

Licence-Master Sciences de la planète Terre

LICENCE (L3)

**Physique de l'atmosphère**

**TD 3 - Dynamique de l'atmosphère**

RIWAL PLOUGONVEN

Ecole Normale Supérieure - Laboratoire de Météorologie Dynamique  
bureau LMD5 - 01 44 32 27 31 - [plougon@lmd.ens.fr](mailto:plougon@lmd.ens.fr)

Jeudi 1er décembre 2005

# 1 Vent thermique et distribution globale des vents troposphériques et stratosphériques

## 1.1 Vent thermique

- Q1. Rappelez les équations du mouvement en coordonnées cartésiennes pour un fluide stratifié en rotation ; on supposera la rotation constante.
- Q2. Que deviennent ces équations si l'on choisit la pression comme coordonnée verticale.
- Q3. Reliez le cisaillement vertical du vent géostrophique au gradient horizontal de température.
- Q4. Tirez-en une règle générale (*rule of thumb*) quant à l'orientation du vent thermique.

## 1.2 Distribution globale des vents

- Q5. Dans la troposphère, quelle est la source de chauffage ? Dans quelle direction sont les gradients horizontaux de température ?
- Q6. Dans la stratosphère, quelle est la source de chauffage ? Par conséquent, comment sont les gradients horizontaux de température dans la stratosphère, en hiver boréal puis en été boréal ?
- Q7. En supposant que les vents en surface sont de faible intensité, déduisez en, qualitativement, l'allure générale que doivent avoir les vents moyens en troposphère et en stratosphère ?

# 2 Equation de continuité

Considérez un petit volume parallélépipédique de côtés  $\delta x$ ,  $\delta y$  et  $\delta z$ , centré en  $(x, y, z)$ .

## 2.1 Dérivation eulérienne

- Q8. Exprimez la masse de fluide qui entre par unité de temps par la face située en  $x - \delta x/2$ .
- Q9. Exprimez la masse de fluide qui entre par unité de temps par la face située en  $x + \delta x/2$ .
- Q10. En considérant les flux entrant et sortant dans les trois directions, exprimez la variation de la masse de fluide dans le volume par unité de temps.
- Q11. Exprimez cette variation en utilisant  $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ .
- Q12. Déduisez en l'équation de continuité :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\mathbf{u} \rho) = 0 . \quad (1)$$

## 2.2 Dérivation lagrangienne

Considérez un volume matériel de fluide parallélépipédique  $\delta x \delta y \delta z$ .

- Q13. Que vaut sa masse ?
- Q14. Ecrivez que la dérivée lagrangienne de sa masse est nulle.
- Q15. Que vaut  $\frac{D \delta x}{Dt}$  ?
- Q16. Obtenez ainsi, à nouveau, l'équation de continuité.

### 3 Vent géostrophique : application

Un pilote traversant l'océan à la latitude 45N dispose d'un baromètre altimétrique et d'un radar altimétrique, ce dernier mesurant directement son altitude par rapport à la mer. Volant à 100 m/s par rapport à l'air environnant, le pilote maintient son altitude en se référant à son baromètre altimétrique (c'est à dire qu'il vole à pression constante). A un instant donné, il note que son radar altimétrique indique 5700 m et une heure plus tard, il note que la valeur est 5950 m. Dans quelle direction et de quelle distance le pilote a-t-il dévié de son cap pendant cette heure ?

### 4 Vent thermique : application

La température moyenne dans la couche 750-500 hPa décroît vers l'est de 3 K pour 100 km. Si le vent géostrophique à 750 hPa est du sud-est et de 20 m/s, quelle est la direction et la vitesse du vent géostrophique à 500 hPa. On prendra  $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ .