

EPREUVE DE CULTURE SCIENTIFIQUE GEOSCIENCES

Exercice 1: Structure verticale de la troposphère

Dans cet exercice nous allons décrire la structure thermique verticale des couches les plus basses de l'atmosphère terrestre. La signification de certains symboles et la valeur de certaines constantes physiques sont données dans la Tab.1.

La première loi de la thermodynamique peut être écrite ainsi :

$$c_v dT + P d\alpha = J \quad (1)$$

où dT et $d\alpha$ sont les variations de température et de volume spécifique (l'inverse de la densité), p est la pression et J représente l'énergie fournie au système depuis l'extérieur.

Symbole	Signification	Valeur	
R	Constante des gaz parfaits	287	$J \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
c_p	Chaleur spécifique de l'air sec à pression constante	1005	$J \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
c_v	Chaleur spécifique de l'air sec à volume constant	717	$J \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
ρ	Densité de l'air	1	Kg m^{-3}
g	accélération de gravité à la surface de la Terre	9.81	m s^{-2}

Table 1: Signification et valeur de certains symboles non définis dans le texte.

question 1

En faisant l'hypothèse que l'atmosphère est sèche, adiabatique et hydrostatique, c'est à dire que

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g,$$

trouver le profil adiabatique sec, c'est à dire la dérivée verticale de la température de l'atmosphère.

suggestion : utiliser l'éq.1 et la loi des gaz parfaits : $p\alpha = RT$

question 2

2.1 Si la température moyenne de la Terre au niveau de la mer est de 15°C , quelle est la température à 2000 mètres d'altitude, en admettant toujours les hypothèses spécifiées plus haut?

2.2 L'estimation au point précédent est en fait beaucoup trop froide par rapport aux données observées ; pourquoi ? Quel est l'élément manquant ?

question 3

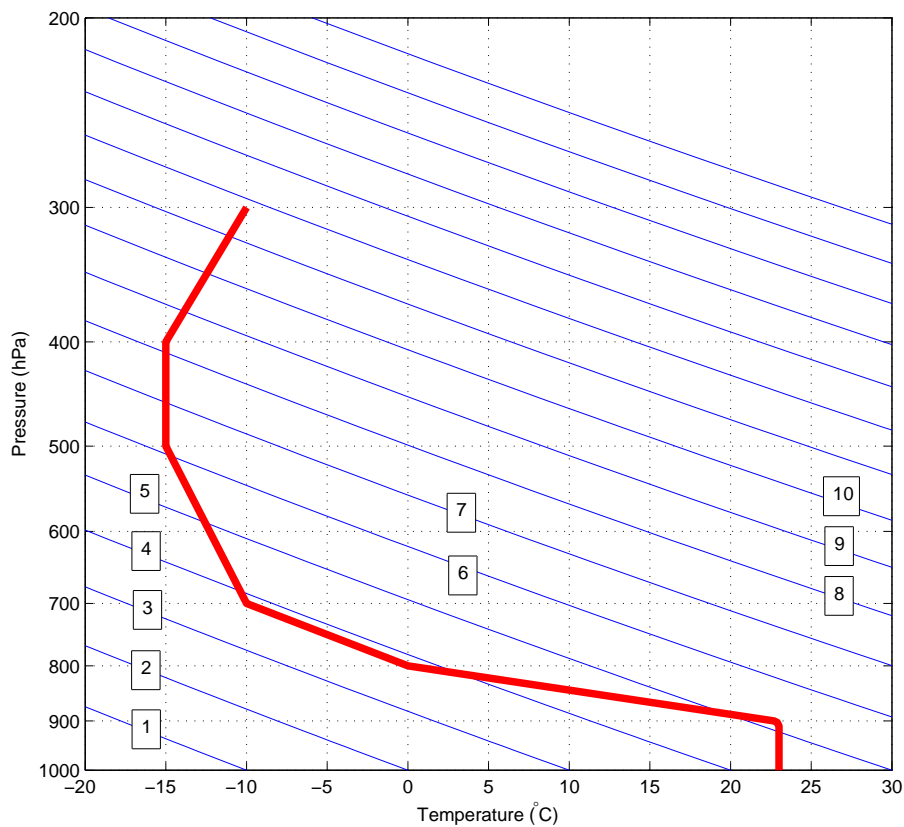


Figure 1: En bleu : plots température-pression des lignes de θ constante. En rouge: Température mesurée à différents niveaux par un ballon.

Montrer que, toujours dans l'hypothèse d'atmosphère sèche, hydrostatique et adiabatique, la température peut être exprimée comme une fonction de la pression $\theta(p)$, avec la formule suivante :

$$\theta(p) = T_0 \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R}{c_p}} \quad (2)$$

Où T_0 est la température à un niveau de pression de référence p_0 .

$\theta(p)$ est appelée température potentielle ; c'est la température qu'aurait une particule d'air si elle était déplacée adiabatiquement au niveau de pression de référence p_0 , typiquement 1000 mb. Son profil vertical nous dit si l'atmosphère est stable ou instable verticalement par rapport à des perturbations. Quand l'atmosphère est instable, des mouvements convectifs apparaissent.

question 4

4.1 En Fig.1, on montre en bleu des lignes de θ constante dans un plan température-pression. Les lignes sont numérotées : laquelle correspond à $\theta = 273.15^\circ K$?

4.2 La ligne rouge en Fig.1 montre les mesures de température prises par un ballon à différents niveaux de pression pendant son ascension. A quels niveaux l'atmosphère est-elle instable ?

question 5

Que sont les mouvements convectifs dans l'atmosphère terrestre? Dans quelles régions de la Terre sont-ils le plus fréquent et en quelle saison?

Geosciences - Epreuve de connaissances scientifiques générales

Exercice 2

ONDES SONORES

On rappelle que le déplacement longitudinal ξ à partir de l'équilibre, d'un point, pour une onde plane stationnaire de compression, dans la direction x , s'exprime comme

$$\xi = \xi_0 \sin(kx)e^{-i\omega t} \quad (1)$$

avec $k = n\pi/l$, l étant l'épaisseur de gaz et $n = 1, 2, 3, \dots$

On rappelle que, par définition, le module élastique est

$$M = -p\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^{-1} \quad (2)$$

avec V le volume original considéré, p étant la surpression.

I-

La vitesse du son dans le gaz est

$$c = \left(\frac{\text{module adiabatique de compression}}{\text{densité}}\right)^{1/2} \quad (3)$$

Montrer que cette relation est correcte du point de vue dimensionnel.

II-

Supposant que l'air est un gaz idéal de masse molaire $29 \cdot 10^{-3}$ kg/mole, avec $R = 8.31$ J/mole/K, montrer que la vitesse moyenne u d'une molécule d'air est d'environ 500 m/s.

III-

Soit une onde plane stationnaire de fréquence 10^3 Hz dans l'air à 300K. On suppose que l'amplitude de la surpression associée est 10^{-7} MPa (comparée à la pression ambiante de 10^{-1} MPa). Estimer (ordre de grandeur) l'amplitude du déplacement des molécules d'air associé avec l'onde.

IV-

La relation précédente donnant la vitesse du son implique que la propagation du son dans l'air est un processus quasistatique. Sachant que $c = 340$ m/s et que $u = 500$ m/s, comment le processus peut-il être quasistatique?