

**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT
D'ÉLÈVES INGÉNIEURS DES TRAVAUX DE LA MÉTÉOROLOGIE
SESSION 2024**

**ÉPREUVE FACULTATIVE A OPTION
PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE**

Durée : 2 heures

Coefficient : 3 (pour les points au-dessus de 10)

La rigueur du raisonnement et la clarté de la présentation seront prises en compte dans la notation.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

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

Les matériels autorisés sont les suivants :

— les calculatrices non programmables sans mémoire alphanumérique

Pièces jointes : 2 émagrammes, à rendre avec la copie.

Cette épreuve comporte 5 exercices indépendants. Les exercices peuvent être abordés dans l'ordre du choix des candidats.

Barème :

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

Cette épreuve comporte 5 pages (page de garde incluse).

Premier exercice : notions de thermodynamique atmosphérique et émagramme

1) Définir les paramètres suivants :

- La température potentielle ;
- La température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé ;
- La température virtuelle ;
- La température du point de rosée ;
- Le rapport de mélange.

2) On considère une particule d'air de pression 950 hPa, de température 13 °C, et dont le rapport de mélange est 5 g de vapeur d'eau dans un volume contenant 1 kg d'air sec.

a) Déterminer sa température du point de rosée ainsi que sa température virtuelle.

Montrer qu'une bonne approximation de l'humidité relative est $\frac{r}{r_w(P, T)}$, où r est le rapport de mélange et r_w le rapport de mélange saturant par rapport à l'eau liquide.

En utilisant cette dernière formule, déterminer l'humidité relative de la particule considérée.

b) Déterminer graphiquement sa température potentielle, ainsi que sa température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé.

c) Si la particule subit une détente adiabatique, quel niveau de pression doit-elle atteindre pour devenir saturée par rapport à l'eau liquide ?

La particule poursuit sa détente au-delà du niveau où elle se sature ; à quel niveau de pression observera-t-on 2 g d'eau condensée dans un volume contenant 1 kg d'air sec ?

d) Reprenons la particule d'air **dans les conditions initiales** ; quelle température devrait-elle atteindre pour se saturer par rapport à l'eau liquide, suite à un refroidissement isobare ? Quelle température devrait-elle atteindre par refroidissement isobare, pour que 1 g de vapeur d'eau se condense dans un volume contenant 1 kg d'air sec ?

Deuxième exercice : analyse d'un radiosondage

Un radiosondage a permis de dresser 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	950	900	850	700	600	500	450	400	250	200	100
T (°C)	6,5	8,5	3	-3	-13	-24	-32	-34,5	-40	-56,5	-65	-56
T_d (°C)	6,5	8,5	2	-6	-17	-24	-32	-37	-43	×	×	×

1) Représenter sur un émagramme la courbe d'état de cet élément de sondage. Tracer également la courbe bleue reliant les points de coordonnées P et T'_w (température pseudo-adiabatique du thermomètre mouillé).

2) a) Analyser couche par couche la stabilité de ce profil.

b) Quelles sont les couches susceptibles de générer des nuages ? Préciser s'il y a lieu les base et sommet de ces nuages.

3) a) Définissez la notion de CAPE. En quelle unité exprime-t-on cette grandeur ?

b) Appelons MUCAPE (Most Unstable CAPE) la valeur maximale de CAPE pour ce profil ; matérialiser sur l'émagramme (coloriage de la couleur de votre choix), pour le profil considéré dans cet exercice, la surface proportionnelle à la MUCAPE.

c) Estimer (approximativement) sur l'émagramme (et noter sur votre copie son niveau de pression) le sommet maximum théorique (« Ptopbis ») des ascendances convectives issues du niveau le plus instable (c'est-à-dire associé à la plus forte CAPE).

Décrire votre démarche.

Troisième exercice : l'équilibre hydrostatique dans une atmosphère isotherme

L'équilibre hydrostatique est supposé parfaitement réalisé.

On suppose que la température entre la base et le sommet de la tour Eiffel (de hauteur $h=300$ m) est constante égale à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La pression à la base de la tour est $1\ 013$ hPa.

Quelle est la différence de pression entre la base et le sommet de la tour Eiffel ?

Données :

Constante universelle des gaz parfaits : $R^ = 8,314\text{ J.mole}^{-1}.K^{-1}$*

On assimilera l'air à un gaz parfait de masse molaire $M = 29\text{ g}$

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

Quatrième exercice : dynamique de grande échelle

On prendra : $G/f = 10^5\text{ s}$ et $K = 15$ pour la couche [500-300 hPa] (K étant le coefficient de proportionnalité de la loi de Laplace).

a) À la verticale d'une station A (et dans toute la zone considérée dans cet exercice), le vent géostrophique à 300 hPa est de secteur ouest, de force 40 m/s.

Calculer l'écartement des isohypses à 300 hPa, tracées de 40 mgp en 40 mgp.

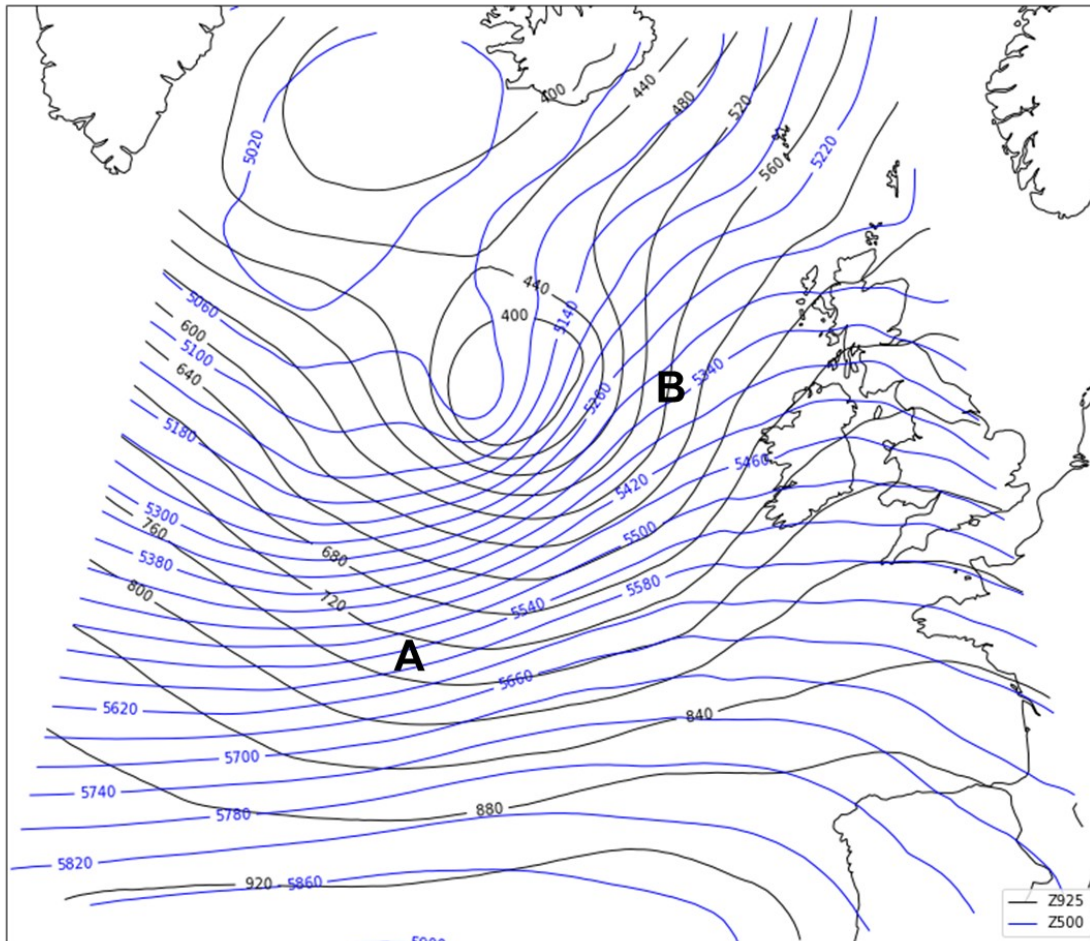
b) À la verticale de A (et dans toute la zone considérée dans cet exercice), le vent thermique de la couche [500-300 hPa] est de secteur ouest et a pour force 20 m/s. Déterminer l'écartement des lignes d'égale épaisseur de la couche [500-300 hPa] tracées de 30 mgp en 30 mgp.

c) Déterminer, à la verticale de A, le vent géostrophique à 500 hPa, ainsi que l'écartement des isohypses à 500 hPa, tracées de 40 mgp en 40 mgp.

Cinquième exercice : advection chaude ou froide ?

On considère la situation ci-dessous, représentant un champ d'isohypses à 500 hPa (en bleu) et un champ d'isohypses à 925 hPa (en noir).

2014-01-26-T00



a) Quel est dans la couche [925-500 hPa], le signe de l'advection de température à la verticale du point A ? (Advection chaude : signe positif ; advection froide : signe négatif). Justifier votre réponse.

b) Même question pour le point B.