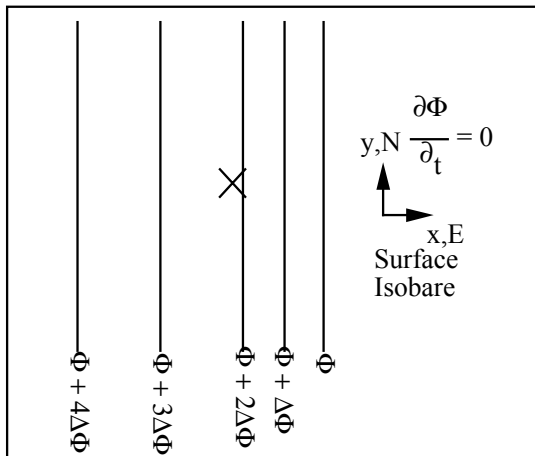


SYNOPTIQUE  
SCA 5621 et SCA 7041/42  
Exercices pour l'examen de fin de session couvrant les chapitres 3, 4 et 5.  
Hiver 2006

I. Pour la distribution des isohypses ci-bas,



Pour le point X...

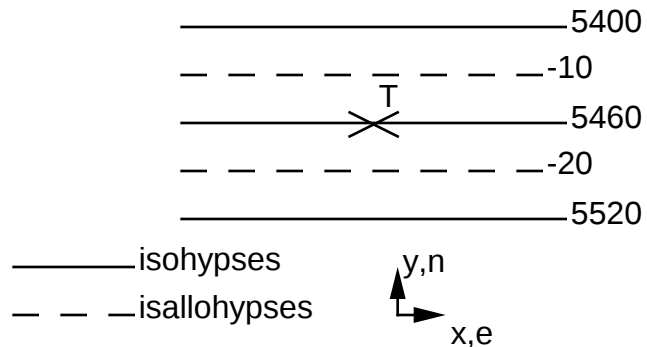
A) Quel est la direction :

- 1) du gradient horizontal du géopotential : **Ouest** (pointe vers...)
- 2) de la force horizontale de pression : **Est** (pointe vers...)
- 3) de la force de Coriolis (en supposant un équilibre géostrophique) **Ouest** (pointe vers...)
- 4) de la force de frottement dans la couche limite (en supposant un équilibre entre les forces de pression, de Coriolis et de frottement) : **Nord-Ouest** (pointe vers...)
- 5) de la force de Coriolis dans la couche limite (en supposant un équilibre entre les forces de pression, de Coriolis et de frottement) : **Sud-Ouest** (pointe vers...)
- 6) du vent géostrophique : **Vent du Nord** (vecteur pointe vers le sud)
- 7) du vent dans la couche limite (en supposant un équilibre entre les forces de pression, de Coriolis et de frottement) : **Vent du Nord-Ouest** (vecteur pointe vers le sud-est)

B) Indiquez le signe de

- 1) divergence du vent géostrophique : **+** (positif car il y a divergence du vent géostrophique)
- 2) tourbillon du vent géostrophique : **-** (négatif car il y a rotation horaire par cisaillement du vent)
- 3) divergence du vent dans la couche limite (en supposant un équilibre entre les forces de pression, de Coriolis et de frottement) : **+** (positif car il y a divergence du vent en équilibre)

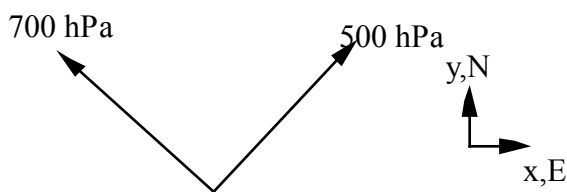
- 4) tourbillon du vent horizontal dans la couche limite (en supposant un équilibre entre les forces de pression, de Coriolis et de frottement) : - (négatif car le tourbillon du vent en équilibre a le même signe que le tourbillon géostrophique, sa valeur (i.e. grandeur) est cependant moindre)
- 5) du mouvement vertical au sommet de la couche limite en supposant que  $\omega_s$  et  $\omega_0$  sont nuls. + (positif car la divergence dans la couche limite entraîne la formation d'un mouvement vertical vers le bas, donc  $\omega > 0$ )



II. Pour les patrons des isohypses et isallohypses ci-dessus qui se trouve dans l'atmosphère libre, indiquer au point **T** la direction des vecteurs suivants:

- A. Force de gradient de pression : **Nord** (pointe vers...)  
 B. Vent géostrophique : **Vent de l'ouest** (vecteur pointe vers l'est)  
 C. L'accélération : **Ouest** (pointe vers...)  
 D. Le vent agéostrophique : **Vent du Nord** (vecteur pointe vers le sud)

III. Les vecteurs ci-dessous représentent les vents mesurés au-dessus d'une station météorologique à 700 et 500 hPa.



Dans cette couche (i.e. entre 700 et 500 hPa) ...

A) Quelle est la direction (sur le plan horizontal) de

1)  $\partial \vec{V} / \partial p$  : **Ouest** (pointe vers...)

2)  $\vec{V}_T$  : **Sud** (pointe vers...) car  $\frac{\partial \vec{V}}{\partial p} \approx \frac{\partial \vec{V}_g}{\partial p}$  et  $\nabla_p T = -\frac{f p}{R} \frac{\partial \vec{V}_g}{\partial p} \times \hat{k}$

- B) Quelle est le signe de  $-\vec{V} \cdot \vec{\nabla} T$  (en moyenne dans la couche) ? +  
C) Est-ce qu'il y advection d'air chaud ou froid ? **chaud**

#### IV. Expliquez les faits suivants:

- 1) Dans l'atmosphère libre, les dérivées isobariques du vent horizontal  $\partial u/\partial x$  et  $\partial v/\partial y$  sont presque égales et de signes contraires.

Le vent étant quasi-géostrophique et le fait que le vent géostrophique soit quasi non divergent font en sorte que de toute convergence (divergence) du vent dans une direction est quasi-contrebalancée par de la divergence (convergence) dans l'autre direction. Faire démonstration en dérivant la définition du vent géostrophique par rapport à  $x$  et  $y$ .

- 2) Les zones de forts vents (courant jets) dans la haute troposphère ( $\approx 10$  km) sont associés avec des zones de fort gradient horizontal de température dans les couches inférieures.

On sait par l'équilibre hydrostatique que la pression varie à la verticale de façon proportionnelle à la densité, donc de façon inversement proportionnelle à la température. Comme le vent horizontal est près de l'équilibre géostrophique, son intensité est directement liée au gradient de pression (hauteur) à l'horizontal... un fort contraste de température à l'horizontale aux niveaux inférieurs entraîne par équilibre hydrostatique un fort gradient de pression (hauteur) au-dessus de cette région et donc une région de fort vent en altitude (faire un dessin pour montrer le tout).

- 3) Dans l'atmosphère libre, lorsque le patron des isohypses est stationnaire (en régime permanent) le vent autour d'une haute pression souffle plus vite (le module est plus grand) que le vent géostrophique

Si on admet que le vent varie de façon similaire au vent géostrophique (approximation quasi-géostrophique)... Autour d'une haute pression le vent géostrophique tourne dans le sens horaire et donc à une accélération dirigée vers le centre de haute pression. Le vent agéostrophique étant toujours dirigé vers la gauche par rapport à l'accélération, a pour conséquence que dans une haute pression le vent agéostrophique est dans la même direction que le vent géostrophique et explique que le vent soit super-géostrophique. (faire un dessin avec les forces et accélération en jeu).

On peut aussi expliquer le phénomène en décrivant, pas à pas, le déplacement d'une particule autour d'une haute pression. On y constate des oscillations mais, en moyenne, le vent est super-géostrophique.

- V. Expliquez physiquement comment un maximum (sur le plan vertical) d'advection positive de tourbillon dans la basse troposphère produit un mouvement vertical descendant et de la cyclonisation (augmentation du tourbillon) au sol.

Advection positive de tourbillon signifie divergence du vent horizontal... donc un maximum d'advection positive de tourbillon dans la basse troposphère indique un maximum de divergence du vent horizontal dans la basse troposphère. Cette divergence entraîne une diminution de la masse d'air dans la colonne ce qui provoque une chute de la pression au sol, et par conséquent une chute des niveaux de pression en altitude. Cette baisse des niveaux de pression entraîne la formation d'un vent isallobarique qui converge. On se retrouve alors avec convergence du vent horizontal en altitude jumelée à une divergence du vent horizontal dans les bas niveaux ce qui entraîne, par continuité, la formation d'un mouvement vertical descendant. La baisse de pression au sol entraîne la formation d'un vent isallobarique convergent près de la surface... avec le temps ce vent sera peu à peu dévié vers la droite par l'effet de Coriolis, augmentant ainsi le tourbillon à la surface.

## VI.

a) Quelles sont les 5 équations nécessaires pour former un modèle numérique quasi-géostrophique.

1. Définition du vent d'équilibre
2. Définition du tourbillon géostrophique
3. Équation d'oméga quasi-géostrophique
4. Équation quasi-géostrophique du tourbillon
5. Équation hypsométrique

b) Quels sont les paramètres de base qui doivent être mesurés pour intégrer un modèle numérique quasi-géostrophique?

- Température
- Pression au sol
- Humidité

d) Décrivez les étapes d'intégration de ce modèle.

- a) Calculer  $\Phi_p$  à partir de la pression au sol et de la température en utilisant l'équation 5
- b) Calculer le vent d'équilibre et le tourbillon géostrophique en utilisant les équations 1 et 2
- c) Calculer le mouvement vertical à partir de l'équation 3
- d) Calculer le nouveau tourbillon géostrophique à partir de l'équation 4
- e) Calculer le nouveau  $\Phi_p$  à partir de l'équation 2
- f) Calculer la nouvelle température en utilisant l'équation 5
- g) Répéter les étapes b-f