



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

SESSION 2017

**ÉPREUVE FACULTATIVE A OPTION :
MÉTÉOROLOGIE GÉNÉRALE**

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 4 parties indépendantes. Les parties peuvent être abordées dans l'ordre du choix des candidats.

Pièce jointe : un émagramme à rendre avec la copie.

Cette épreuve comporte 10 pages.(page de garde incluse)

Première partie : QCM. Quarante questions.

Barème : 1 point par bonne réponse, 0 point en l'absence de réponse
-0,33 point par réponse fausse.

La note sur quarante sera ensuite divisée par 5, pour obtenir une note sur 8 pour cette partie.

Inscrivez sur votre copie le numéro de la question, et la lettre correspondant à la réponse choisie. Une seule bonne réponse par question.

1) On trouve l'ozone :

- A. Essentiellement dans la stratosphère (90 %), un peu dans la troposphère (10%)
- B. Exclusivement dans la stratosphère
- C. Essentiellement dans la thermosphère (95%), un peu dans la mésosphère (5%)
- D. Entre la surface et une quinzaine de kilomètres d'altitude seulement

2) Parmi tous les gaz présents dans l'atmosphère, les trois gaz qui ont le plus fort pourcentage volumique sont :

- A. L'azote N₂ (88%), le dioxygène O₂ (11%) et la vapeur d'eau (presque 1%)
- B. L'azote N₂ (55%), le dioxygène O₂ (35%) et le Radon (presque 10%)
- C. L'azote N₂ (70%), le dioxygène O₂ (15%) et la vapeur d'eau (presque 15%)
- D. L'azote N₂ (78%), le dioxygène O₂ (21%) et l'Argon (presque 1%)

3) Les changements d'état de l'eau :

- A. Ont pour effet de refroidir globalement le système Terre-atmosphère
- B. Transportent l'énergie des zones de condensation vers les zones d'évaporation
- C. Ont peu d'effet sur le bilan énergétique du système Terre-atmosphère
- D. Transportent l'énergie des zones d'évaporation vers les zones de condensation

4) La convection peut se produire :

- A. dans tous les corps naturels, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux
- B. dans les gaz seulement
- C. dans les liquides seulement
- D. dans les liquides ou les gaz

5) Les lignes d'égale altitude (géopotential en toute rigueur) des surfaces isobares s'appellent :

- A. les isobares
- B. les isotaches
- C. les isohypses
- D. les isopycnes

6) Dans l'atmosphère standard, le profil de température dans la troposphère présente avec l'altitude :

- A. Une décroissance de $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$
- B. Une décroissance de $-0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$
- C. Une croissance de $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$
- D. Une croissance de $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

7) Quand une particule d'air humide non saturé subit une ascendance, en restant non saturée, elle se :

- A. refroidit de $-1,00^{\circ}\text{C}$ par 100 mètres.
- B. réchauffe de $0,65^{\circ}\text{C}$ par 100 mètres.
- C. réchauffe de $1,00^{\circ}\text{C}$ par 100 mètres
- D. refroidit de $-0,65^{\circ}\text{C}$ par 100 mètres.

8) L'effet de Föhn se traduit par :

- A. Une élévation de la température, et une baisse de la température du point de rosée.
- B. Une baisse simultanée de la température et de la température du point de rosée.
- C. Une élévation simultanée de la température et de la température du point de rosée.
- D. Une élévation de la température, la température du point de rosée ne change pas.

9) La température potentielle d'une particule d'air atmosphérique est :

- A. La température qu'indiquerait le thermomètre mouillé d'un psychromètre.
- B. La température que prendrait cette particule si on l'amenait par une transformation adiabatique réversible jusqu'au niveau de pression 1000 hPa.
- C. La température qu'il faut atteindre pour que la particule se sature suite à un refroidissement isobare.
- D. La température à laquelle il faudrait chauffer de l'air sec pour qu'il ait, à la même pression, la même masse volumique que l'air humide considéré

10) Lors d'une détente d'une particule d'air saturé, sa température potentielle θ :

- A. Ne change pas, la température potentielle est un paramètre traceur
- B. Augmente, à cause du dégagement de chaleur latente
- C. Diminue à cause de la chaleur cédée par conduction à l'environnement
- D. Augmente à cause de la chaleur reçue par conduction

11) Par définition, le rapport de mélange est :

- A. La tension de vapeur divisée par la tension de vapeur saturante
- B. La masse de vapeur d'eau par kilogramme d'air humide
- C. La masse de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec.
- D. La masse de vapeur d'eau par mètre cube d'air

12) Par définition, l'humidité relative est :

- A. La tension de vapeur divisée par la tension de vapeur saturante
- B. La masse de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air divisée par la masse d'air humide

- C. La masse de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air, divisée par la masse d'air sec.
- D. La masse de vapeur d'eau par mètre cube d'air

13) L'unité dans laquelle on exprime la tension de vapeur est :

- A. Le J/kg
- B. Le Pa (Pascal)
- C. Le N (Newton)
- D. Le g/kg

14) Lorsque de l'air humide initialement non saturé subit un refroidissement isobare, la saturation par rapport à la glace se produit

- A. Simultanément à la saturation par rapport à l'eau liquide surfondue
- B. Avant la saturation par rapport à l'eau liquide
- C. Après la saturation par rapport à l'eau liquide
- D. A 0°C

15) Le rapport de mélange saturant par rapport à l'eau liquide est fonction

- A. De la tension de vapeur seulement
- B. De la pression seulement
- C. De la température seulement
- D. De la pression et la température

16) L'hypothèse pseudo-adiabatique affirme que :

- A. Toute l'eau condensée précipite
- B. Toute l'eau reste sous forme de vapeur
- C. Toute l'eau condensée reste en suspension
- D. Toute la vapeur d'eau se condense

17) Au cours d'une détente d'une particule d'air saturé, la température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé (τ_w) de cette particule :

- A. Augmente
- B. Diminue
- C. Ne varie pas
- D. Augmente ou diminue, cela dépend de la situation météorologique

18) Les phénomènes météorologique d'échelle synoptique ont une taille caractéristique sur l'horizontale d'environ :

- A. 10 km
- B. 100 km
- C. 1000 km
- D. 10000 km

19) Indice très utile pour apprécier le risque orageux, la CAPE est :

- A. Le travail moteur de la flottabilité entre le niveau de convection libre et le niveau de flottabilité neutre
- B. Le travail moteur de la flottabilité entre le sol et le niveau de convection libre
- C. Le travail résistant de la flottabilité entre le sol et le niveau de convection libre
- D. Le travail résistant de la flottabilité sur toute l'épaisseur de la troposphère

20) D'après la règle de Buys Ballot :

- A. Le vent a une direction perpendiculaire aux isobares, et se dirige vers les centres anticycloniques dans l'hémisphère Nord.
- B. Le vent a une direction tangente aux isobares et laisse les centres dépressionnaires sur sa droite dans l'hémisphère Nord.
- C. Le vent a une direction tangente aux isobares et laisse les centres dépressionnaires sur sa gauche dans l'hémisphère Nord.
- D. Le vent a une direction perpendiculaire aux isobares, et se dirige vers les centres dépressionnaires dans l'hémisphère Nord.

21) La relation de l'équilibre du vent thermique :

- A. S'obtient en faisant la synthèse de l'hydrostatisme et de la loi de Laplace
- B. Est une conséquence directe de l'équilibre hydrostatique, aucune autre hypothèse n'est nécessaire
- C. Est une relation qui s'applique bien à l'échelle aérologique, aux moyennes latitudes
- D. S'obtient en faisant la synthèse de l'hydrostatisme et du géostrophisme

22) Une inversion de température est caractérisée par :

- A. Un blocage des mouvements verticaux.
- B. Un air limpide à cause d'un vent fort qui disperse les polluants.
- C. De puissantes ascendances convectives générant des nuages d'orage.
- D. Une température à 2 mètres qui se refroidit anormalement en cours de journée.

23) Parmi ces structures faciles à identifier sur une carte de moyenne annuelle de la pression réduite au niveau de la mer, une seule mérite la dénomination « anticyclone thermique » :

- A. L'Anticyclone de l'île de Pâques
- B. L'anticyclone des Mascareignes.
- C. L'anticyclone de Sibérie
- D. L'anticyclone de Sainte-Hélène.

24) La température à laquelle une particule d'air se sature suite à un refroidissement isobare s'appelle :

- A. La température virtuelle
- B. La température du point de rosée
- C. La température de condensation
- D. La température potentielle

25) La condition pour qu'une couche $[P_b, P_s]$ non saturée soit stable est que

- A. La température augmente de la base au sommet de la couche
- B. La température du point de rosée augmente de la base au sommet de la couche
- C. La température potentielle augmente de la base au sommet de la couche
- D. La température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé augmente de la base au sommet de la couche

- 26) La condition pour qu'une couche $[P_b, P_s]$ saturée soit instable est que
- A. La température potentielle diminue de la base au sommet de la couche
 - B. La température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé augmente de la base au sommet de la couche
 - C. La température potentielle augmente de la base au sommet de la couche
 - D. La température pseudo-adiabatique potentielle du thermomètre mouillé diminue de la base au sommet de la couche
- 27) L'équilibre hydrostatique est un équilibre entre
- A. La force de pression verticale et la force de Coriolis verticale
 - B. La force de pression horizontale et la force de Coriolis horizontale
 - C. Le poids et la force de Coriolis
 - D. Le poids et la force de pression verticale
- 28) L'équilibre géostrophique est un équilibre entre
- A. La force de pression verticale et le poids
 - B. La force de Coriolis horizontale et les frottements
 - C. La force de pression verticale et la force de Coriolis verticale
 - D. La force de pression horizontale et la force de Coriolis horizontale
- 29) Le vent géostrophique est une bonne approximation du vent horizontal réel ...
- A. Aux moyennes latitudes, à l'échelle aérologique et dans la Couche Limite Atmosphérique.
 - B. Aux moyennes latitudes, à grande échelle, hors Couche Limite Atmosphérique.
 - C. Dans les Tropiques, à méso-échelle, hors Couche Limite Atmosphérique
 - D. Aux moyennes latitudes, à grande échelle, dans la Couche Limite Atmosphérique
- 30) Le géostrophisme suppose que
- A. L'accélération horizontale et la force de pression horizontale sont nuls
 - B. L'accélération horizontale et la force de Coriolis horizontale sont nuls
 - C. L'accélération horizontale et les frottements sur l'horizontale sont nuls
 - D. L'accélération verticale et les frottements sont nuls
- 31) L'équilibre du vent thermique relie
- A. Le cisaillement vertical de vent à la variation verticale de la température
 - B. La variation zonale du vent à la variation verticale de la température
 - C. Le cisaillement vertical de vent à la variation horizontale de température
 - D. La variation zonale du vent à la variation méridienne de la température
- 32) L'équilibre du vent thermique permet de comprendre ...
- A. Qu'on observe aux moyennes latitudes un très faible cisaillement vertical de vent
 - B. Qu'on observe de façon générale dans les régions tropicales un très fort cisaillement vertical de vent
 - C. Qu'on observe un maximum de vent d'ouest à la tropopause, aux moyennes latitudes, dans les deux hémisphères.
 - D. Qu'on observe à la tropopause, aux moyennes latitudes, un maximum de vent d'ouest dans l'hémisphère Nord et d'Est dans l'hémisphère Sud

33) Soit une particule d'air initialement au niveau de pression 1000 hPa, ayant à ce niveau une température de 23°C. Elle s'élève sans se saturer jusqu'au niveau de pression 700 hPa. On peut dire que :

- A. Sa température potentielle à 700 hPa vaut 20°C
- B. Sa température pseudo-adiabatique du thermomètre mouillé potentielle à 700 hPa vaut 23°C
- C. Sa température potentielle à 700 hPa vaut 23°C
- D. Sa température à 700 hPa vaut 23°C

34) Le frottement dans la Couche Limite Atmosphérique :

- A. Dévie le vent horizontal par rapport au vent géostrophique, vers les hautes pressions
- B. Dévie le vent horizontal par rapport au vent géostrophique, vers les basses pressions
- C. Dévie le vent horizontal par rapport au vent géostrophique, vers les zones de hausse de pression
- D. Dévie le vent horizontal par rapport au vent géostrophique, vers la droite dans l'hémisphère Nord, vers la gauche dans l'hémisphère Sud.

35) L'effet de Foehn est un phénomène d'échelle :

- A. Aérologique
- B. Intermédiaire (mésos-échelle)
- C. Synoptique
- D. Planétaire

36) L'échelle aérologique correspond à des phénomènes dont l'échelle spatiale sur l'horizontale est :

- A. de 10 à 50 km
- B. de 5 km à 100 km .
- C. de 5 m à 100 m.
- D. 100 m à 10 km

37) L'expression «inversion de température» signifie, dans une couche d'air donnée, que la température:

- A. diminue quand l'altitude augmente
- B. augmente quand l'altitude augmente
- C. devient négative à la tombée de la nuit
- D. diminue avec l'altitude plus vite que le gradient standard

38) La norme du vent horizontal réel de grande échelle autour d'une dépression (courbure cyclonique) est :

- A. Beaucoup plus forte que celle du vent géostrophique (typiquement 10 m/s de plus)
- B. Un peu plus forte que celle du vent géostrophique (typiquement 1m/s de plus)
- C. Un peu plus faible que celle du vent géostrophique
- D. Egale en toute rigueur à celle du vent géostrophique

39) La stratosphère est une région de l'atmosphère :

- A. très stable
- B. très instable
- C. stable aux moyennes latitudes, instable dans les Tropiques
- D. légèrement instable

40) La tropopause au voisinage des pôles est plutôt

- A. Elevée (18km) et relativement froide (-80°C)
- B. Basse (6 km) et relativement froide (-80°C)
- C. Elevée (18km) et relativement chaude (-45°C)
- D. Basse (6 km) et relativement chaude (-45°C)

Deuxième partie : exercice sur la dynamique de grande échelle
--

Soient deux stations A et B situées sur le même parallèle de latitude 43°18', distantes de 100 km, B étant à l'Est de A.

a) Au niveau 700 hPa, le géopotential à la verticale de A est de 3000 mgp. Le vent géostrophique à 700 hPa dans la zone entre A et B est de Sud-Ouest (225°) et de force 15 m/s. Calculer le géopotential en B à 700 hPa.

b) A la verticale de A, la température virtuelle moyenne de la couche 700-500 hPa est de -27°C. Elle est de -25°C à la verticale de B. Les lignes d'égale épaisseur de cette couche sont 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.

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

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

On suppose les isolignes rectilignes et parallèles entre elles.

On prendra : $G/f = 10^5$ s et on arrondira K à $K = 10$ (K étant le coefficient de proportionnalité de la loi de Laplace pour la couche [700-500 hPa]).

Troisième partie : Bilan énergétique et bilan radiatif

a) La figure ci-dessous (figure 1) représente le bilan énergétique en moyenne annuelle et globale du système terre atmosphère. Commenter ce bilan et analyser les différentes composantes.

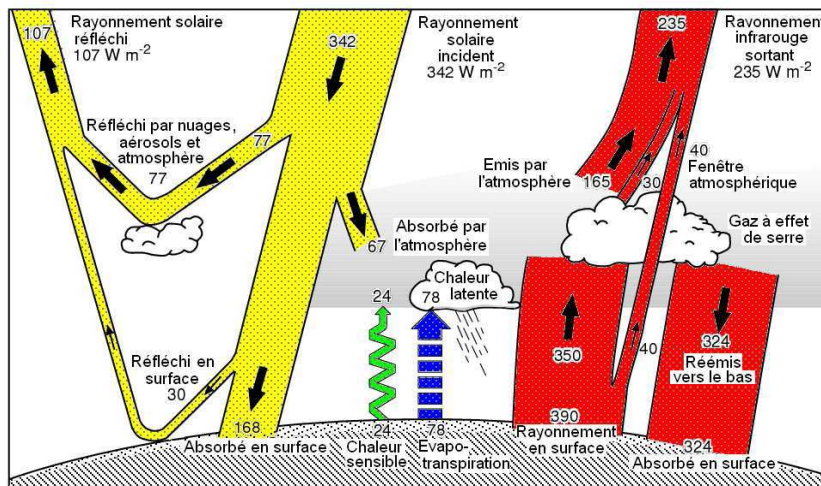


Fig 1) les différentes composantes du bilan énergétique en moyenne annuelle et globale. Les valeurs sont exprimées $W.m^{-2}$. D'après Wild et al, 2013.

b) On appelle bilan radiatif net R_n , la différence entre le flux solaire absorbé (incident moins réfléchi) et le flux infrarouge émis vers l'espace c'est à dire sortant du système terre-atmosphère. Analyser les contrastes méridiens de ce bilan. Quels sont les conséquences pour l'atmosphère ?

c) Décrire les variations saisonnières du bilan radiatif net.

Quatrième partie : thermodynamique atmosphérique

Cet exercice sera réalisé à l'aide d'un émagramme.

Soient les données de pression, température et humidité relative caractérisant des particules d'air au sol :

{
Pression : $P = 1000$ hPa
Température : $T = 5$ °C
Humidité relative : $U = 80\%$

Ces particules subissent une ascendance orographique les portant au niveau : $P_1 = 750$ hPa . Elles redescendent ensuite jusqu'au niveau $P = 1000$ hPa.

- a) Dans la situation initiale, déterminer le rapport de mélange saturant et le rapport de mélange. Déterminer ensuite la température du point de rosée.
- b) Déterminer la pression du point de condensation.
- c) Déterminer la température des particules d'air ayant subi l'ascendance jusqu'au niveau 750 hPa, ainsi que leur rapport de mélange à ce niveau.
- d) Les particules une fois redescendues à leur niveau initial, que valent leur température, température du point de rosée et humidité relative ? Comment appelle-t-on cet effet en météorologie ?