



**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT
D'ELEVES INGENIEURS DES TRAVAUX DE LA METEOROLOGIE**

SESSION 2016

EPREUVE FACULTATIVE A OPTION :

METEOROLOGIE GENERALE

Durée : 3 heures

Coefficient : 2 (pour les points au-dessus de 10)

La rigueur, le soin et la clarté apportés à la rédaction des réponses seront pris en compte dans la notation.

L'utilisation de toute documentation (dictionnaire, support papier, traducteur, téléphone portable, assistant électronique, etc...) est strictement interdite.

Cette épreuve comporte 3 parties indépendantes. Les parties peuvent être abordées dans l'ordre du choix des candidats.

Barème envisagé :

- Partie 1 : 6 points
- Partie 2 : 7 points
- Partie 3 : 7 points

Cette épreuve comporte 4 pages (page de garde incluse).

On donne :

- l'accélération de la pesanteur : $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$
- la capacité calorifique à pression constante de l'air sec : $c_{pa} = 1004 \text{ J.kg.K}^{-1}$
- la constante spécifique de l'air sec : $R_a = 287 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

PARTIE I

1] Bilan radiatif moyen par cercle de latitude

On considère le bilan radiatif du système terre-atmosphère terrestre, en moyenne annuelle, par cercle de latitude.

- a] Comparer, aux basses latitudes puis aux hautes latitudes, le rayonnement solaire qui est absorbé par l'atmosphère et le rayonnement infrarouge émis vers l'espace ?
- b] En déduire les conséquences sur les mouvements atmosphériques.

2] Bilan radiatif moyen sur la verticale

- a] Expliquer pourquoi le bilan radiatif sur la verticale est, en moyenne et à grande échelle, déséquilibré ?

On distinguera les profils verticaux du flux infrarouge net et du flux solaire net.

- b] Compte tenu de ce déséquilibre, comment réagit l'atmosphère
 -) à grande échelle ?
 -) à petite échelle ?

3] Tropopause

- a] Quels sont les trois méthodes pour diagnostiquer la tropopause ?
- b] Quels sont les intérêts majeurs du tourbillon potentiel ?
- c] Donner une valeur typique du tourbillon potentiel en moyenne troposphère et en moyenne stratosphère. On exprimera les résultats en unité de tourbillon potentiel (PVU).

4] Echelles atmosphériques

Indiquer et définir les différentes échelles phénoménologiques utilisées en météorologie suivant leur étendue horizontale et leur durée de vie. Donner des exemples de chacune d'elle.

5] Les moyennes latitudes

L'atmosphère des moyennes latitudes peut être décrite par des structures permanentes ou quasi-permanentes, de la variabilité basse fréquence et enfin de la variabilité synoptique à plus haute fréquence.

Définir et donner les principales caractéristiques :

- a] de la zone barocline moyenne
- b] des ondes quasi-stationnaires
- c] de la NAO (North Atlantic Oscillation)
- d] des perturbations baroclines

PARTIE II

1] Structure verticale de l'atmosphère au repos

Dans une atmosphère au repos, les variables d'état ne dépendent que de l'altitude z . Connaissant le profil vertical de la densité ou de la température, en déduire :

- a] le profil vertical de la pression pour une atmosphère isotherme
- b] l'épaisseur d'une couche d'atmosphère située entre les pressions p_1 et p_2 si la température est une fonction du logarithme népérien de la pression
- c] dans le cas général, on ne fait pas d'hypothèse sur le profil vertical de la température. Comment varie l'épaisseur d'une couche atmosphérique située entre les pressions p_1 et p_2 en fonction de la température ?
- d] Application numérique : calculer l'épaisseur de la couche 1000-500 hPa dans une atmosphère isotherme pour $T=273\text{K}$ et $T=205\text{K}$

2] Température potentielle

On rappelle l'équation d'évolution de la température.

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{R}{c_p} \cdot \frac{T}{P} \cdot \frac{DP}{Dt} + \frac{1}{c_p} \dot{Q}$$

- a] Préciser les différents termes de cette équation.
- b] Comment évolue la température en cas de condensation à pression constante ?
- d] Montrer que le rapport $\frac{T}{P^{R/c_p}}$ reste constant dans le cas d'une transformation adiabatique.
- e] En déduire la définition de la température potentielle
- f] Application numérique :
Calculer la température potentielle d'une particule située initialement au niveau 800 hPa à une température de $T_{800 \text{ hPa}} = 263.5 \text{ K}$. On considère de l'air sec.

PARTIE III

1] Gradient et advection

On considère, dans les trois situations suivantes, un champ de température et un champ de vent à un niveau de pression donné. Pour chaque cas, précisez si l'advection est positive, nulle ou négative. Vous pourrez vous aider d'un schéma.

- a] Gradient de température et vent de même direction et de même sens.
- b] Gradient de température et vent de même direction et de sens opposé.
- c] Gradient de température et vent perpendiculaire.
- d] Application numérique :

Si les isothermes près de la station A sont alignées Est-Ouest avec une température qui décroît de 1°C tous les 100 km vers le Nord, calculer le changement local de température dû à l'advection en A.

- Pour un vent de Sud de 10 m/s
- Pour un vent de Nord de 15 m/s
- Pour un vent d'Est de 20 m/s

2] Tourbillon

En météorologie, on utilise le terme « tourbillon relatif », sans autre précision, pour désigner le tourbillon relatif de la particule par rapport à son axe vertical, c'est à dire la composante verticale du rotationnel du vent relatif. U et V désigne respectivement les composantes zonale et méridienne du vent relatif.

a] Montrer que l'expression mathématique du tourbillon relatif est : $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$

b] On rappelle l'expression du vent géostrophique en coordonnées pression. Φ désigne le géopotentiel :

$$\vec{V}_g = -\frac{1}{f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_p (\Phi)$$

Calculer le tourbillon géostrophique c'est à dire le tourbillon relatif associé au vent géostrophique. On suppose que l'on se positionne sur un f -plan (f constant).

c] Interpréter l'expression du tourbillon à l'échelle synoptique : quel est le signe du tourbillon géostrophique dans les zones de bas géopotentiels ? Dans les zones de hauts géopotentiels ?

3] Relation du vent thermique

Dans l'exercice, on considère que les isobares sont zonales, situées dans le plan (Oxz) et à la latitude $45^\circ N$. Le point A est situé 100 Km à l'Ouest du point B. L'altitude géopotentielle de A est de 600 mgp, celle de B est de 700 mgp. Les 2 points sont situés sur l'isobare 925 hPa.

a] Faire un schéma de la situation.

b] A 925 hPa, calculer le vent géostrophique méridien (V_g) au point O, milieu de AB.

c] On considère la couche d'atmosphère située entre 925 et 850 hPa et on suppose que l'air est plus froid à la verticale de A qu'à la verticale de B. Dans cette situation, est-il possible d'obtenir un vent de Nord de 20 m/s à la verticale de O, au niveau 850 hPa ? Justifiez votre réponse.

Indication :

On assimilera les dérivées partielles par des différences finies.

La vitesse de rotation de la terre vaut : $\Omega = 7.292.10^{-5} \text{ rad / s}$