosphère est composée de gaz « permanents » c'est-à-dire de gaz dont les proportions restent constantes, et de gaz de concentration variable avec l'altitude.

L'azote, l'oxygène et l'argon constituent ensemble, en volume, les 99,997% des gaz permanents.



Fig. 1 : La Terre photographiée au cours d'une mission Apollo.

CONSTITUANTS DE LA BASSE ATMOSPHERE		
GAZ PERMANENTS		% en volume
Azote	N <sub>2</sub>	78,106 à 78,114
Oxygène	O <sub>2</sub>	20,952 à 20,954
Argon	Ar	0,933 à 0,935
Néon	Ne	0,001814 à 0,001822
Hélium	He	0,000520 à 0,000528
Méthane	CH <sub>4</sub>	0,0002
Krypton	Kr	0,000113 à 0,000115
Hydrogène	H <sub>2</sub>	0,00005
Hémioxyde d'azote	N <sub>2</sub> O	0,000049 à 0,000051
Xénon	Xe	0,0000087
CONSTITUANTS DE CONCENTRATION VARIABLE AVEC L'ALTITUDE		% en volume
Eau	H <sub>2</sub> O	de 0,001 à 7
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	de 0,01 à 0,10
Dioxyde de soufre	SO <sub>2</sub>	de 0 à 0,0001
Ozone	O <sub>3</sub>	de 0 à 0,00001
Dioxyde d'azote	NO <sub>2</sub>	traces

Si les constituants permanents de l'air se répartissaient en altitude par ordre de densité décroissante, on ne trouverait plus à partir d'un niveau situé au-delà de la basse atmosphère que de l'hélium ou de l'hydrogène mais le brassage vertical de l'air permet une répartition constante à tous les niveaux.

La variation de concentration de l'air en H<sub>2</sub>O provient du fait que l'eau participe à un cycle continu du type

- évaporation
- condensation
- précipitations

qui a lieu essentiellement dans les 11 premiers kilomètres de l'atmosphère ; l'eau atmosphérique se trouve donc localisée dans les basses couches. L'ozone est pratiquement concentré dans la couche comprise entre 20 et 45 kilomètres d'altitude .

Les variations de la teneur de l'air en CO<sub>2</sub> proviennent des phénomènes de combustion et de photosynthèse à la surface de la Terre et de l'absorption ou de l'émission par les océans.