

### Devoir 3

À remettre au plus tard lundi le 21 mars

#### Exercice 3.1

1. Quand est-ce que les bases des nuages convectifs sont plus élevées, la nuit ou le jour? Pourquoi?  
*R : Pendant le jour. En général, dans les conditions propices à la formation de ce type de nuage, le contenu en vapeur d'eau ne change pas beaucoup pendant le jour, alors que la température de surface augmente. Donc, une parcelle d'air soulevée atteindra son point de rosée à une hauteur plus basse la nuit que pendant le jour.*
2. Si la tension partielle de vapeur d'eau reste la même pendant le jour, à quel moment de la journée la base du nuage est la plus élevée? Expliquez.  
*R : au moment où l'humidité relative à la surface est minimale, c'est-à-dire quand la température atteint sa valeur maximale. Justification : voir la réponse précédente.*
3. Le tableau 3.1 montre le point de rosée au début de la nuit et la température minimale prévue, proche de la surface, pour cinq matins d'hiver. Supposez que le point de rosée reste constant pendant la nuit tant qu'il n'y a pas de changement de phase. Répondre aux questions suivantes :

Tableau 3.1

	Matin #1	Matin #2	Matin #3	Matin #4	Matin #5
Température du point de rosée (°C)	2	-7	1	-4	3
Température minimale prévue (°C)	4	-3	0	-4,5	2

- a. En quel matin la probabilité de formation de frimas est la plus élevée ? Expliquer pourquoi. *R : Le matin #4 puisque le point de rosée (ou frimas) est inférieur à 0°C et la température minimale est inférieure au point de rosée.*
- b. En quel matin la probabilité de formation de rosée gelée est la plus élevée ? Expliquer pourquoi. *R : Le matin #3 puisque l'air va atteindre le point de rosée à 1°C, le refroidissement se poursuit, la vapeur d'air se condense en forme liquide sur la surface. La rosée se solidifiera quand la température descendra à 0°C.*
- c. En quel matin la probabilité de voir de la rosée est la plus élevée ? Expliquer pourquoi. *R : La formation de rosée est très probable le matin #5 parce que la température minimale prévue est inférieure à la température du point de rosée mais supérieure à 0°C.*

**Exercice 3.2** - Utiliser le sondage du tableau 3.2 pour répondre aux questions qui suivent :

Tableau 3.2

p (kPa)	T (°C)	T <sub>d</sub> (°C)	r (g kg <sup>-1</sup> )	T <sub>v</sub> (°C)	θ(°C)	θ <sub>v</sub> (°C)
60	-5	-30	0,52	-4,9	310,2	310,3
70	-5	-20	1,1	-4,8	296,8	297,0
80	2	0	4,8	2,8	293,1	294,0
87	7	4	6	8,0	291,4	292,4
98	16	6	6	17,1	290,7	291,7
100	20	9	7,2	21,3	293,0	294,3

- 1) Pointer le sondage dans un diagramme aérologique (skewT.pdf) : la courbe de température en rouge et la courbe de la température du point de rosée en bleu. **R : voir le graphique.**
- 2) Remplir les cases vides du tableau 3.2, c'est-à-dire, pour chaque niveau de pression donné dans le tableau déterminer les caractéristiques de l'environnement suivantes (vous avez le choix d'utiliser le skewT, les tables thermodynamiques et/ou le calcul à partir de la définition des grandeurs demandées):
  - a. Le rapport de mélange
  - b. La température virtuelle
  - c. La température potentielle
  - d. La température potentielle virtuelle
- 3) Pointer dans le diagramme aérologique utilisé en 1) la courbe de la température virtuelle en couleur verte. **. R : voir le graphique.**
- 4) Délimitez, dans le diagramme, les couches atmosphériques stables, instables et conditionnellement instables en négligeant l'humidité (c'est-à-dire, utilisez le profil de température.
  - 100 – 98 kPa : absolument instable
  - 98 – 87 kPa : quasi neutre humide (conditionnellement instable)
  - 87 – 80 kPa : conditionnellement instable
  - 80 – 70 kPa : quasi neutre saturée (conditionnellement stable)
  - 70 – 60 kPa : absolument stable (isotherme)
- 5) Quelle est l'accélération d'une particule d'air provenant de la surface au niveau de pression de 70 kPa ?

- a. en négligeant l'humidité

$$\ddot{z} = \frac{T_p - T_e}{T_e} g = \frac{3K}{(273-5)K} 9,8ms^{-2} = 0,11ms^{-2}$$

- b. en considérant l'influence de l'humidité

$$T_{ve} = 268,1 K; T_{vp} = 271(K) \times (1 + 0,61 \times 4,8 (g/kg) \times 10^{-3}(kg/g)) = 271,8 K$$

$$\ddot{z} = \frac{T_{vp} - T_{ve}}{T_{ve}} g = \frac{(271,8 - 268,1)K}{(268,1)K} 9,8ms^{-2} = 0,14ms^{-2}$$

- c. Selon vous, devons-nous utiliser la température virtuelle ou la température, pour déterminer l'accélération de la particule en déplacement pseudoadiabatique? Justifiez votre réponse.

R : On doit utiliser les températures virtuelles puisque elles tiennent compte de l'influence de la présence de vapeur d'eau dans la densité de l'air humide. On voit que l'accélération est plus élevée quand on considère les vraies densités et de l'environnement et de la parcelle.

- 6) Déterminer la pression au niveau de condensation par soulèvement adiabatique de l'air provenant du niveau de 100 kPa, en utilisant le diagramme aérologique. R :  $p_c = 85 \text{ kPa}$

- 7) Une parcelle d'air de la surface ( $p = 100 \text{ kPa}$ ) est soulevée.

- a. À quelle pression se situe la base du nuage formé par ce soulèvement?

$$R : p(\text{base}) = p_c = 85 \text{ kPa}$$

- b. Estimer le niveau de pression du sommet du nuage.

$$R : p(\text{sommet}) = p_{EL} \sim 66 \text{ kPa}$$

- c. Quel est le rapport de mélange au sommet du nuage (estimé en b.)

$$R : r(\text{sommet}) = 4 \text{ g/kg}$$

- d. En supposant qu'il n'y a pas de précipitation, quelle est la quantité d'eau liquide par kilogramme d'air au sommet du nuage?

$$R : r(\text{précip}) = r(\text{initial}) - r(\text{sommet}) = 7,2 - 4 = 3,2 \text{ g/kg}$$

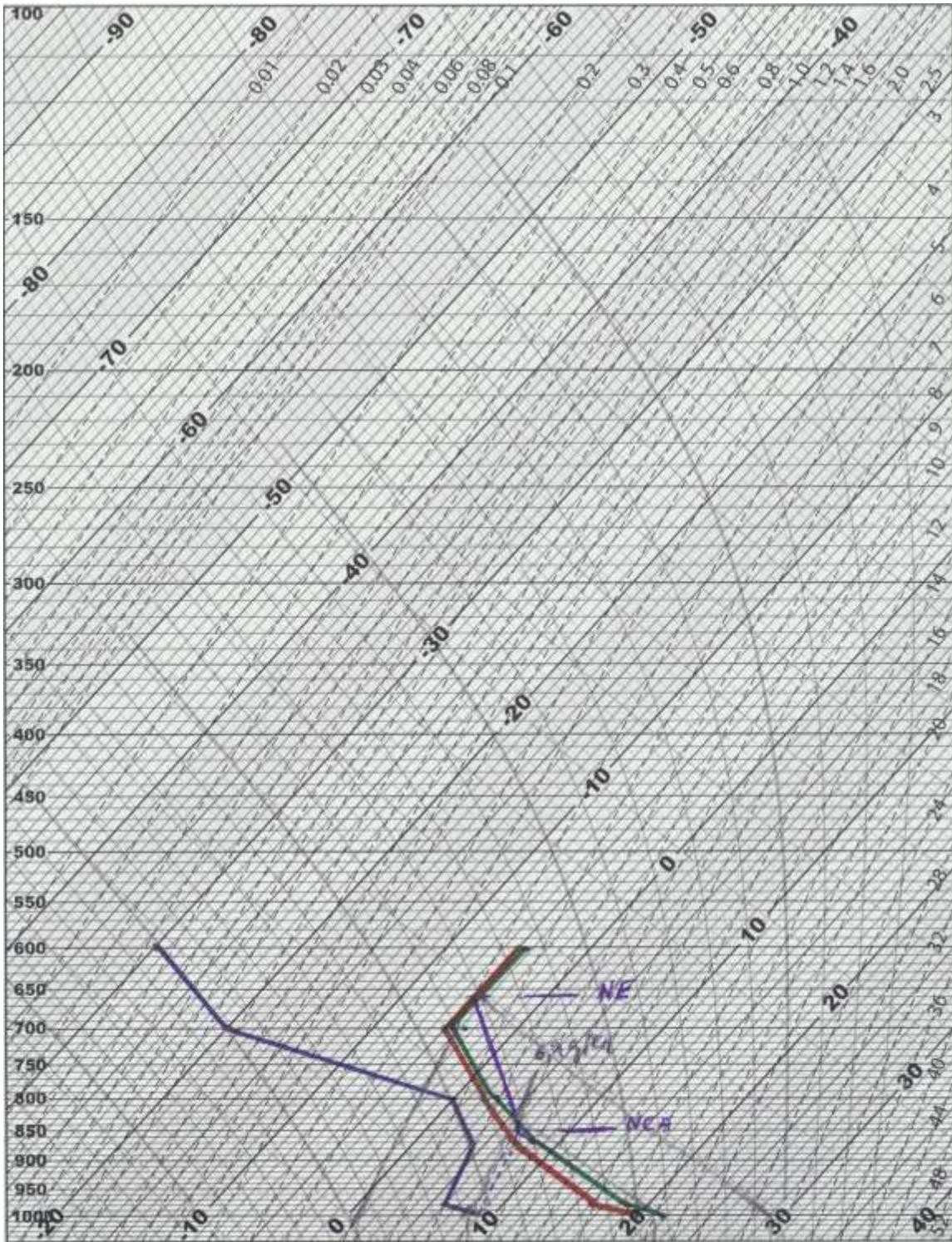
- e. Supposez maintenant que toute l'eau condensée précipite. Si la parcelle d'air au sommet du nuage est transportée jusqu'à 100 kPa, quelles sont sa température et sa température du point de rosée finales? Quelle est son humidité relative?

$$T \sim 29^\circ\text{C}; T_D \sim 0,5^\circ\text{C}; HR = r_s(T_D) / r_s(T) \times 100 = 4 \text{ g/kg} / 26 \text{ g/kg} \times 100 \% = 15,4\%$$

- f. Quelles seraient sa température et sa température du point de rosée si seulement 10 % de l'eau condensée précipitait? Quelle serait son humidité relative?

$$R : r(\text{final}) = 7,2 - 0,1 \times 3,2 = 6,88 \sim 6,9 \text{ g/kg}. T = 21^\circ\text{C};$$

$$T_D = 8,5^\circ\text{C}; HR = r_s(T_D) / r_s(T) \times 100 = 6,88 \text{ g/kg} / 16,2 \text{ g/kg} \times 100 \% = 42,5 \%$$



$T'_D \sim 0,5^\circ\text{C}$     $T''_D \sim 8,5^\circ\text{C}$     $T'' \sim 21^\circ\text{C}$     $T' \sim 29^\circ\text{C}$

### Exercice 3.3

La figure 1 montre une courbe de Köhler et 4 gouttelettes A, B, C et D. Dites, pour chaque gouttelette, en supposant qu'il n'y a pas de variation de l'humidité relative de l'environnement, si elle augmentera de taille, elle restera de la même taille ou sa taille diminuera. La ligne en tiret représente l'humidité relative de l'environnement. Justifiez vos réponses.

- A – La taille de la goutte augmentera parce que l'humidité relative de l'environnement est supérieure à l'humidité relative d'équilibre : le taux d'évaporation sera inférieur au taux de condensation. Elle aura une taille d'équilibre égale à  $r_D$ .
- B - La taille de la goutte diminuera parce que l'humidité relative de l'environnement est inférieure à l'humidité relative d'équilibre : le taux d'évaporation sera supérieur au taux de condensation. Elle aura une taille d'équilibre égale à  $r_D$ .
- C – Cette goutte est en équilibre instable avec la vapeur d'eau de l'environnement. En absence de fluctuations de concentration de vapeur d'eau la taille de la goutte ne changera pas. Par contre, une petite fluctuation de l'humidité relative de l'environnement positive provoquera une augmentation de la taille de la goutte. Si la perturbation est négative sa taille diminuera, jusqu'à l'équilibre sous forme de goutte de brume.
- D – Cette goutte grossira indéfiniment puisque l'humidité relative de l'environnement est supérieure à l'humidité relative de la goutte. Plus la goutte est grande plus la différence  $HR_{env} - HR_{eq}$  est élevée, plus le taux de croissance sera élevé.

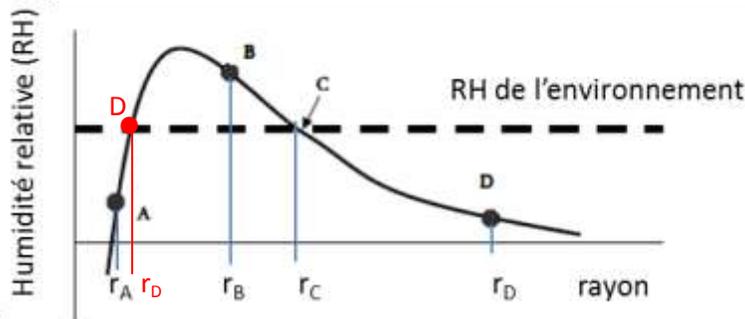


Figure 1 : courbe de Köhler-Humidité relative d'équilibre en fonction du rayon des gouttes formées dans une particule de sel.