

Examen #1**Durée : 3 h.**

Questions 1. à 17 : Choisissez la bonne réponse

Questions 18 à 20 : Répondez à la question.

1. La plus grande part du Tibet se situe à des altitudes supérieures à 5400 m, où la pression est d'environ 500 hPa. À de telles altitudes, le tibétains ont au-dessus de la surface :
 - a. 10 % des molécules d'air dans l'atmosphère.
 - b. 25 % des molécules d'air dans l'atmosphère.
 - c. 50 % des molécules d'air dans l'atmosphère.
 - d. 75 % des molécules d'air dans l'atmosphère.
 - e. 90 % des molécules d'air dans l'atmosphère.
2. En moyenne, dans la stratosphère, la température de l'air :
 - a. Décroît avec la hauteur
 - b. Augmente avec la hauteur
 - c. Ça dépend de la saison
 - d. On ne sait pas, puisque la température ne peut pas être mesurée à de telles altitudes.
3. La couche atmosphérique dans laquelle nous vivons est appelée :
 - a. Troposphère
 - b. Stratosphère
 - c. Thermosphère
 - d. Ionosphère
 - e. Exosphère
4. Un vent du sud est :
 - a. un vent qui souffle du Nord
 - b. n'importe quel vent chaud
 - c. un vent qui souffle du Sud
 - d. n'importe quel vent humide
5. Au niveau de pression de 750 hPa, la quantité d'oxygène inhalée pendant une inspiration est approximativement _____ de celle inhalée au niveau de la mer.
 - a. 100 %
 - b. un quart
 - c. moitié
 - d. trois quarts
6. Le transfert de chaleur qui dépend du mouvement de l'air est :
 - a. La conduction
 - b. L'absorption
 - c. La réflexion
 - d. La convection
 - e. La radiation
7. La température d'une particule en ascension adiabatique
 - a. diminue toujours à cause de l'expansion

- b. augmente toujours à cause de l'expansion
 - c. diminue toujours à cause de la compression
 - d. augmente toujours à cause de la compression
8. Le Soleil émet un maximum de radiation à des longueurs d'onde proches de _____, pendant que la Terre émet le maximum de radiation proche de la longueur d'onde _____.
- a. 0,5 micromètres, 30 micromètres
 - b. 0,5 micromètres, 10 micromètres
 - c. 10 micromètres, 0,5 micromètres
 - d. 1 micromètre, 10 micromètres
9. Laquelle des grandeurs suivantes détermine le type de rayonnement (classé selon la longueur d'onde) qu'un objet émet?
- a. Température
 - b. La conductivité thermique
 - c. L'émissivité
 - d. L'albédo
10. Souvent, au début de l'automne, après une nuit de ciel clair et de vents calmes, on observe à l'aube que les toits des autos sont couverts d'une mince couche de glace, même si la température de l'air est supérieure à 0°C. Ce phénomène arrive parce que les autos se refroidissent par _____.
- a. Conduction
 - b. Convection
 - c. Chaleur latente
 - d. Radiation

Les questions 11 à 14 font référence à la température et température du point de rosée des villes A, B, C et D, où la pression atmosphérique est la même:

Ville	Température (°C)	Température du point de rosée (°C)
A	32	22
B	-11	-11
C	-1	-5,5
D	9	5

11. Quelle est la ville où l'humidité relative est la plus élevée?
- a. A
 - b. B
 - c. C
 - d. D
12. Quelle ville a le moins de vapeur d'eau dans un kilogramme d'air ?
- a. A
 - b. B
 - c. C
 - d. D
13. Quelle ville a le plus de vapeur d'eau dans un kilogramme d'air ?
- a. A
 - b. B
 - c. C
 - d. D
14. Quelle ville a la pression de vapeur saturante la plus élevée ?
- a. A

- b. B
- c. C
- d. D

15. La plus basse température qui peut être atteinte en évaporant de l'eau dans l'air est

- a. L'humidex
- b. La température minimale
- c. La température du thermomètre mouillé
- d. 0 °C

16. En quelles conditions vos vêtements sécheront le plus vite sur la corde à linge :

	Température de l'air (°C)	Humidité relative	Vitesse du vent (km/h)
a.	14	75%	10
b.	4	75%	10
c.	14	50%	10
d.	4	50%	5
e.	14	75%	5

17. Si la température et la pression de l'air restent constantes, l'évaporation de l'eau dans l'air _____ le point de rosée et _____ l'humidité relative.

- i. Augmente, augmente
- ii. Augmente, diminue
- iii. Diminue, augmente
- iv. Diminue, diminue

18. La conduction et la convection sont deux types de transfert d'énergie. En quoi sont-ils différents ?

19. En quelles conditions et où dans l'atmosphère le transfert par conduction est plus important que le transfert par convection ?

20. Donnez les définitions des grandeurs suivantes :

- i. Température du point de rosée
- ii. Gaz à effet de serre
- iii. Émissivité d'une surface
- iv. Convection libre

21. Pourquoi la neige fond plus vite au tour des troncs des arbres ? (figure 1.1)



Figure 1.1 : Dans les bois... question 21.

Exercice 1 : La pression atmosphérique moyenne p_0 à la surface de Mars est 6,0 hPa. Le rayon de la planète est $R_M = 3400$ km. L'accélération due à la gravité est $g_M = 3,7 \text{ ms}^{-2}$ (négligez les variations de g_M avec l'altitude). Déterminez la masse totale de l'atmosphère martienne.

Exercice 2 : Pour chauffer une pièce, on utilise un radiateur cylindrique de diamètre $D = 2$ cm et de longueur égale à 0,5 m. Ce radiateur rayonne comme un corps noir et émet la puissance $P = 1$ kW.

- Calculez sa température.
- Déterminez la longueur d'onde pour laquelle l'irradiance spectrale d'énergie est maximale.

Exercice 3 : La figure 1.2 montre une petite maison de campagne. La température (T) et la température du point de rosée de l'air (T_D) à l'extérieur de la maison sont respectivement $T = 15^\circ\text{F}$ et $T_D = 15^\circ\text{F}$. La pression atmosphérique est de 990 hPa.

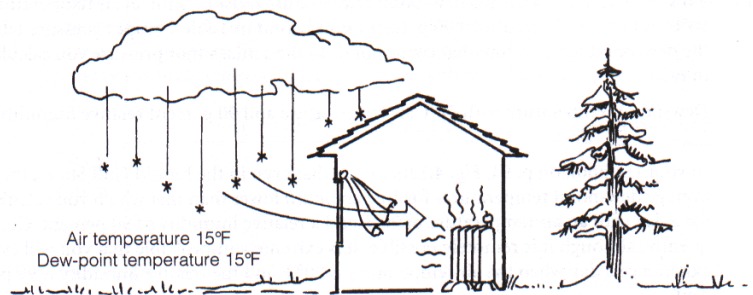


Figure 1.2 - Exercice 3 : la petite maison dans la prairie.

- Quelle est l'humidité relative de l'air à l'extérieur de la maison?
- La fenêtre est légèrement ouverte et l'air extérieur qui entre est réchauffé à la température de la pièce (70°F) sans addition de vapeur d'eau. Quelle est la température du point de rosée de cet air?
- Quelle sera son humidité relative après le réchauffement?
- Calculez la pression partielle de la vapeur avant et après le réchauffement.
- Déterminez le rapport de mélange et l'humidité spécifique avant et après le réchauffement
- Déterminez la température virtuelle de l'air avant et après le réchauffement.
- Une humidité relative trop basse est très inconfortable pour les humains. On ferme la fenêtre et on humidifie l'air, en maintenant la température et la pression constantes, jusqu'à que l'humidité relative soit de $HR_f \% > HR_i$.
 - Quelle quantité d'eau par unité de masse d'air sec a été évaporée par l'humidificateur ? Application numérique : supposez que l'humidité relative est initialement de 12 % et à la fin de 40 %.
 - Quelle quantité d'énergie par unité de masse d'air sec humidifier l'air à la température de $T_f = 70^\circ\text{F}$?

Annexe

Gaz parfaits

$$pV = mRT, R = R^*/M, M = \text{masse molaire du gaz}$$

$$R^* = 8,314 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

L'air sec

$$M_d = 28,964 \text{ kg kmol}^{-1}$$

$$R_d = \frac{R^*}{M_d} = 287,05 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$$

$$p_d \cdot a_d = R_d \cdot T$$

$$\alpha_d = \frac{V}{m_d}$$

Vapeur d'eau

$$e \cdot V = m_v \cdot R_v \cdot T; \quad R_v = 461 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}; \quad M_w = 18.016 \text{ kg kmol}^{-1}$$

L'air humide

$$p = p_d + e$$

$$p \cdot V = m \cdot R_m \cdot T = m \cdot R_d \cdot (1 + 0,608q) \cdot T$$

$$p = \rho \cdot R_d \cdot (1 + 0,608q) \cdot T$$

$$p = \rho \cdot R_d \cdot T_v$$

$$T_v = (1 + 0,61q) \cdot T \cong (1 + 0,61r) \cdot T$$

Variation de la pression avec l'altitude (atmosphère hydrostatique)

$$\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g; \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2; \quad \rho = \frac{p}{R_d \cdot T_v}$$

$$p_0 = p_z e^{\frac{g}{R_d T_v} z};$$

$$p_z = \text{pression à l'altitude } z \text{ et } p_0 = \text{la pression au niveau moyen de la mer}$$

Mesures d'humidité

$$\rho_v = \frac{e}{R_v \cdot T}$$

$$e = p - p_d$$

$$r = \frac{m_v}{m_d} = \frac{R_d}{R_v} \cdot \frac{e}{p_d}; \quad r = \varepsilon \cdot \frac{e}{p - e}, \quad \varepsilon = \frac{R_d}{R_v} = 0,622$$

$$q = \frac{m_v}{m_d + m_v} = \frac{r}{1+r}; \quad q = \varepsilon \cdot \frac{e}{p - (1-\varepsilon) \cdot e}; \quad r = \frac{q}{1-q}$$

$$HR = \frac{e}{e_{w,T}} \cdot 100 = \frac{e_{w,T_D}}{e_{w,T}} \cdot 100 \cong \frac{r}{r_w} \cdot 100 \cong \frac{q}{q_w} \cdot 100;$$

Radiation

$$B_\lambda = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\pi [\exp(c_2/\lambda T) - 1]} \quad \begin{array}{l} c_1 \cong 3.74 \times 10^{-16} \text{ W m}^2, \\ c_2 \cong 1.45 \times 10^{-2} \text{ m K}, \end{array}$$

$$F^* = \sigma \cdot T^4, \quad \sigma = 5,670373 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$\lambda_m = \frac{2897 \text{ } \mu\text{m K}}{T},$$

$$F = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4,$$

$$\sigma \cdot T_e^4 = \frac{S \cdot (1-\alpha)}{4}$$

Conversions

$$T_{\circ C} = \frac{5}{9}(T_{\circ F} - 32), \quad T_{\circ F} = \frac{9}{5}T_{\circ C} + 32$$

$$T_K = T_{\circ C} + 273,15$$

$$0 \text{ K} = 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$1 \text{ mb} = 1 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

Tensions de vapeur saturée au-dessus de la glace (e_i) et de l'eau (e_w)

T(°C)	e_w (mb)	e_i (mb)	T	e_w	e_i	T	e_w	T	e_w
-50	0.0635	0.0393	-24	0.8826	0.6983	1	6.565	26	33.6064
-49	0.0712	0.0445	-23	0.9647	0.7708	2	7.054	27	35.646
-48	0.0797	0.0502	-22	1.0536	0.8501	3	7.574	28	37.793
-47	0.0892	0.0567	-21	1.1498	0.9366	4	8.128	29	40.052
-46	0.0996	0.0639	-20	1.2538	1.032	5	8.718	30	42.427
-45	0.1111	0.0720	-19	1.3661	1.135	6	9.345	31	44.924
-44	0.1230	0.0810	-18	1.4874	1.248	7	10.012	32	47.548
-43	0.1379	0.0910	-17	1.6183	1.371	8	10.720	33	50.303
-42	0.1533	0.1021	-16	1.7594	1.505	9	11.473	34	53.197
-41	0.1704	0.1145	-15	1.9114	1.651	10	12.271	35	56.233
-40	0.1891	0.1283	-14	2.0751	1.810	11	13.118	36	59.418
-39	0.2097	0.1436	-13	2.2512	1.983	12	14.016	37	62.759
-38	0.2322	0.1606	-12	2.4405	2.171	13	14.967	38	66.260
-37	0.2570	0.1794	-11	2.6380	2.375	14	15.975	39	69.930
-36	0.2841	0.2002	-10	2.8622	2.597	15	17.042	40	73.773
-35	0.3138	0.2232	-9	3.0965	2.837	16	18.171	41	77.798
-34	0.3463	0.2487	-8	3.3478	3.097	17	19.365	42	82.011
-33	0.3817	0.2768	-7	3.6171	3.379	18	20.628	43	86.419
-32	0.4204	0.3078	-6	3.9055	3.684	19	21.962	44	91.029
-31	0.4627	0.3420	-5	4.2142	4.014	20	23.371	45	95.850
-30	0.5087	0.3797	-4	4.5444	4.371	21	24.858	46	100.89
-29	0.5588	0.4212	-3	4.8974	4.756	22	26.428	47	106.15
-28	0.6133	0.4668	-2	5.2745	5.173	23	28.083	48	111.65
-27	0.6726	0.5169	-1	5.6772	5.622	24	29.829	49	117.40
-26	0.7369	0.5719	0	6.1070	6.106	25	31.668	50	123.39
-25	0.8068	0.6322	--	--	--	--	--	--	--