

EXERCICES

Stratification et stabilité

1 Ballon stratosphérique

Un ballon rempli d'hélium doit emporter une charge de 100 kg à une altitude de 30 km. Quel est le volume requis pour le ballon si le matériau utilisé pour sa construction est une feuille de polyéthylène épaisse de 25 μm et de masse volumique 1 g/cm³. Quel est le volume lors du lancement au niveau de la mer ?

2 Hauteur d'un panache

Un panache d'air chaud est émis par la tour de refroidissement d'une centrale électrique à 1000 hPa avec une température de 30°C. Si l'air émis est sec, à quelle altitude va monter le panache si la variation de l'air ambiant avec l'altitude est : (a) $T(z) = 20 - 8z$ et (b) $T(z) = 20 + z$ où T est exprimé en °C et z en kilomètres. On prendra $C_p = 1005 \text{ J/kg/K}$ et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Supposez maintenant que l'air émis n'est plus sec et qu'un nuage se forme à 900 hPa. Est ce que la température potentielle est plus élevée ou moins élevée à l'intérieur du nuage qu'en dessous ? Est ce que la force d'Archimède dans le nuage est plus ou moins grande que ce qu'elle serait si l'air était sec ?

2.1 Indications

On cherchera la loi de variation de $T(z)$ à l'intérieur du panache supposé se détendre de manière adiabatique.

3 Décroissance de la pression

Calculez pour l'atmosphère de la Terre la hauteur de la surface où la pression est un dixième de sa valeur au niveau de la mer en supposant (a)

une température uniforme de 290 K, (b) une température de 290 K au sol et une décroissance de 10 K/km au dessus.

3.1 Indications

Utilisez la loi hydrostatique et la loi du gaz parfait

4 Effet de Foehn

Le Foehn est un vent sec et chaud descendant des montagnes. Le versant exposé au vent et le sommet des montagnes sont dans les nuages mais le versant aval où souffle le Foehn est clair. La figure 1 montre une exemple de cette situation lorsque souffle depuis Courmayeur un vent d'Est humide.

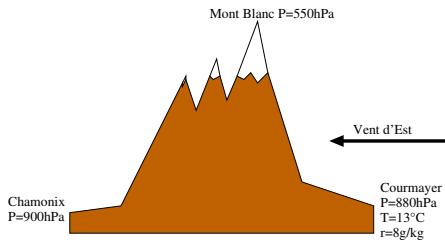


FIGURE 1 – Schématisation de l'effet de foehn sur la massif du Mont-Blanc.

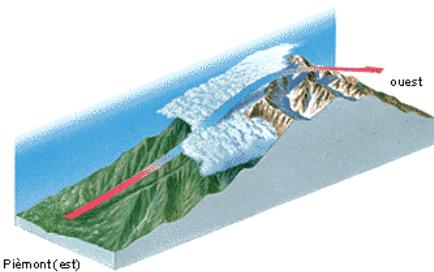


FIGURE 2 – Effet de foehn : trajectoire de l'air et précipitations.

On considère une situation où à Courmayeur sur le versant exposé au vent, la température de surface est de 20°C et le rapport de mélange de l'eau 15 g/kg à 880 hPa. Si le sommet est à 550 hPa et si toute l'humidité qui se condense est précipitée avant son passage au sommet, déterminez sur l'émagramme ci-joint

- (a) le trajet de la parcelle d'air ascendant depuis Courmayeur
- (b) le trajet de la parcelle d'air descendant depuis le Mont-Blanc jusqu'à Chamonix.

En déduire

- (c) la température de surface à 900 hPa dans la vallée de Chamonix en aval,
- (d) le rapport de mélange et l'humidité relative (humidité de l'air par rapport à l'humidité saturante) au même endroit.

5 Panache au dessus d'une tour de refroidissement

Le panache émis par une tour de refroidissement quitte la tour au niveau 825 hPa. Un nuage se forme au dessus. Si le profil ambient de température est isotherme avec $T = 5^\circ\text{C}$ et si la température au sommet de la tour est 30°C et le rapport de mélange 25 g kg^{-1} , déterminez

- (a) l'humidité relative au sommet de la tour,
- (b) le point de rosée au sommet de la tour,
- (c) la pression à la base du nuage,
- (d) la température potentielle équivalente saturée dans le nuage,
- (e) le rapport de mélange à 700 hPa,
- (f) la pression au sommet du nuage.

Vous vous aiderez du diagramme annexé où les courbes figurent les adiabatiques, les pseudoadiabatiques et les rapports de mélange saturants. Vous y reporterez les points importants.

6

Au dessus d'une station située dans les tropiques, la température décroît de $7,2 \text{ K}$ par km de 1000 à 200 hPa et le profil est isotherme au-dessus. A la surface, la température est de 33°C et l'humidité relative est suffisante pour assurer presque immédiatement la saturation si un mouvement vertical se produit. En approximant la décroissance de température de l'adiabatique saturée par $6,5 \text{ K}$ par km, calculez la vitesse maximale atteinte au sein des tours convectives.

7

On considère un taux de décroissance de la température $\Gamma = 7 \text{ K km}^{-1}$ et un rapport de mélange de la vapeur d'eau $r = r_0 e^{-z/h}$ avec $h = 2,5 \text{ km}$. Caractérisez l'instabilité de la troposphère vis à vis d'un soulèvement de grande échelle (par exemple au passage d'une montagne ou d'un front) avec une humidité typique pour (a) les latitudes tempérées, soit $r_0 = 5 \text{ g kg}^{-1}$, (b) les tropiques, soit $r_0 = 25 \text{ g kg}^{-1}$. On utilisera $L = 2,5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$, $R = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et $C_p = 1005 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

