



**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT  
D'ÉLÈVES INGÉNIEURS DES TRAVAUX DE LA MÉTÉOROLOGIE  
SESSION 2018**

\*\*\*\*\*

**ÉPREUVE FACULTATIVE A OPTION :  
PHYSIQUE DE L'ATMOSPHERE**

Durée : 2 heures

Coefficient : 3 (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.

**L'usage d'une calculatrice est nécessaire.**

**Les matériels autorisés sont les suivants :**

- les calculatrices non programmables sans mémoire alphanumérique,
- les calculatrices avec mémoire alphanumérique et/ou avec écran graphique qui disposent d'une fonctionnalité « mode examen ».

Cette épreuve comporte 5 parties indépendantes. Les parties peuvent être abordées dans l'ordre du choix des candidats.

Barème :

- Partie 1 : 5 points
- Partie 2 : 4 points
- Partie 3 : 5 points
- Partie 4 : 2 points
- Partie 5 : 4 points

**Documents fournis avec les copies : 3 émagrammes.**

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

*Données utiles pour les cinq parties*

$R_a = 287,05 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , où  $R_a$  est la constante spécifique de l'air sec

$R_v = 461,5 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , où  $R_v$  est la constante spécifique de la vapeur d'eau

Accélération de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$

Norme du vecteur rotation de la Terre :  $\Omega = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$

## Partie I

1) Un radiosondage a permis d'obtenir le tableau suivant regroupant des mesures de pression P, de température T et de température du point de rosée  $T_d$  à partir du sol.

P (hPa)	1000	970	900	800	700	600	500
T (°C)	2	5	3	-5	-13	-20	-27
$T_d$ (°C)	0	1,5	0	-8	-20	-30	-40

On désigne par  $q'_w$  la température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé. Soit  $T'_w$  la température lue à l'intersection de l'isobare P et de l'iso- $q'_w$  du point de condensation adiabatique de la particule considérée.

Représenter sur l'émagramme la courbe d'état de cet élément de sondage, ensemble des points d'état définis par les valeurs de T et de P.

Tracer aussi la courbe bleue, ensemble des points de coordonnées P et  $T'_w$ .

2) Analyser le profil (critères de Pone). Quelles sont les couches qui pourraient générer des nuages ? Préciser s'il y a lieu les bases et sommets de ces nuages.

3) La température au sol baisse de  $5^\circ\text{C}$  au cours des heures suivantes, la pression restant égale à 1000 hPa. Indiquer la masse d'eau condensée par kg d'air sec au niveau du sol, suite à ce refroidissement isobare, au moment du minimum de température.

Indiquer et justifier le type de phénomène que l'on pourra observer dans les cas suivants : le vent est nul, le vent est faible à modéré, le vent est fort.

4) On reprend les conditions initiales du sondage décrites au 1). Déterminer l'épaisseur de la couche [1000, 700 hPa].

## Partie II

Soient deux stations A et B situées sur le même parallèle de latitude  $60^\circ\text{N}$ , distantes de 100 km, B étant à l'Est de A.

1) Au niveau 700 hPa, le géopotential à la verticale de A est de 3000 mgp.

Le vent géostrophique à 700 hPa dans toute la zone entre A et B est de  $180^\circ$  et 15 m/s. Calculer le géopotential à la verticale de B à 700 hPa.

2) A la verticale de A, la température virtuelle moyenne de la couche 700-500 hPa est de  $-28^\circ\text{C}$ . Elle est de  $-25^\circ$  à la verticale de B. Les lignes d'égale épaisseur de cette couche sont rectilignes, parallèles entre elles et orientées Nord-Sud dans la zone comprise entre A et B.

Déterminer le vent thermique dans la couche 700-500 hPa à la verticale de A.

3) En déduire (direction et force) le vent géostrophique à la verticale de A à 500 hPa.

4) Calculer le géopotential à la verticale de A et de B à 500 hPa.

## Partie III

Soit une particule d'air (A) dont on a mesuré la pression, la température et l'humidité relative :

On a :  $P_A = 1000 \text{ hPa}$        $T_A = 15^\circ\text{C}$        $U_A = 60 \%$

On donne également la pression, la température potentielle et le rapport de mélange d'une particule (B) :

$P_B = 850 \text{ hPa}$        $\theta_B = 17^\circ\text{C}$        $r_B = 5 \text{ g/kg}$

Ces deux particules (A) et (B) sont sur la même verticale et sont représentatives de l'air ambiant à leur altitude.

1) a) Déterminer pour (A) la température du point de rosée, le rapport de mélange et le rapport de mélange saturant.

b) Pour (B) déterminer la température, la température du point de rosée et l'humidité relative.

2) Construire sur un émagramme le point de condensation de chaque particule.

En déduire graphiquement leur température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé  $\theta_w'$ , ainsi que leur température pseudo-adiabatique du thermomètre mouillé  $T_w'$ .

3) Montrer que l'accélération verticale d'une particule d'air peut s'exprimer en fonction de sa température virtuelle  $T_{vp}$  et de celle de l'air environnant notée  $T_v$ . (Pour cela, négliger la viscosité et la force de Coriolis dans le bilan des forces appliquées et supposer le fluide atmosphérique ambiant en équilibre hydrostatique.)

Calculer l'accélération verticale de (A) si elle était soulevée au niveau de pression de (B), c'est-à-dire au niveau 850 hPa.

## Partie IV

Soient deux particules A et B d'air atmosphérique, dont les pressions, températures et humidités relatives respectives sont :

$$P_A = 1000 \text{ hPa}, T_A = 21^\circ\text{C}, U_A = 70\%$$

$$P_B = 900 \text{ hPa}, T_B = 10^\circ\text{C}, U_B = 80\%$$

De ces deux particules, laquelle se saturerait la première, en supposant que toutes les deux se refroidissent de  $1^\circ\text{C}$  par heure, de façon isobare ? Justifier la réponse.

Vous vous aiderez d'un émagramme pour répondre à cette question.

## Partie V

1) Quel est, par définition, le vent thermique d'une couche comprise entre deux niveaux de pression ( $P_b, P_s$ ) ? Préciser sur un dessin (hémisphère au choix, mais mentionner pour quel hémisphère vous faites le dessin) la direction et le sens du vent thermique en fonction du champ de température virtuelle moyenne de la couche ( $P_b, P_s$ ).

2) Expliquer pourquoi on observe en moyenne un renforcement avec l'altitude des vents d'ouest dans la troposphère, et des vents d'est dans la stratosphère, ceci dans les deux hémisphères.