

---

## **2.5 L'air de l'atmosphère**

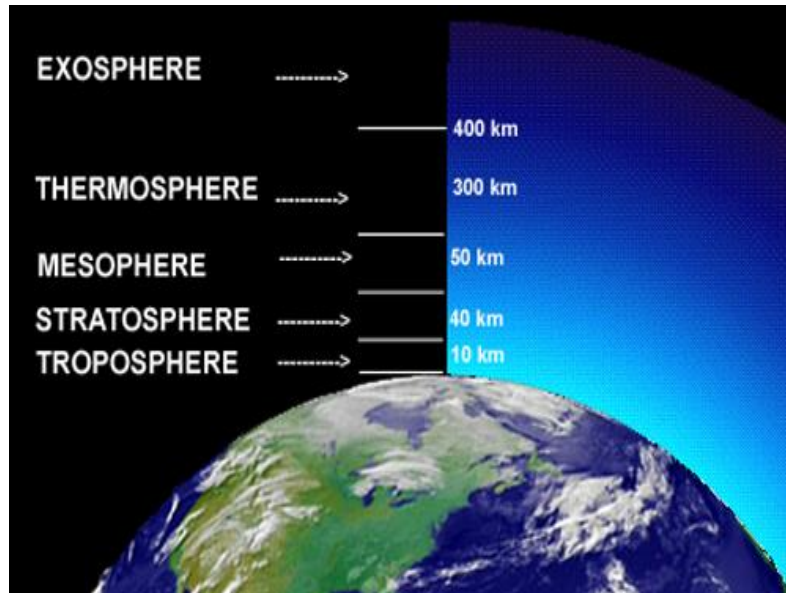
---

# Objectifs

Après ce chapitre vous serez capables de :

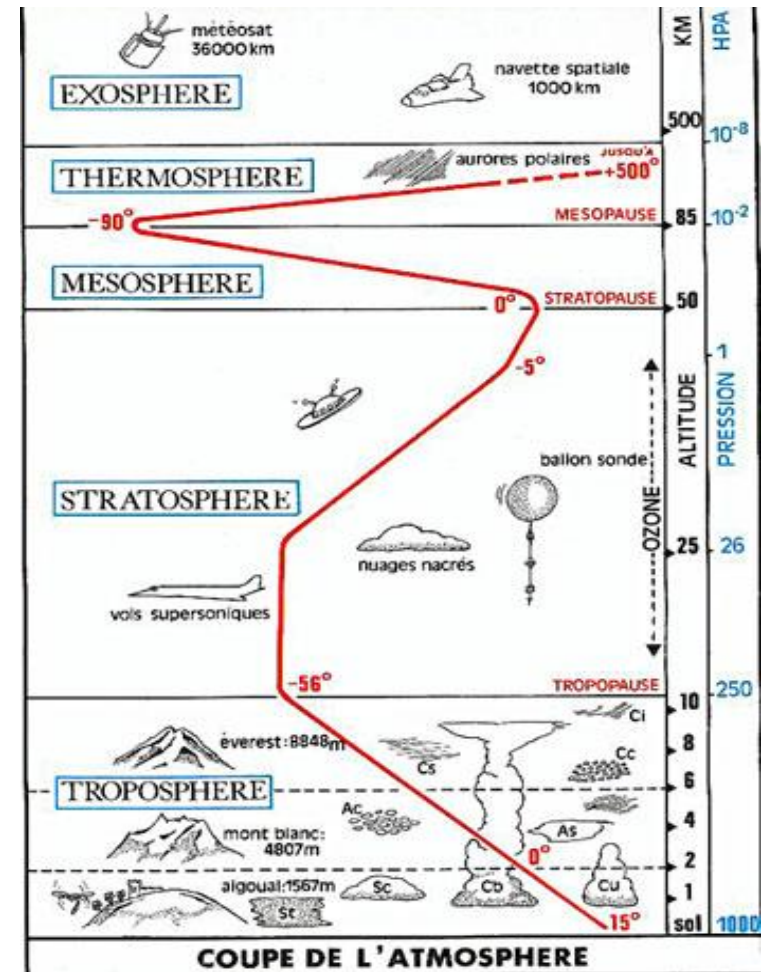
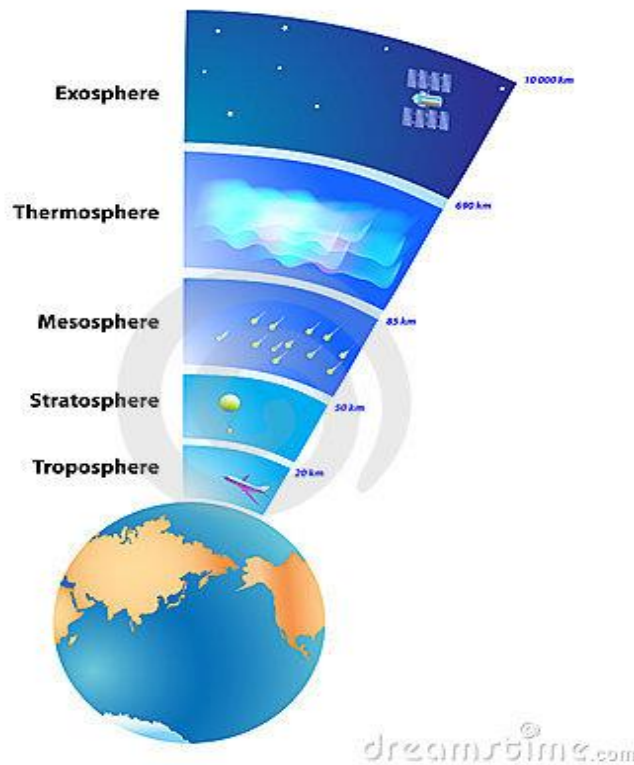
- Déterminer la composition de l'air
- Faire la différence entre l'air sec et l'air humide
- Déterminer les propriétés spécifiques de l'air
  - Humidité
  - Humidité relative
  - Point de rosée
- Mesurer l'humidité de l'air
- Déterminer l'humidité de l'air à partir d'un diagramme de psychrométrie.

## *Qu'est ce que l'atmosphère ?*



- L'atmosphère est la fine couche d'air qui enveloppe la terre ;
- Elle n'est pas homogène elle est découpée en strates dépendamment des propriétés physiques (pression, température, densité et présence de divers gaz ou plasma);

## La structure de l'atmosphère



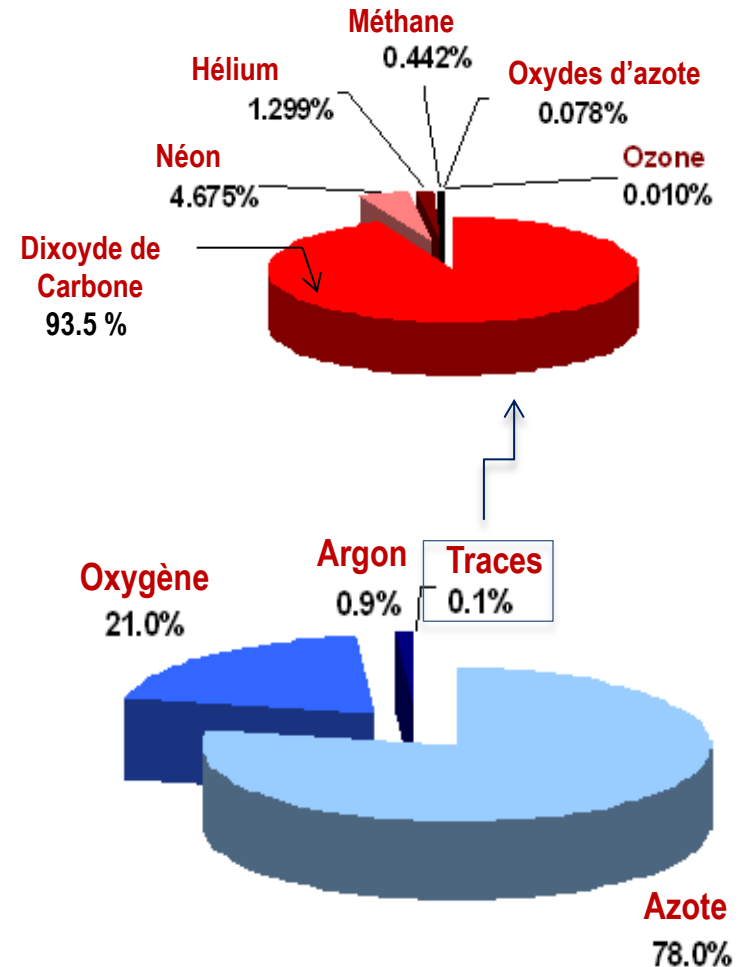
- La pression diminue en fonction de l'altitude suivant une loi exponentielle.

[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/b68f2ad0876a3b4ef2cb6bf7bbbf703f,0/1\\_L air c est o c est quoi /-ce qui change quand on monte 2h1.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/b68f2ad0876a3b4ef2cb6bf7bbbf703f,0/1_L%20air%20c%20est%20o%20c%20est%20quoi%20/-ce%20qui%20change%20quand%20on%20monte%202h1.html)

# Composition de l'air

## C'est quoi l'air qu'on respire?

- Il est constitué majoritairement d'azote, d'oxygène et d'argon, les autres gaz sont des traces;
- L'air contient également de la vapeur d'eau (la part de l'atmosphère est variable selon les endroits) 0 - 4 %;
- Dioxyde de carbone 0.37%, maintient la température chaude de la planète et également utilisé par les plantes;



# Modéliser l'air de l'atmosphère

## Air sec

- Dans les conditions de la troposphère (pression et température), l'air sec se compose uniquement de gaz (azote, oxygène, argon) représentant presque 100 % de l'air sec; (le reste consiste en de traces).

L'air de l'atmosphère est considéré comme un mélange de gaz parfaits;

## Masse molaire de l'air sec

- Est la moyenne pondérée par l'abondance de la masse molaire de chacun des gaz du mélange;

$$M_{\text{moyenne du mélange}} = \sum y_i M_i$$

## Propriétés de l'air sec AS —

$$\text{Masse molaire de l'air sec} \quad M_{\text{moyenne du mélange}} = \sum y_i M_i$$

$$M_{\text{mélange}} = y_1 M_1 + y_2 M_2 + \dots$$

Avec :

$$y_1, y_2, \dots \text{ la fraction molaire de chaque gaz} \quad (y_1 + y_2 + \dots = 1)$$

Application:

$$M_{AS} = 0,7808 \times 28,0134 \text{ g / mol} + 0,209466 \times 31,9988 \text{ g / mol} \\ + 0,00934 \times 39,948 \text{ g / mol} + 0,000363 \times 44,0098 \text{ g / mol}$$

$$M_{AS} = 28,965 \text{ g / mol}$$

## Propriétés de l'air Humide AH —

L'air humide comme : **l'air sec + la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O).**

La masse molaire de la vapeur d'eau = la masse molaire de l'eau = **18.02 g/mol**

La masse molaire de **l'air sec = 28.965 g/mol.**

### Masse molaire de l'air humide:

Si « **y** » est la fraction molaire de la vapeur d'eau dans l'air humide ;

Alors la fraction molaire de l'autre constituant, l'air sec, s'exprime par **1– y** :

### Application:

$$M_{AH} = y_{eau} \times 18,02 \text{ g / mol} + (1 - y_{eau}) \times 28,965 \text{ g / mol}$$



## Exemple d'application 1 —

Un échantillonnage a montré que l'air de la classe contient 1,20% mas de vapeur d'eau. Calculez la masse molaire moyenne de l'air de la classe.

### La démarche

1. L'air de la classe est un air humide (AH) = mélange air sec AS + Vapeur d'eau H<sub>2</sub>O
2. Convertir le %mas en % mol
3. En déduire les fractions molaires de L'AS et de H<sub>2</sub>O
4.  $M_{\text{air classe}} = Y_{\text{eau}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} + (1 - Y_{\text{eau}}) \times M_{\text{AS}}$
5.  $M_{\text{air classe}} = Y_{\text{eau}} \times 18.015 \text{ (g/mol)} + (1 - Y_{\text{eau}}) \times 28.965 \text{ (g/mol)}$

- **Les expressions déjà utilisées:**

- Fraction molaire ( $y$ )
- Fraction (ou %) massique
- Pression partielle

- **Les expressions propres:**

- Humidité relative
- Point de rosée
- Humidité spécifique

## L'humidité

- La quantité de vapeur d'eau dans l'air
- La température influe sur la quantité d'humidité de l'air ;
- L'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau, ce qui tend à rendre plus humide

## Humidité Relative

- L'humidité relative, généralement exprimée en %, est définie comme le rapport entre la quantité d'eau actuellement présente dans la masse d'air et la quantité à saturation.

$$\text{Humidité relative} = \frac{n_{\text{eau (actuel)}}}{n_{\text{eau (saturation)}}} = \frac{\frac{P_{\text{eau (actuelle)}} \times V}{RT}}{\frac{P_{\text{eau}}^o \times V}{RT}} = \frac{P_{\text{eau (actuelle)}}}{P_{\text{eau}}^o}$$

Avec :

$$y_{\text{eau}} = \frac{P_{\text{eau}}}{P_{\text{totale}}}$$

- L'état de saturation dans l'équilibre liquide/vapeur est représenté par la **pression de vapeur**.

## Exemple d'application 2

L'air extérieur a une température de 15°C, une pression totale de 104 kPa et une humidité relative de 45,5%. Calculez

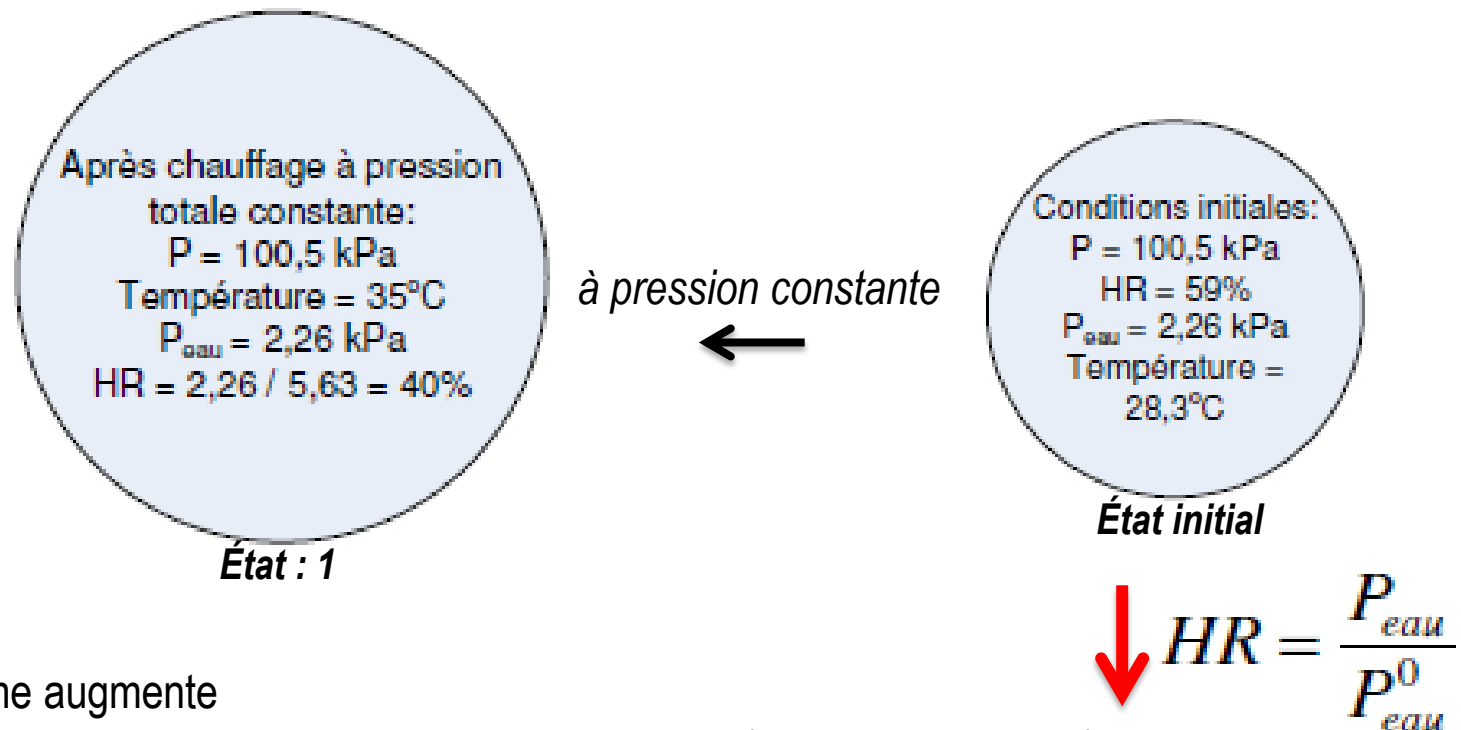
- la pression partielle de l'eau
- la fraction molaire de l'eau
- la pression partielle de l'air sec

### La démarche

1.  $HR = P_{\text{eau}} / P^{\circ}_{\text{eau}} = 0.455$
2.  $P^{\circ}_{\text{eau}}$  (15 °C) on le tire du **tableau 2.1** donc:  $P^{\circ}_{\text{eau}} = 1.705 \text{ kPa}$
3. a)  $P_{\text{eau}} = HR \times P^{\circ}_{\text{eau}} = 0.455 \times 1.705 \text{ kPa}$
4. b)  $Y_{\text{eau}} = P_{\text{eau}} / P_{\text{Tatale}} = \frac{0.455 \times 1.705 \times 10^3}{104 \times 10^3} = 0.00746$
5. c)  $P_{\text{AS}} = y_{\text{AS}} \times P_{\text{Tatale}} = (1 - y_{\text{eau}}) \times P_{\text{Tatale}} = (1 - 0.00746) \times 104 \times 10^3 \text{ Pa}$

# Variation d'humidité et la pression Partielle avec la température

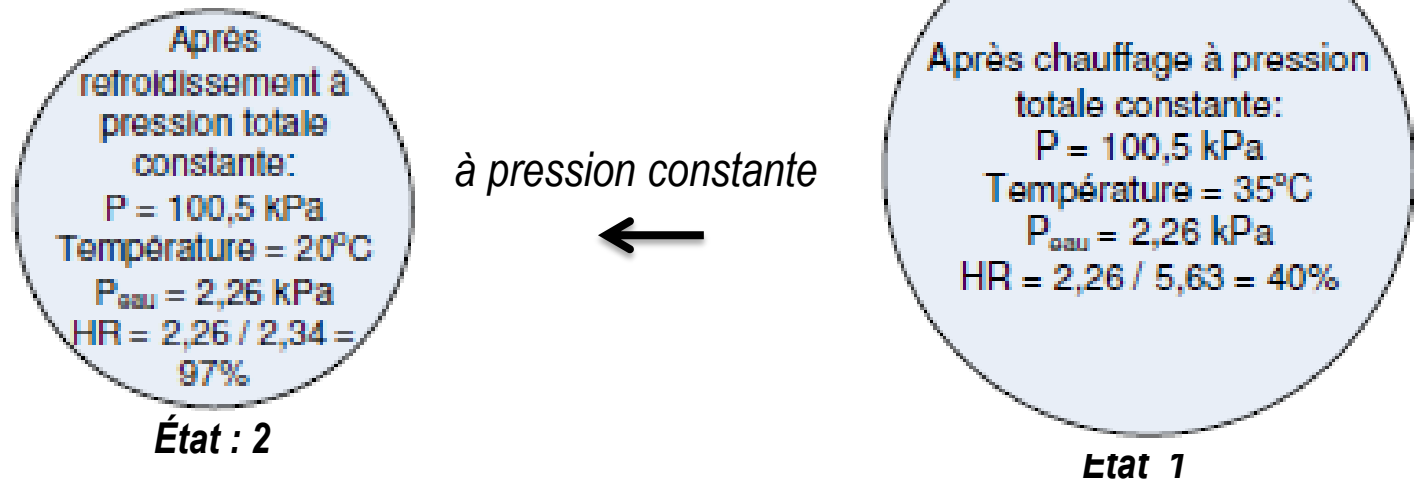
## ■ Diminution de l'humidité relative lors du chauffage



- Le volume augmente
- La pression partielle de l'eau sera donc inchangée (pression constante).
- La pression de vapeur de l'eau sera alors plus élevée

# Variation d'humidité et la pression Partielle avec la température

## ■ Augmentation de l'humidité relative lors d'un refroidissement

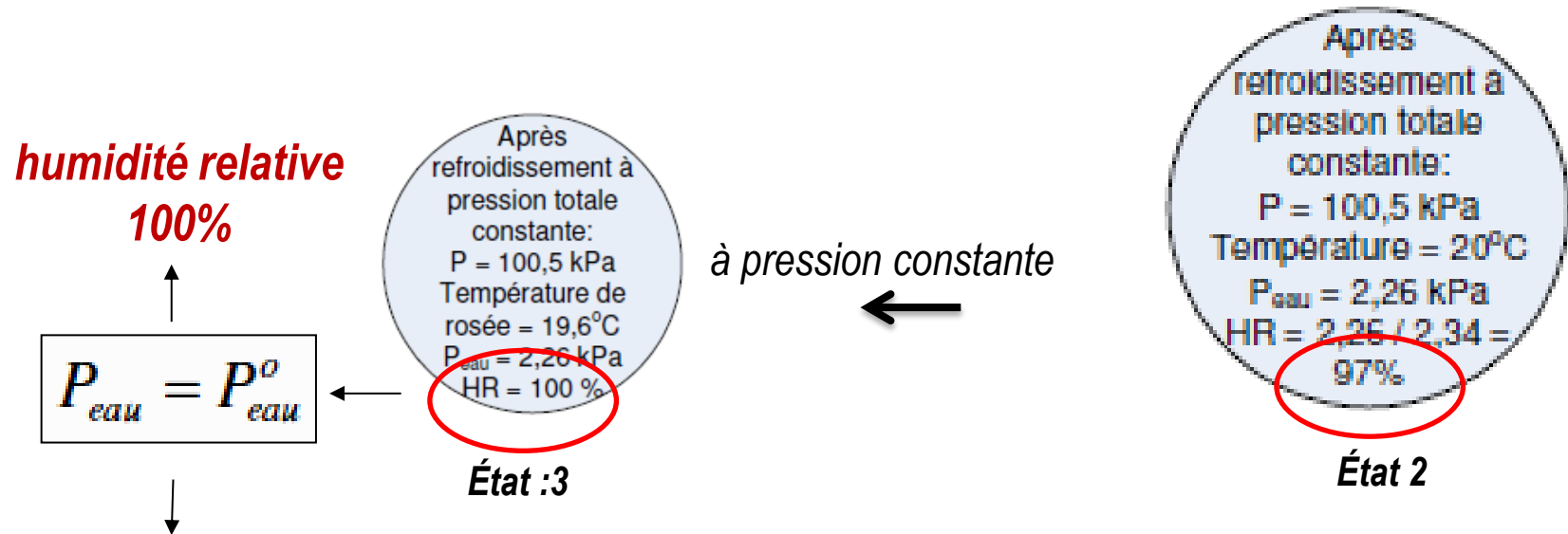


- Le volume diminue
- La pression partielle de l'eau sera encore inchangée.
- La pression de vapeur de l'eau diminue

$$HR = \frac{P_{\text{eau}}}{P_{\text{eau}}^0} \uparrow$$

# Variation d'humidité et la pression Partielle avec la température

## ■ Continuer à refroidir



Conditions de saturation

**point de rosée.**

- Le volume continue à diminuer
- La pression partielle de l'eau est toujours inchangée.
- L'humidité relative sera plus élevée



# Point de rosée

- Température à laquelle il faudrait refroidir l'air à pression totale constante pour atteindre l'état de saturation;
- Température à laquelle la pression partielle actuelle de l'eau devient une pression de vapeur.

$$P_{\text{eau}}^0 \text{ température de rosée} = P_{\text{eau}} \text{ température actuelle} = HR \times P_{\text{eau}}^0 \text{ température actuelle}$$

## Exercice d'application 3

- Calculez le point de rosée de l'air dont les caractéristiques sont :  
 $t = 28.3 \text{ °C}$  et  $HR = 59 \%$

1. Calculons d'abord  $P_{eau}^0$  ??  $\Rightarrow P_{eau}^0 = 10^{10.23 - \frac{1750}{28.3 + 235}} = 3833.44 \text{ Pa}$

2. Calculons la pression actuelle de l'eau  $P_{eau}$

$$HR = \frac{P_{eau}}{P_{eau}^0} \Rightarrow 0.59 = \frac{P_{eau}}{3833.44} \Rightarrow P_{eau} = 3833.44 \times 0.59 = 2261.73 \text{ Pa}$$

3. Le point de rosée est : *solve*  $(\log_{10}(P_{eau} = 2261.73) = 10.23 - \frac{1750}{T + 235}, T)$

4.  **$T = 19.52 \text{ °C}$**

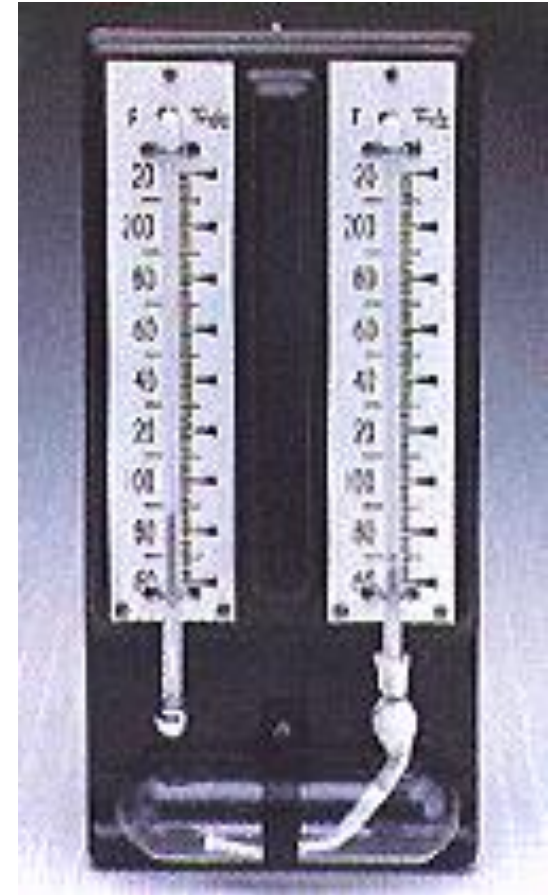
# Humidité spécifique

- Le rapport de mélange est une autre grandeur physique utilisée en sciences de l'atmosphère pour caractériser l'humidité de l'air.
- Il est défini comme le rapport entre la masse de vapeur d'eau et la masse d'air sec.

$$Y' = \frac{\text{masse d'eau}}{\text{masse d'air sec}}$$
$$Y' = \frac{M_{eau} \frac{P_{eau} V}{RT}}{M_{AS} \frac{P_{AS} V}{RT}} = 0,622 \times \frac{P_{eau}}{P_{tot} - P_{eau}}$$

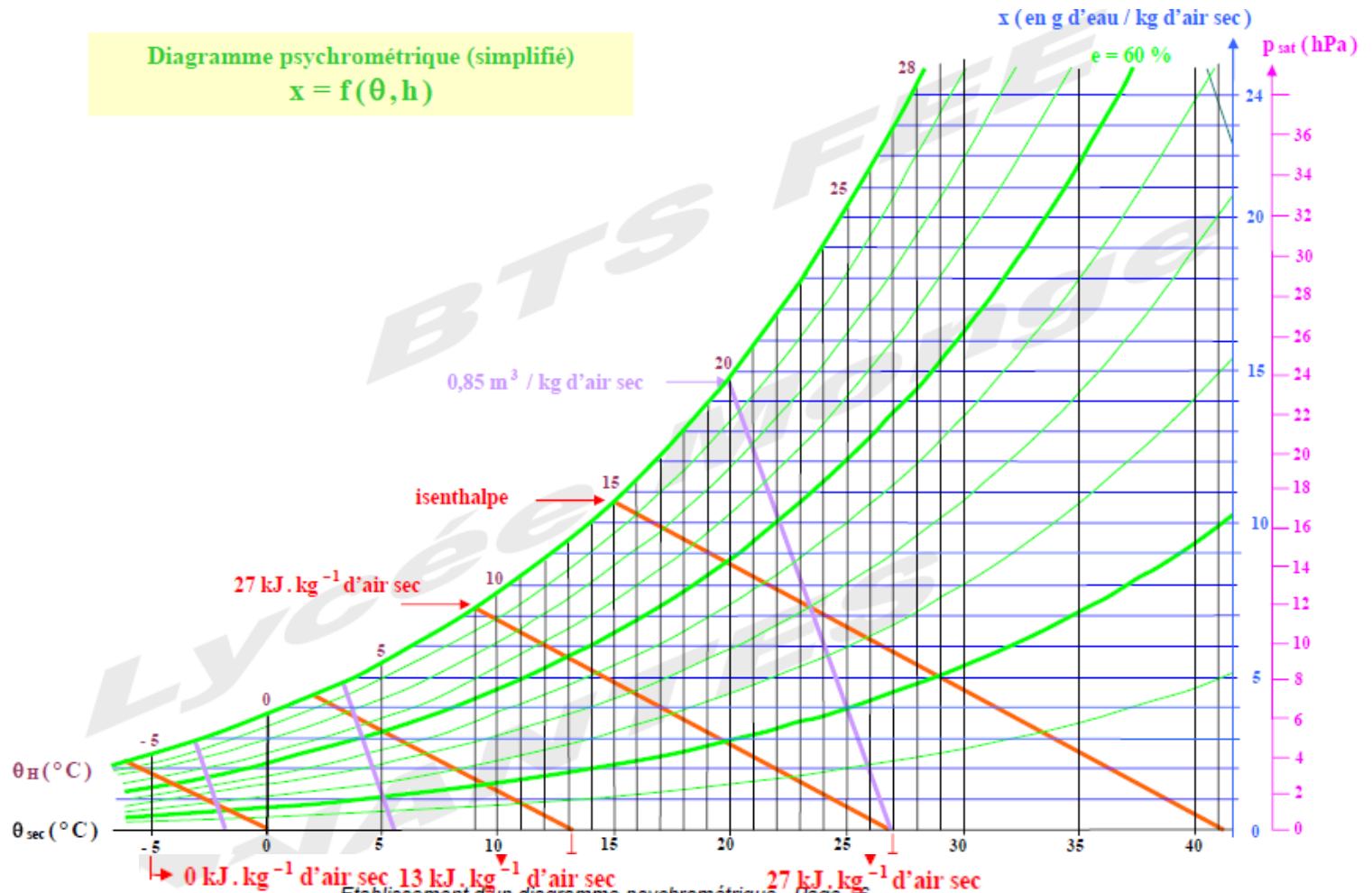
# Mesure d'humidité

- ✓ Hygromètre à « cheveux »/absorption
- ✓ Mesure du point de rosée par la méthode du miroir
- ✓ Psychrométrie



# Mesure d'humidité

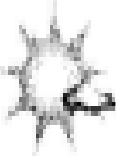
Diagramme psychrométrique (simplifié)  
 $x = f(\theta, h)$



Etablissement d'un diagramme psychrométrique Page 6

document proposé sur le site « Sciences Physiques en BTS » : <http://nicole.cortial.net>

## L'activité Beau temps mauvais temps

  <b>28 °C</b>	Enregistrées à: <b>Aéroport int. de Montréal-Trudeau</b>	
	Date: <b>10h00 HAE vendredi 3 septembre 2010</b>	
	Condition:	<b>Généralement ensoleillé</b>
	Pression:	<b>100,5 kPa</b>
	Tendance:	<b>à la baisse</b>
	Visibilité:	<b>24 km</b>
	<u>Cote air santé:</u>	
		Température: <b>28,3°C</b>
		Point de rosée: <b>19,6°C</b>
		Humidité: <b>59 %</b>
		Vent: <b>SSE 15 km/h</b>
		Humidex: <b>36</b>

## Exemple d'application 3

Un mélange de vapeur d'eau et d'air ayant une température sèche (T) de 60°C est évaluée avec un psychromètre et la température humide obtenue est de 29.5°C. Quelle est l'humidité de mélange