Atmosphère et couches atmosphériques

L'atmosphère peut être divisée en plusieurs couches. Dans la couche la plus basse, la troposphère, la température diminue en général de 5,5 °C par tranche de 1 000 m. C'est dans cette couche que se forment la plupart des nuages. La troposphère s'étend sur environ 16 km dans les régions tropicales (jusqu'à une température de - 80 °C environ) et sur environ 9,7 km sous les latitudes tempérées (jusqu'à une température de - 50 °C environ). Au-dessus de la troposphère se trouve la stratosphère. Dans la basse stratosphère, la température est pratiquement constante ou augmente légèrement avec l'altitude, notamment dans les régions tropicales. À l'intérieur de la couche d'ozone, la température augmente plus rapidement, et la température observée à la limite supérieure de la stratosphère, à près de 50 km au-dessus du niveau de la mer, est approximativement identique à celle de la surface de la Terre. La couche située entre 50 et 80 km au-dessus du niveau de la mer est appelée la mésosphère et se caractérise par une baisse sensible de la température allant de pair avec l'élévation de l'altitude.

On sait, grâce à des recherches effectuées sur la propagation et la réflexion des ondes hertziennes, qu'à partir d'une altitude de 80 km, les ultraviolets, les rayons X et les gerbes d'électrons provenant du Soleil ionisent plusieurs couches de l'atmosphère, les rendant ainsi conductrices de l'électricité ; ces couches renvoient vers la Terre les ondes hertziennes de certaines fréquences. En raison de la concentration relativement forte des ions dans l'air au-delà de 80 km, cette couche, qui s'étend jusqu'à une altitude de 640 km, est appelée ionosphère. Elle est aussi appelée thermosphère par suite des températures élevées qui y règnent (elles peuvent atteindre 1 200 °C à 400 km environ). La région située au-delà de l'ionosphère est appelée exosphère ; elle se prolonge jusqu'à environ 9 600 km, limite ultime de l'atmosphère.

I. Troposphère

Une couche inférieure de l'atmosphère terrestre, comprise entre la surface de la Terre et la stratosphère. C'est dans la troposphère que se manifestent les phénomènes météorologiques. Cette couche s'élève à une altitude d'environ 11 km au-dessus des pôles et peut atteindre jusqu'à 16 km au-dessus des régions équatoriales. La tropopause représente la limite entre la troposphère et la stratosphère.

La troposphère contient 80 p. 100 de la masse totale des gaz de l'atmosphère et 99 p. 100 de la totalité de la vapeur d'eau. En général, sa température diminue à raison de 5° à 6 °C par kilomètre. Dans la troposphère, les échanges de chaleur sont produits par les turbulences et les courants, et les échanges d'eau par évaporation ou précipitation. L'intensité de ces courants augmente avec l'altitude et les nuages les plus élevés atteignent une altitude de 10 km.

II. Stratosphère

Une couche supérieure de l'atmosphère, qui commence à une altitude de 13 à 19 km et s'étend jusqu'à presque 50 km. La stratosphère est comprise entre la troposphère et la mésosphère. Dans la partie inférieure de la stratosphère, la température reste pratiquement constante. Cependant, dans la partie supérieure, elle augmente rapidement avec l'altitude en raison de l'absorption de la lumière du Soleil par l'ozone. La stratosphère est pratiquement dépourvue de nuages ou d'autres phénomènes météorologiques.

III. Mésosphère

Une couche de l'atmosphère terrestre qui s'étend entre 50 et 80 km d'altitude, au-dessus de la stratosphère et sous la thermosphère, et dont la principale caractéristique est la baisse de température avec l'altitude. Les frontières de la mésosphère avec les deux couches qui la jouxtent sont la stratopause et la mésopause.

Bien que la mésosphère contienne moins de 0,1 p. 1 000 de la masse totale de l'atmosphère, elle joue un rôle important à cause de l'interaction de ses molécules avec les rayons, menant à une forte ionisation et à des réactions chimiques. La mésosphère contient les mêmes gaz que la troposphère (principalement de l'azote et de l'oxygène), ainsi que d'autres composés mineurs comme l'ozone, dont l'effet de serre est maximal à la base de la mésosphère. C'est la baisse de concentration de l'ozone à travers celle-ci qui cause la chute correspondante de la température mésosphérique.

Au sein de la mésosphère, la baisse rapide de la température affecte un air très peu dense, d'un millième de la densité du niveau de la mer au bas de la couche à une valeur cent fois

moindre au sommet de la couche : il en résulte des turbulences et des vagues atmosphériques très diverses selon l'altitude et la date. De telles perturbations sont importantes non seulement à cause du mélange des gaz atmosphériques qui en résulte, mais aussi par leurs effets dynamiques : lorsque navettes et vaisseaux spatiaux rentrent dans l'atmosphère terrestre, la simple traînée aérodynamique rencontrée dans la haute atmosphère se double, dans la mésosphère, d'effets perturbateurs dus aux vents et aux courants. Ainsi sait-on que les vagues mésosphériques de petite ampleur provoquent un courant saisonnier : il naît au bas de la mésosphère, au-dessus de la calotte polaire estivale, culmine au-dessus de l'équateur et redescend sur la calotte hivernale de l'hémisphère opposé.

En été, la chute de la température mésosphérique avec l'altitude (due à la diminution d'ozone) est aggravée par un refroidissement supplémentaire dû aux courants ascensionnels qui chassent les gaz en hauteur et les dilatent. Il en résulte que pendant l'été local la mésopause polaire est la zone la plus froide de l'atmosphère : les températures descendent à - 110 °C, avec des pointes occasionnelles à - 140 °C. Parfois, ces basses températures sont associées à de fines couches de nuages, que l'on distingue au crépuscule (quand la mésosphère est encore éclairée alors que la surface de la Terre est dans l'obscurité).

La mésosphère est le siège d'une intense activité électrique, en particulier dans la région-D, où l'ionisation de l'oxygène atomique (O) et moléculaire (O₂) libère un grand nombre d'électrons. L'ionisation est due principalement au rayonnement solaire incident et disparaît durant la nuit, ce qui explique alors la nette amélioration des transmissions radios.

Les composants chimiques mineurs de la basse atmosphère, qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle, peuvent atteindre la mésosphère, souvent à partir de courants ascendants dans la stratosphère tropicale : une fois dans la mésosphère, ils peuvent alors se déplacer autour du globe en moins de six mois et envahir toutes les latitudes. À cause de la rapidité des flux dans la mésosphère, les variations chimiques y sont aisément détectables ; elles trahissent souvent des phénomènes en profondeur.

IV. Ionosphère

Une zone de l'atmosphère présentant une forte densité en ions et en électrons. Cette ionisation est un phénomène déterminant pour les télécommunications car les ondes radioélectriques, courtes et longues, sont réfléchies par les différentes couches de l'atmosphère. L'ionosphère s'étend entre 60 et 1 000 km d'altitude (au-delà se développe la magnétosphère). À cette division de l'atmosphère en fonction de ses propriétés électriques se superpose une division de l'atmosphère en fonction de l'altitude. Ainsi, l'ionosphère débute

dans la mésosphère (pour la portion comprise entre 60 et 85 km) et se prolonge dans l'exosphère (au-delà de 600 km), mais sa portion la plus importante coïncide avec la thermosphère. Celle-ci est une couche de l'atmosphère, comprise entre 85 et 600 km d'altitude, qui doit son nom au fait que la température y croît, en même temps que l'altitude, jusqu'à plus de 1 200 °C. Cela vient de ce que cette zone absorbe très fortement les radiations ultraviolettes. Mais à ces altitudes l'air est extrêmement raréfié — il a à peu près la densité du gaz dans un tube à vide — et l'absorption du rayonnement ultraviolet occasionne son ionisation. L'énergie qui rayonne d'un émetteur vers l'atmosphère, est en partie absorbée par l'air ionisé, et en partie réfléchi vers le bas, en direction de la surface de la Terre. L'effet de réflexion rend possible la réception de signaux radio à des distances supérieures à celles que ces ondes pourraient atteindre si elles se déplaçaient le long de la surface de la Terre.

De telles ondes réfléchies, cependant, atteignent la Terre seulement à des distances bien définies de l'émetteur ; la distance dépend de l'angle de réflexion et de l'altitude. Il en découle qu'un signal radio peut être inaudible à 100 km de l'émetteur, mais audible à 500 km. En certains points, les ondes radio directes et les ondes radio réfléchies peuvent atteindre le récepteur et interférer les unes avec les autres, produisant un phénomène connu sous le nom de fading (évanouissement).

La quantité d'ondes réfléchies par l'ionosphère décroît lorsque la fréquence augmente, et les ondes de très haute fréquence ne sont pour ainsi dire plus réfléchies. Par conséquent, les transmissions longue distance au moyen d'ondes haute fréquence sont limitées à la ligne d'horizon. La télévision et la modulation de fréquence (MF) utilisent toutes les deux les ondes de haute fréquence. La transmission longue distance ne peut être effectuée qu'en ligne droite, comme entre la Terre et un satellite de communication ; le signal peut alors être relayé par le satellite vers un point éloigné à la surface de la Terre.

L'ionosphère est habituellement divisée en trois couches principales : une couche basse appelée couche D, située entre 60 et 90 km ; une couche E (quelquefois appelée couche de Heaviside ou de Kennelly-Heaviside), qui se situe entre 90 et 150 km au-dessus de la surface de la Terre, et qui réfléchit les ondes basse fréquence ; et une couche haute appelée couche F, ou couche d'Appleton, qui réfléchit les ondes radio de fréquence plus élevée. Cette dernière couche est subdivisée à son tour en deux couches, la couche F1, qui commence à une altitude de 150 km et la couche F2, qui commence à une altitude de 300 km de la surface de la Terre. La couche F est sujette à de fortes variations diurnes et saisonnières et, par conséquent, ses propriétés réflexives aussi.