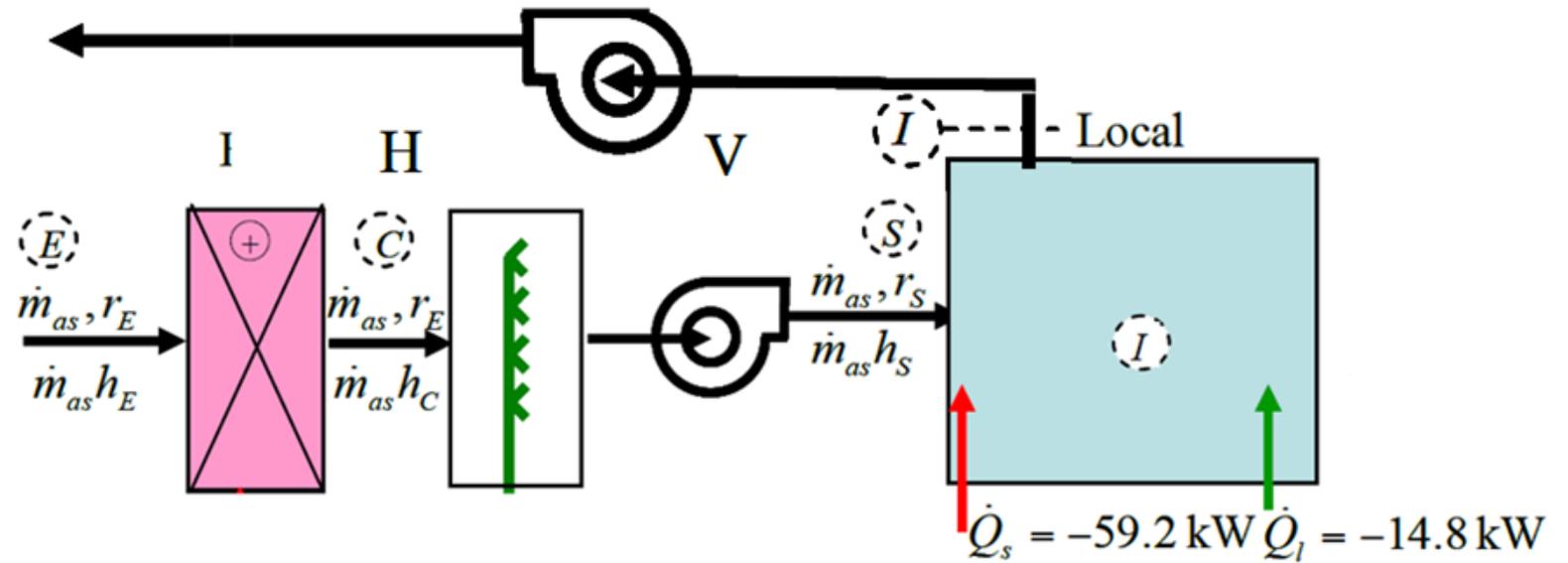


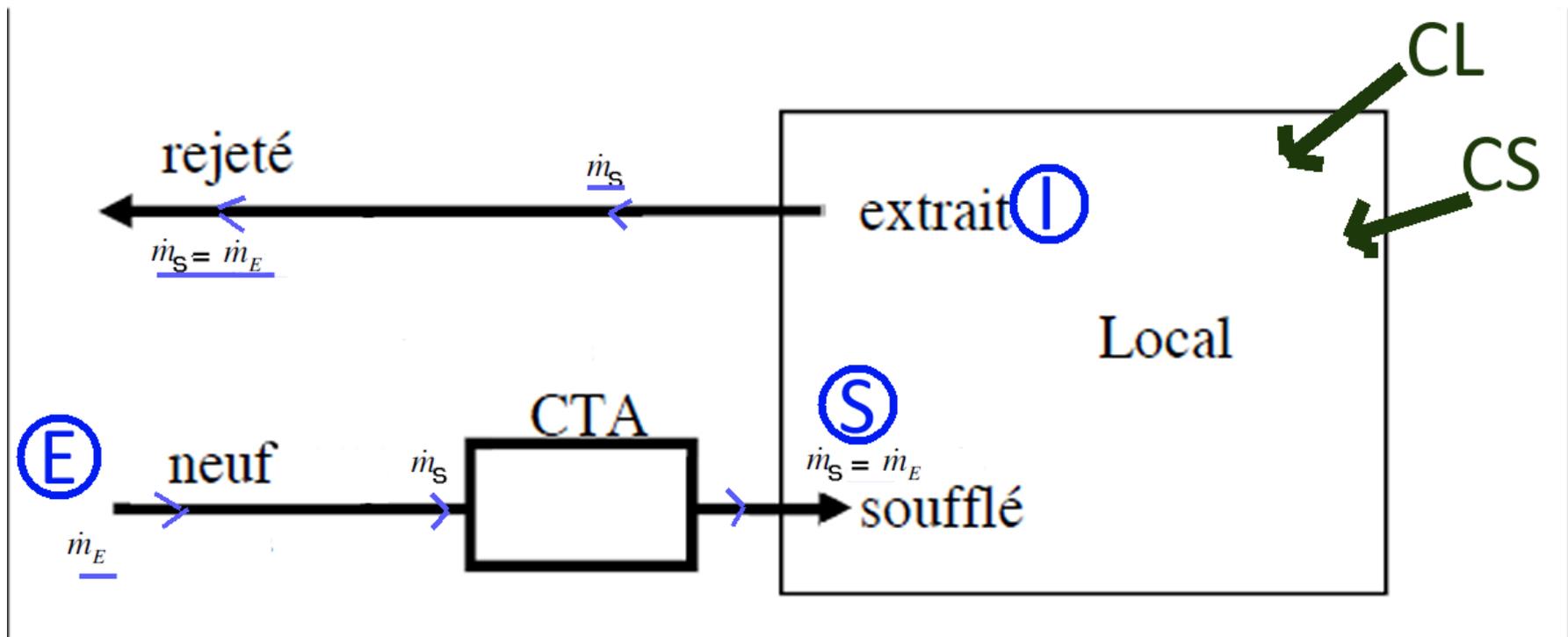
# Climatisation d'Hiver

## 1 Tout air neuf, humidification par injection de vapeurs



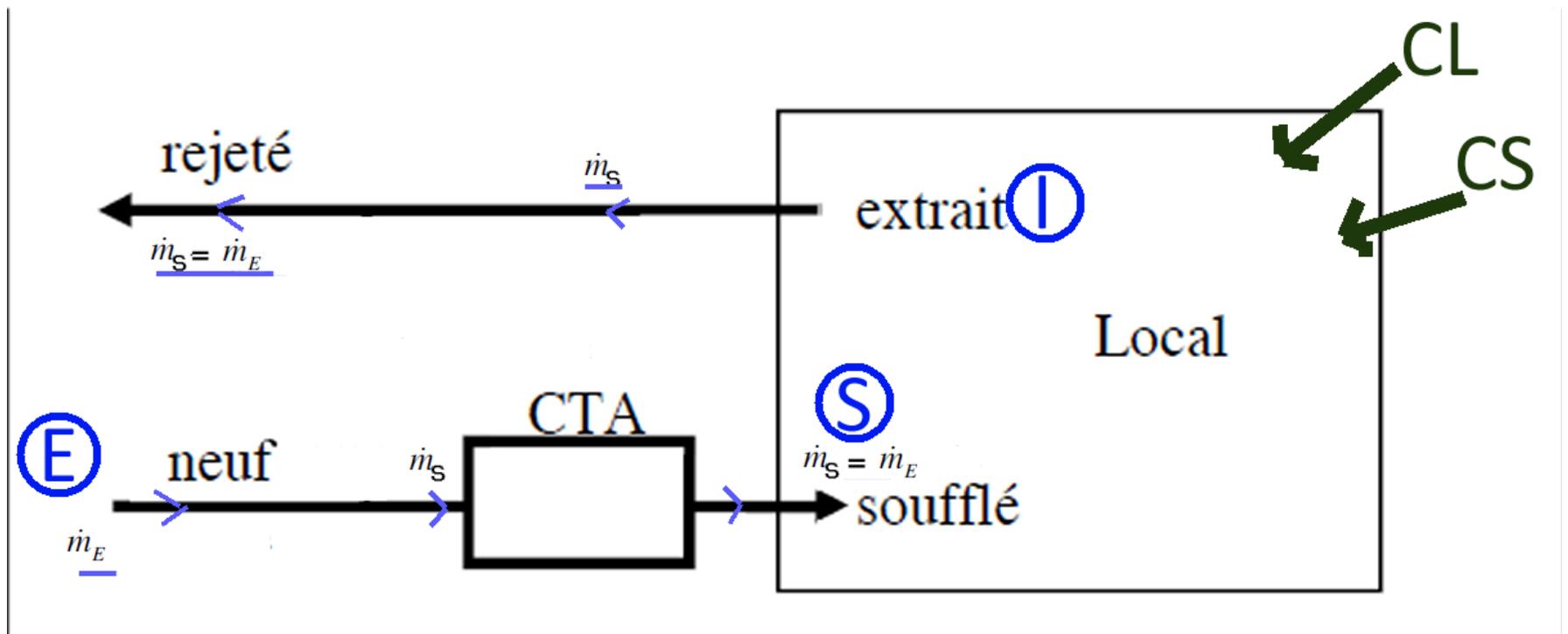


# Climatisation d'Hiver

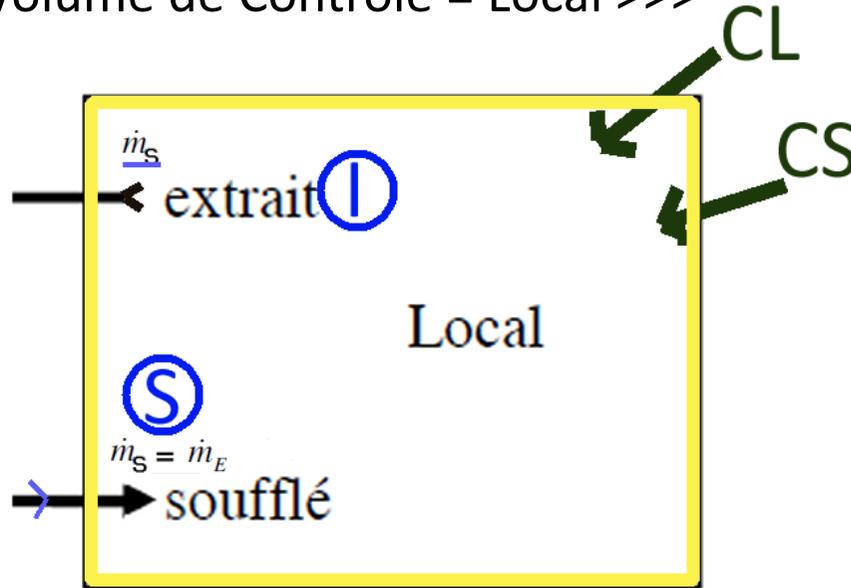




# Bilans du Local : $\dot{m}_{as}$ , $\dot{m}_v$ et $\dot{H}$



Volume de Contrôle = Local >>>



### Bilan as

$$\dot{m}_{as} \text{ soufflé} = \dot{m}_{as} \text{ extrait}$$

### Bilan vapeur

$$\dot{m}_{as} r_s - \dot{m}_{as} r_i + CL/2500$$

### Bilan enthalpique

$$H_s - H_E + CL + CS = 0$$

$$>>> \dot{m}_{as} h_s - \dot{m}_{as} h_i + CL + CS = 0$$

*Si l'on accepte la simplification*

$$h = 1 \times \theta + r(2490 + 1,96 \theta) \sim \theta + 2500 r$$

### Bilan enthalpique :

$$\dot{m}_{as} (\theta_s + 2500 r_s) - \dot{m}_{as} (\theta_i + 2500 r_i) + CL + CS = 0$$



**Bilan enthalpique :**

$$\dot{m}_{as} (\theta_s + 2500 r_s) - \dot{m}_{as} (\theta_i + 2500 r_i) + CL + CS = 0$$

>>

$$\dot{m}_{as} (\theta_s - \theta_i) + 2500 \dot{m}_{as} (r_s - r_i) + CL + CS = 0$$

$$>> 2500 \dot{m}_{as} (r_s - r_i) + CL = 0 :$$

c'est le bilan de conservation de masse d'eau X 2500, que l'on appelle, écrit sous cette forme « **Bilan latent du local** »

et donc , par soustraction de ce terme au bilan enthalpique >>

$$\dot{m}_{as} (\theta_s - \theta_i) + CS = 0$$

que l'on appelle le « **Bilan sensible du local** »



« Bilan massique d'as »

+

« Bilan sensible du local » :  $\dot{m}_{as} (\theta_s - \theta_i) + CS = 0$

+

« Bilan latent du local » :  $2500 \dot{m}_{as} (r_s - r_i) + CL = 0$

équivalent à

« Bilan massique d'as »

+

« Bilan massique de vapeur »

+

« Bilan enthalpique »

# Droite de soufflage

Un point de soufflage S doit donc vérifier :

$\dot{m}_{as} (\theta_s - \theta_i) + CS = 0$  et  $2500 \dot{m}_{as} (r_s - r_i) + CL = 0$   
>>  $CL/CS = 2500 (r_s - r_i) / (\theta_s - \theta_i)$  : c'est l'équation d'une droite dans le repère  $(\theta, r)$

**Cette droite passe par le point I** : le point I est un point particulier de soufflage qui implique que  $\dot{m}_{as} \rightarrow \infty$ . Ce n'est pas vraiment réalisable (et pas souhaitable) physiquement, mais si l'on soufflait un très grand débit aux conditions I, alors on maintient bien le local aux conditions I.

**Il nous faut un deuxième point pour définir la droite .**





**Il nous faut un deuxième point pour définir la droite :**

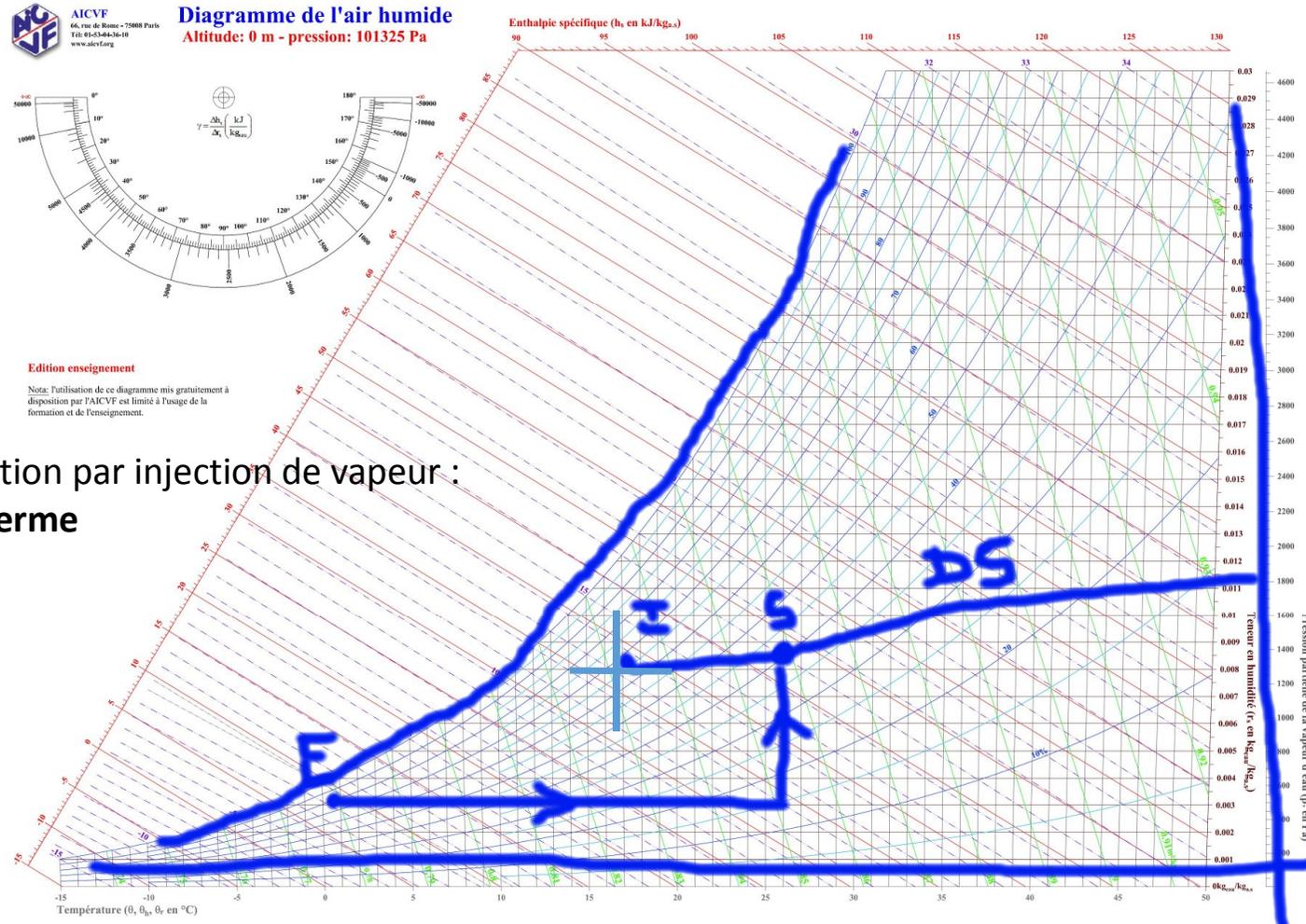
On cherche l'intersection de la droite de soufflage (DS) avec l'isotherme la plus éloignée sur notre diagramme (en général  $\theta=50^{\circ}\text{C}$ ) >>> donc  $r_x$  pour  $\theta_x=50^{\circ}\text{C}$  >>

$$\text{CL/CS}=2500 (r_x-r_i) / (50-\theta_i) \gg r_x=r_i+\text{CL/CS}*(50-\theta_i)/2500$$

**Si on connaît le point intérieur ( $\theta_i, r_i$ ) et les charges du local (CL et CS) alors on peut tracer la DS**

**Remarque sur DS et signes de CL et CS >> « demi Droite »**

# Lecture des données du PB >>> tracé d'un brouillon

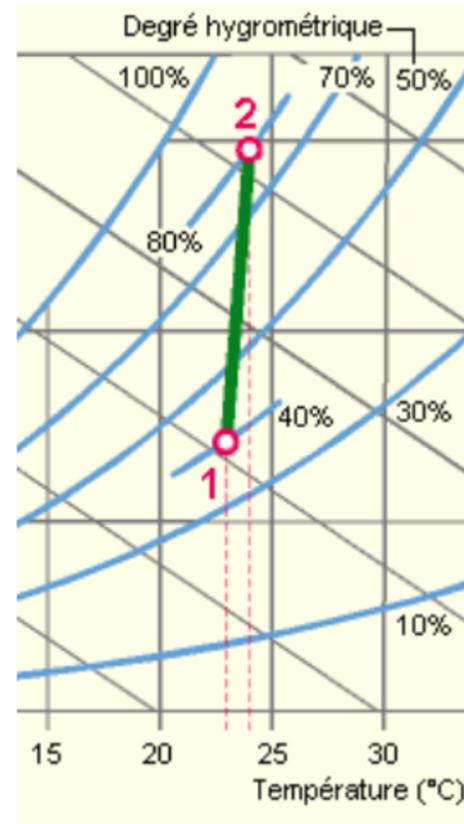
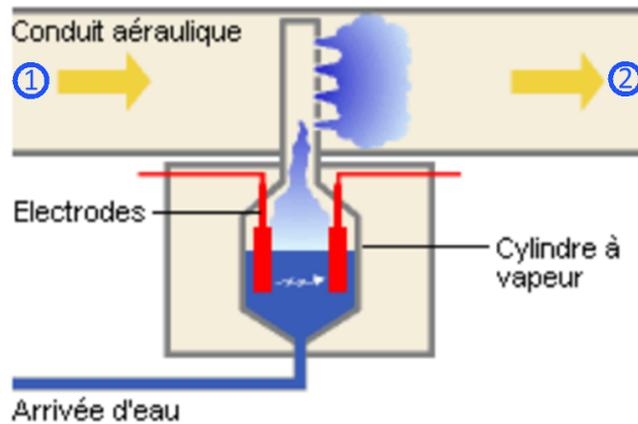


Humidification par injection de vapeur :  
~Isotherme



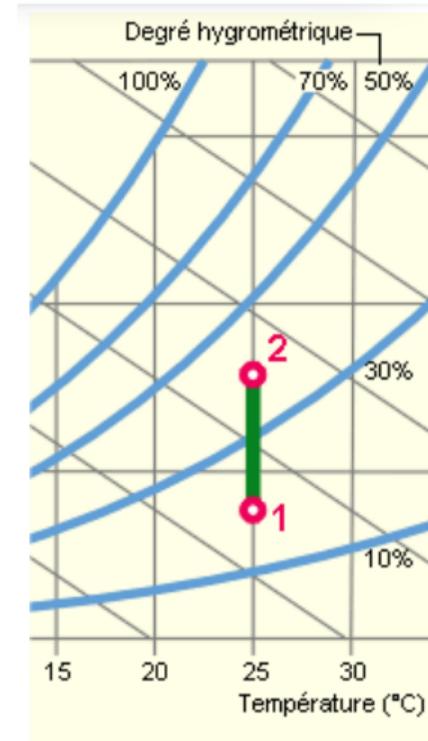
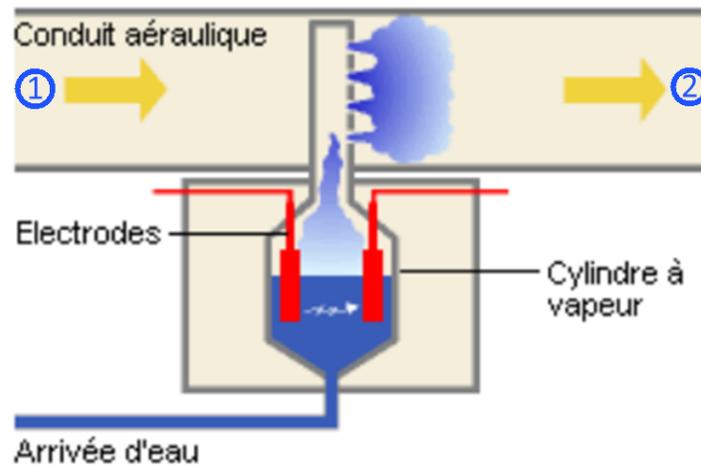


# Humidification par injection de vapeur

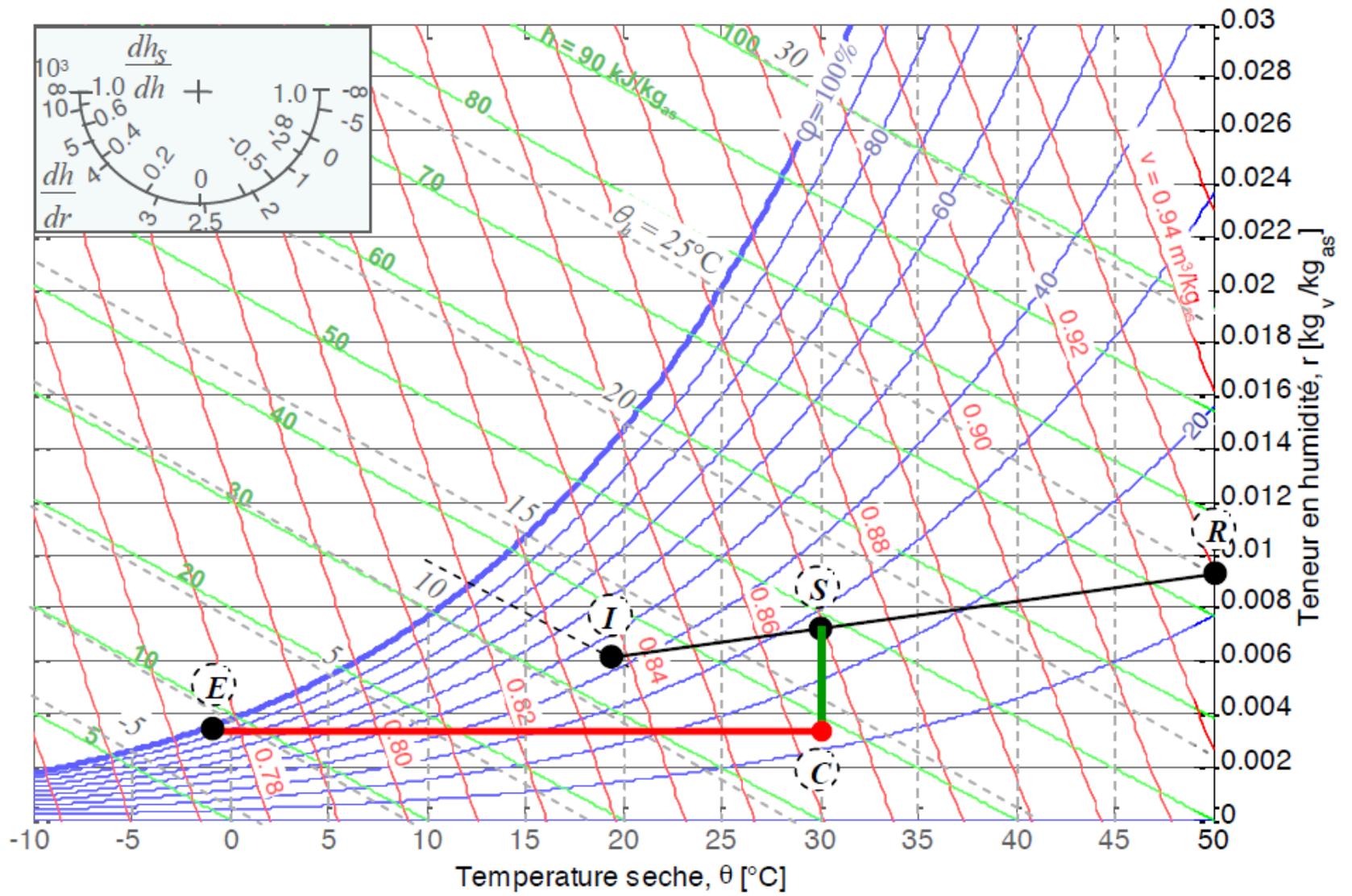




# Humidification par injection de vapeur



Dans la pratique : **Transformation isotherme**



# Résultats

$$\theta_R = 50^\circ\text{C}$$

$$r_I = 6.22 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

$$h_I = 33.86 \text{ kJ/kg}_{as}$$

$$r_R = r_I + \frac{\dot{Q}_l}{\dot{Q}_s} \cdot \frac{c_{as}}{l_v} (\theta_R - \theta_I)$$

$$= 6.22 \cdot 10^{-3} + \frac{-14.8}{-59.2} \cdot \frac{1}{2500} (50 - 18)$$

$$= 9.42 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

*Point de soufflage (point S)*

$$\theta_S = 30^\circ\text{C}$$

$$r_S = 7.42 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

$$h_S = 49.14 \text{ kJ/kg}_{as}$$

*Point à la sortie de la batterie de chauffage (point C)*

$$\theta_C = \theta_S = 30^\circ\text{C}$$

$$r_C = r_E = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

$\Rightarrow$

$$h_C = 39.1 \text{ kJ/kg}_{as}$$

*Débit massique d'air sec*

Bilan d'énergie du local :

$$\dot{Q}_s + \dot{Q}_l + \dot{m}_{as} (h_S - h_I) = 0$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{as} = 4.84 \text{ kg}_{as}/\text{s}$$



# Résultats

*Puissance de la batterie chaude*

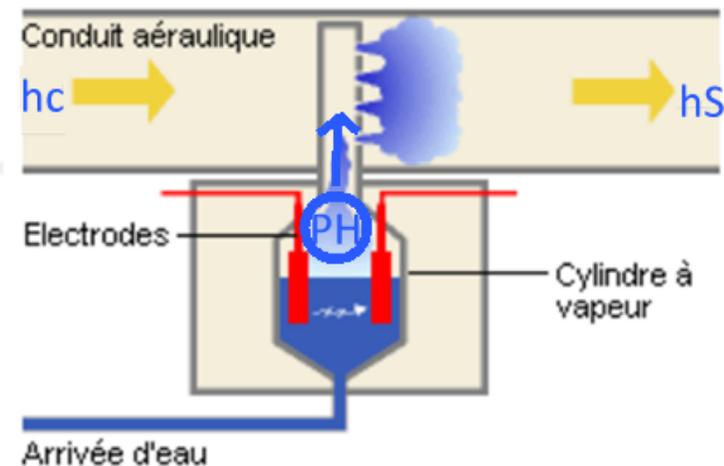
$$\begin{aligned}\dot{Q}_{BC} &= \dot{m}_{as} (h_C - h_E) \\ &= 4.84 \times (39.1 - 7.8) \\ &= 151.5 \text{ kW}\end{aligned}$$

*Débit massique des vapeurs*

$$\begin{aligned}\dot{m}_v &= \dot{m}_{as} (r_S - r_C) \\ &= 4.84 \times (7.42 - 3.5) \cdot 10^{-3} \\ &= 0.019 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

*Puissance du bouilleur*

$$P_H = \dot{m}_v h_v = \dot{m}_v (1_v + c_v \theta) \approx \dot{m}_v h_v$$

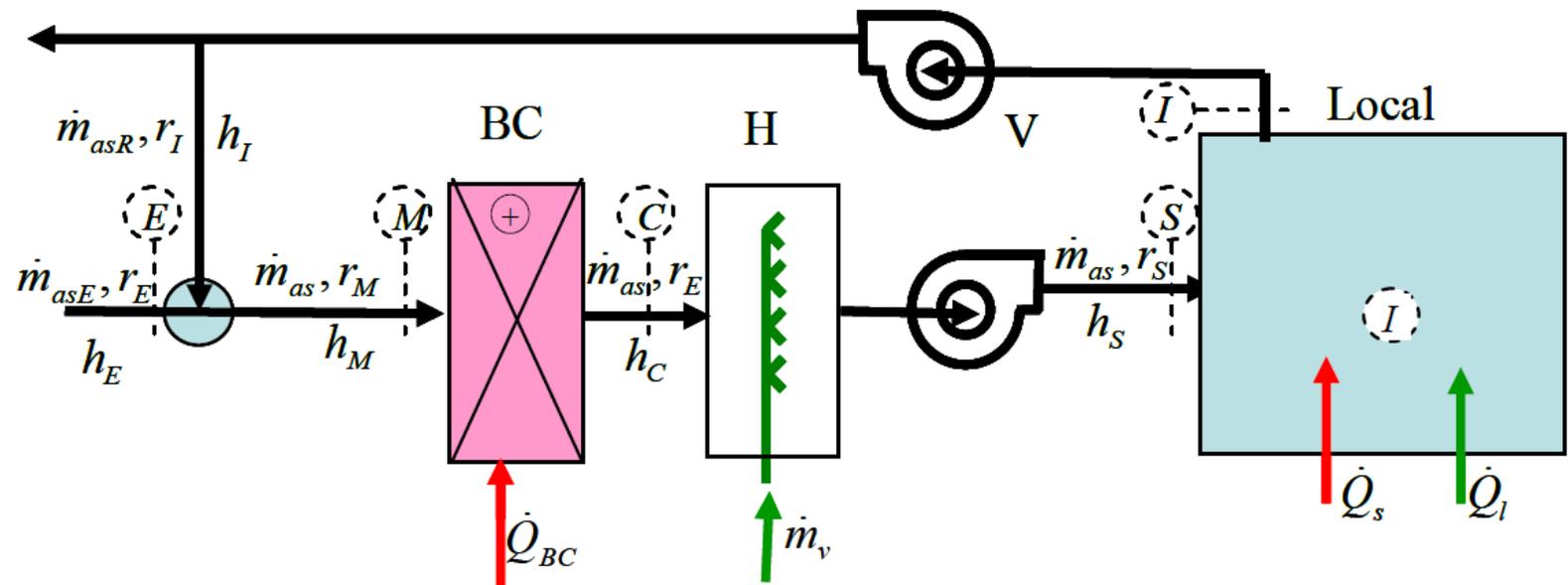


$$P_{\text{bouilleur}} = P_H : \dot{m}_{as} h_c + P_H - \dot{m}_{as} h_s = 0$$

$$\gg P_H = \dot{m}_{as} (h_s - h_c) \sim 4,84 (48-37) = 53,24 \text{ kW}$$

# Climatisation d'Hiver

## 2) Mélange avec l'air recyclé, humidification par injection de vapeurs

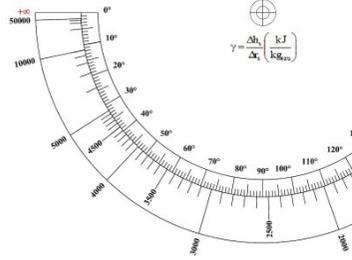




AICVF  
66, rue de Rome - 75008 Paris  
Tél: 01-53-04-36-10  
www.aicvf.org

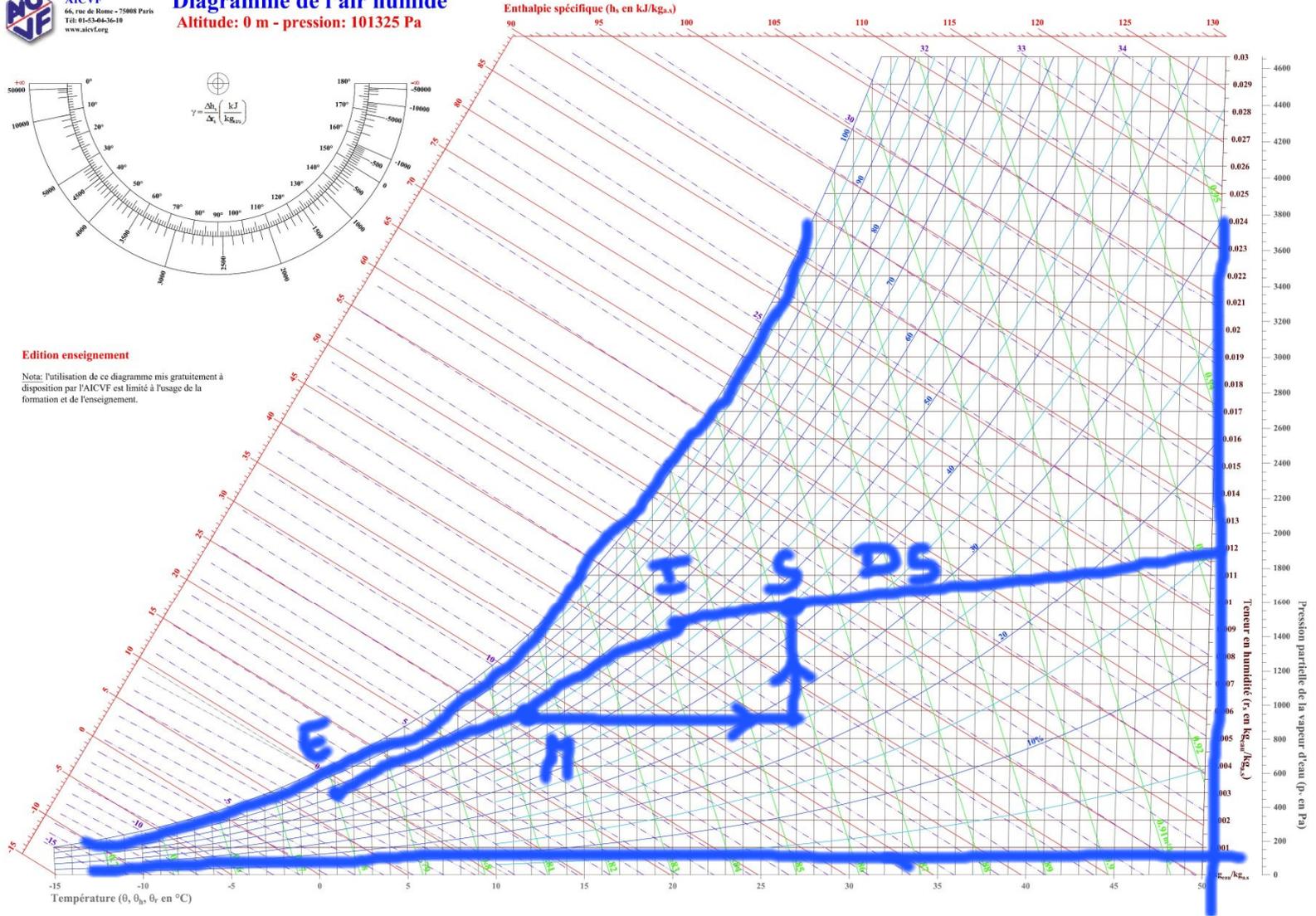
## Diagramme de l'air humide

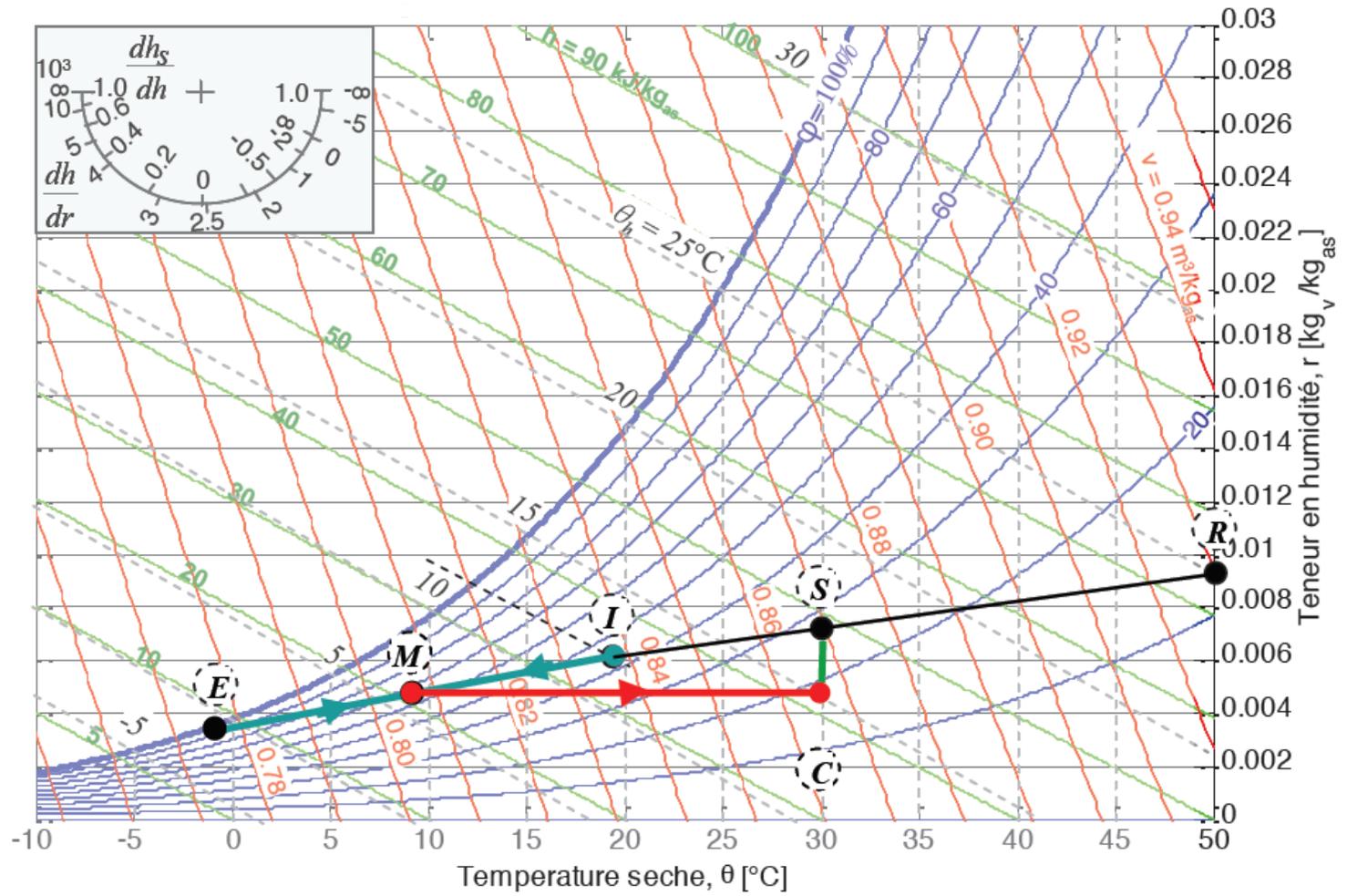
Altitude: 0 m - pression: 101325 Pa



### Edition enseignement

Nota: l'utilisation de ce diagramme mis gratuitement à disposition par l'AICVF est limitée à l'usage de la formation et de l'enseignement.





## Résultats :

$$\dot{m}_{asE} \theta_E + \dot{m}_{asR} \theta_I = (\dot{m}_{asE} + \dot{m}_{asR}) \theta_M$$

$$\theta_M = \frac{\theta_E + \theta_I}{2} = 8.5^\circ\text{C}$$

$$r_M = \frac{0.0035 + 0.00622}{2}$$
$$= 4.86 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

Calcul de  $\theta_M$  ou positionnement au milieu de IE et lecture de  $r_M$

Positionnement de C :  $r_C = r_E$ ,  $\theta_C = \theta_S$

**Puissance de la batterie de chauffage**

$$\dot{Q}_{BC} = \dot{m}_{as} (h_C - h_M)$$
$$= 4.84 \times (42.6 - 20.8)$$
$$= 105.5 \text{ kW}$$

**Débit massique des vapeurs**

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{as} (r_S - r_C)$$
$$= 4.84 \times (7.42 - 4.86) \cdot 10^{-3}$$
$$= 0.0124 \text{ kg/s}$$

*Puissance du bouilleur*

$$P_H = \dot{m}_v h_v = \dot{m}_v (l_v + c_v \theta) \cong \dot{m}_v h_v$$

$$P_H = \dot{m}_v (l_v + c_v \theta)$$
$$= 0.0124 \times (2495 + 1.96 \times 100)$$
$$= 33.4 \text{ kW}$$

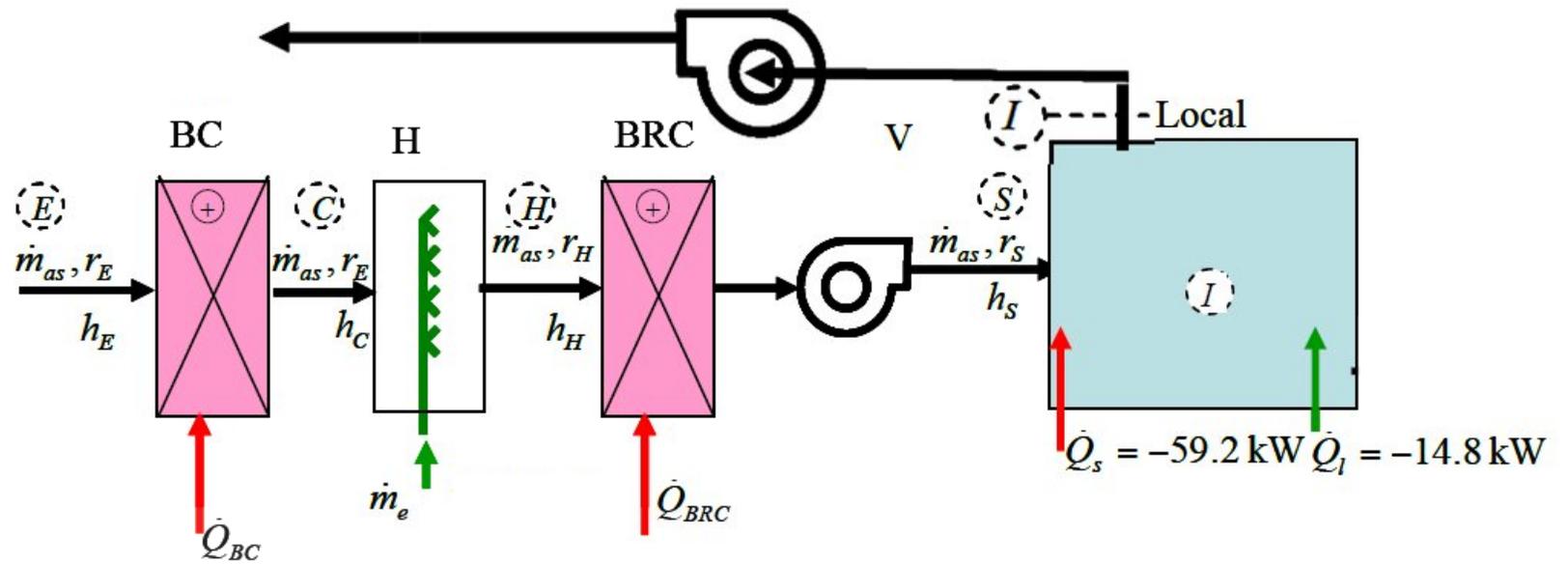
Puissance totale :

$$\dot{Q}_{BC} + P_H = 105.5 + 33.5$$
$$= 139 \text{ kW}$$

A comparer avec la puissance de 199 kW du cas "tout air neuf"



### 3. Tout air neuf avec humidification par pulvérisation d'eau

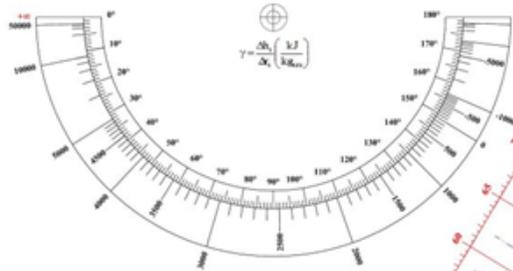




AICVF  
44, rue de Rome - 75008 Paris  
Tél: 01 53 46 36 19  
www.aicvf.org

## Diagramme de l'air humide

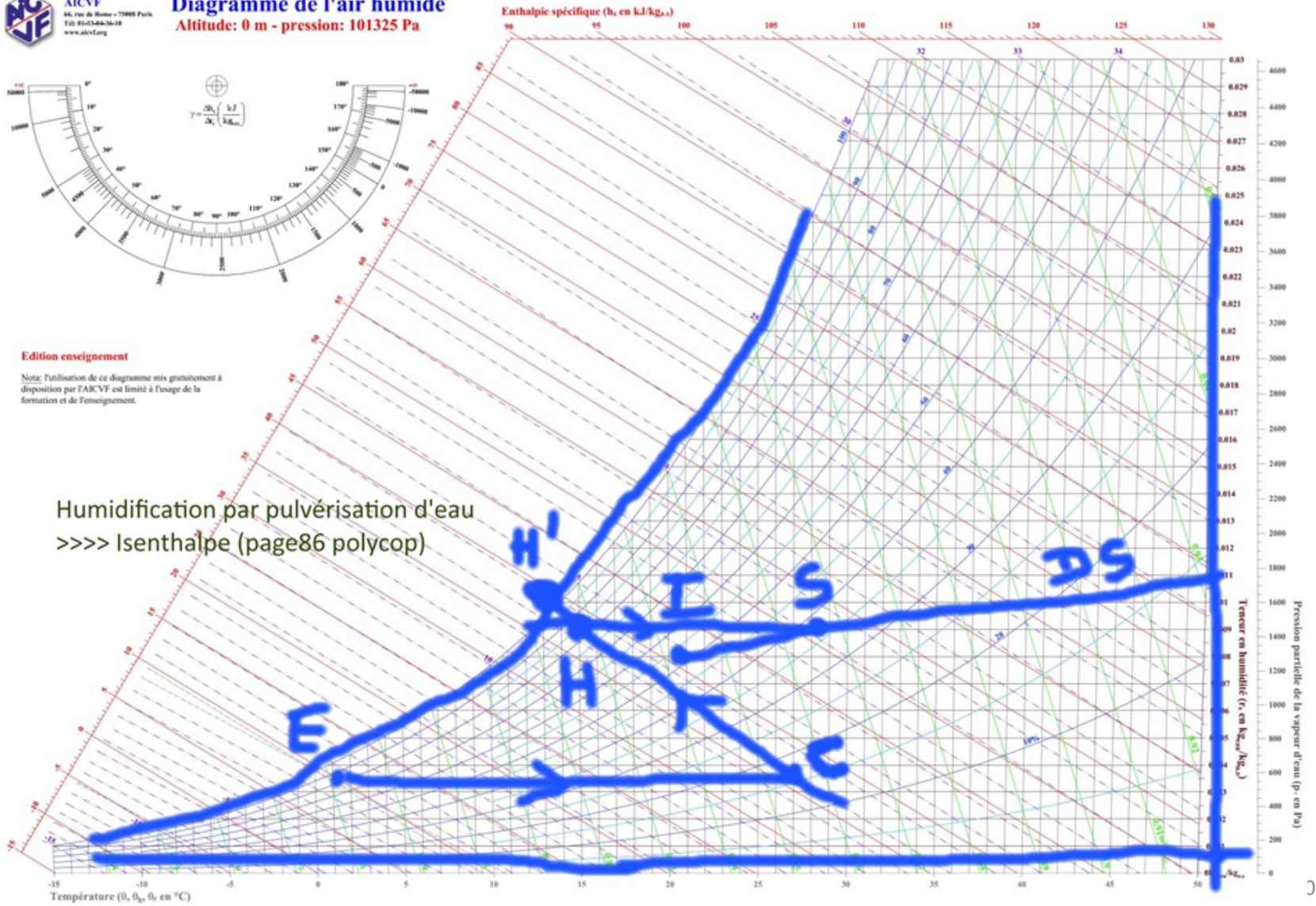
Altitude: 0 m - pression: 101325 Pa



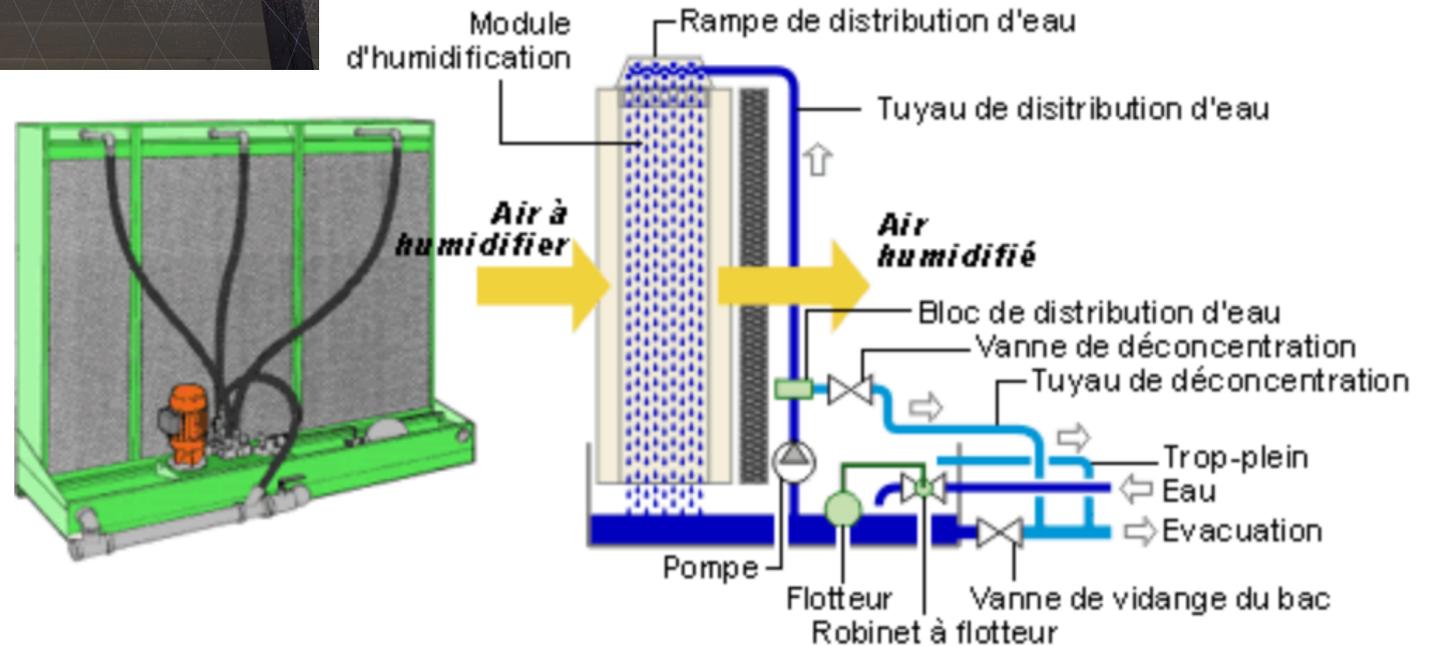
### Edition enseignement

Note: l'utilisation de ce diagramme mis gratuitement à disposition par l'AICVF est limitée à l'usage de la formation et de l'enseignement.

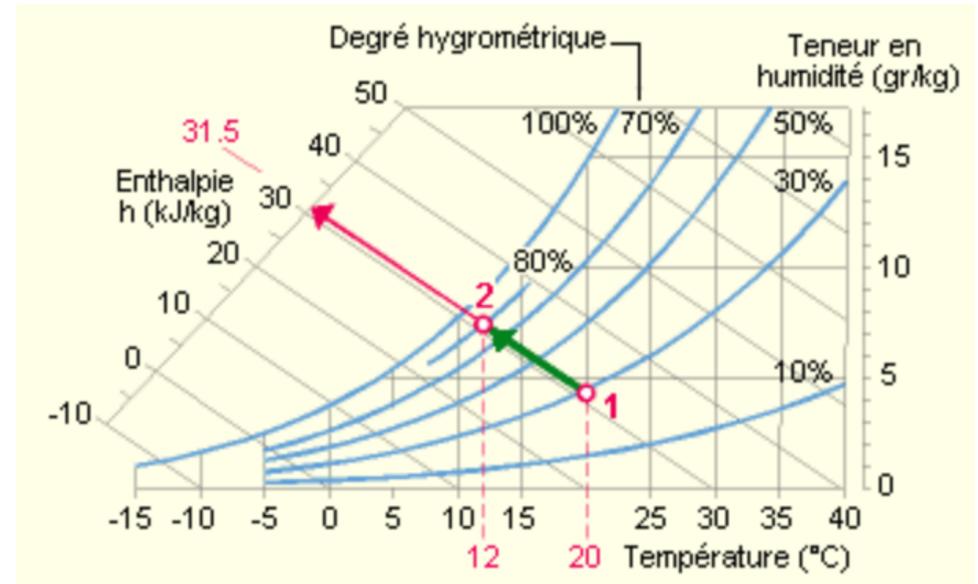
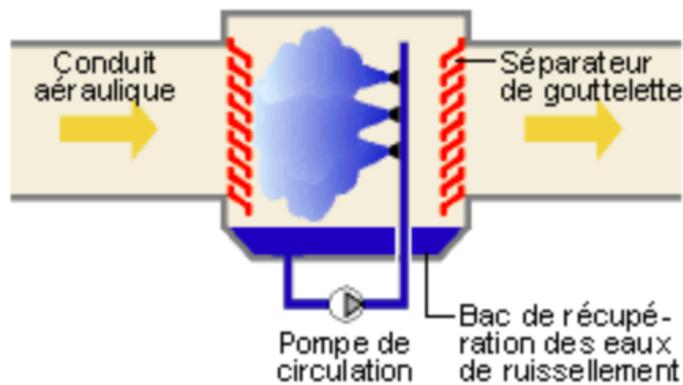
Humidification par pulvérisation d'eau  
>>>> Isenthalpe (page86 polycop)



# Humidification par injection d'eau (laveur)



# Humidification par injection d'eau (laveur)



Débit d'eau :  $m_{as} (r_2 - r_1) \gg$

Enthalpie de l'eau liquide injectée  $\gg H_{el} \approx 4.18 m_{as} (r_2 - r_1) \theta_{el}$

Sur l'exemple :  $h_1 \approx h_2 \approx 31,5$  kJ/kg et  $h_{el} \approx 0,33$  kJ/kg en prenant  $\theta_{el} = 20^\circ\text{C}$  pour majorer

Dans la pratique : **Transformation isenthalpe**

Il nous faut donc tracer les points : C, H' et H  
Ces points sont alignés sur la même isenthalpe,  
(pulvérisation d'eau, laveur) , **mais on ne connaît pas  
cette isenthalpe.**

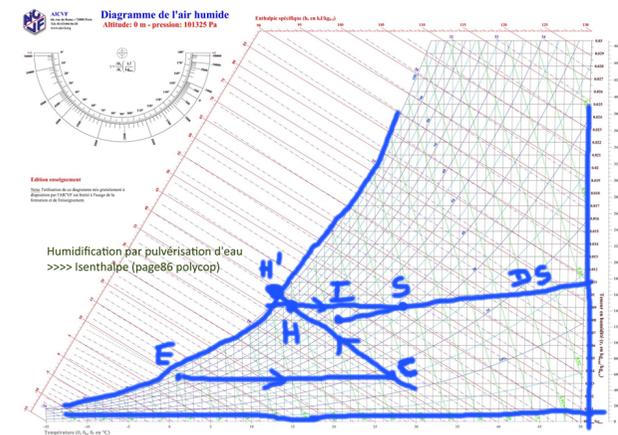
Nous n'avons pas exploité l'efficacité du laveur :  
 $\epsilon = 0,90 = CH/CH'$  (100%le point serait sur la courbe de  
saturation)

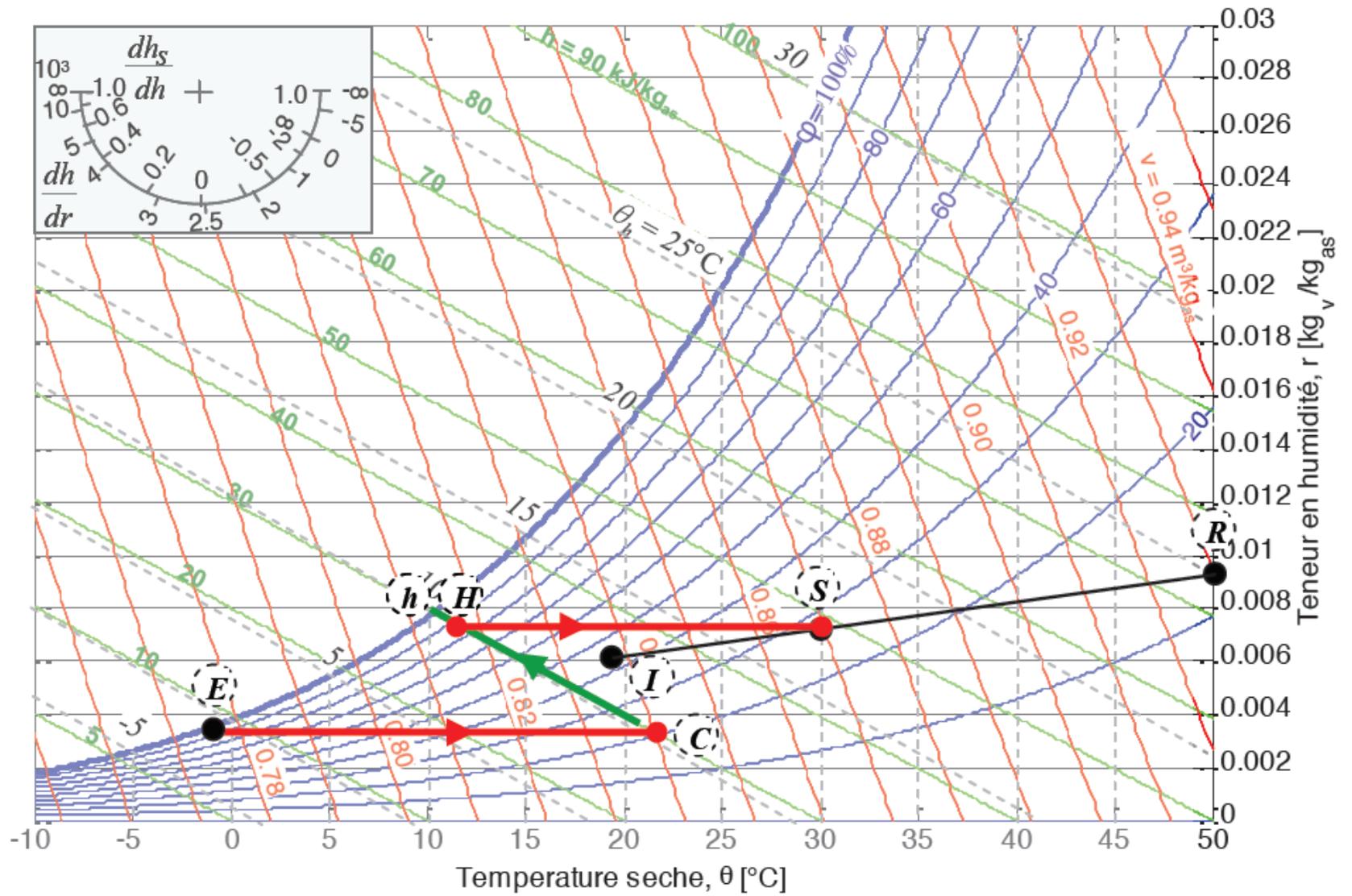
>>  $\epsilon = (rH-rC)/(rH'-rC) = (rS-rE)/(rH'-rE)$

>> calcul de rH' >> H'

>> isenthalpe recherchée

>> H et C





## Résultats :

Efficacité de l'humidificateur est :

$$\varepsilon = \frac{r_H - r_C}{r_h - r_C} = \frac{\theta_H - \theta_C}{\theta_h - \theta_C} = 0.9$$

$$\begin{aligned} r_h &= r_C + \frac{r_H - r_C}{\varepsilon} \\ &= \left( 3.5 + \frac{7.42 - 3.5}{0.9} \right) \cdot 10^{-3} \\ &= 7.85 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as} \end{aligned}$$

Positionnement de C :  $h_C = h_H$  ,  $\theta_C = \theta_E$

**Puissance des batteries de chauffage**

Batterie de préchauffage

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{BC} &= \dot{m}_{as} (h_C - h_E) \\ &= 4.84 \times (30.25 - 7.8) \\ &= 108.66 \text{ kW} \end{aligned}$$

Batterie de réchauffage :

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{BRC} &= \dot{m}_{as} (h_S - h_H) \\ &= 4.84 \times (49.14 - 30.35) \\ &= 91.43 \text{ kW} \end{aligned}$$

**Débit d'eau injecté**

$$\begin{aligned} \dot{m}_e &= \dot{m}_{as} (r_H - r_C) \\ &= 4.84 \times (7.42 - 3.5) \cdot 10^{-3} \\ &= 0.019 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Puissance totale de chauffage :

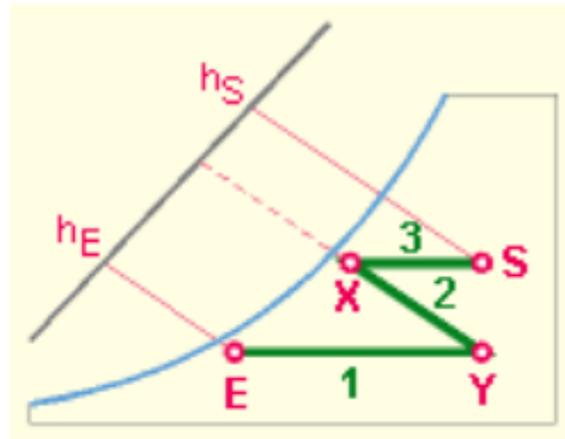
$$\begin{aligned} \dot{Q}_{BC} + \dot{Q}_{BRC} &= 108.66 + 91.43 \\ &= 200 \text{ kW} \end{aligned}$$

égal au débit de vapeurs injecté.

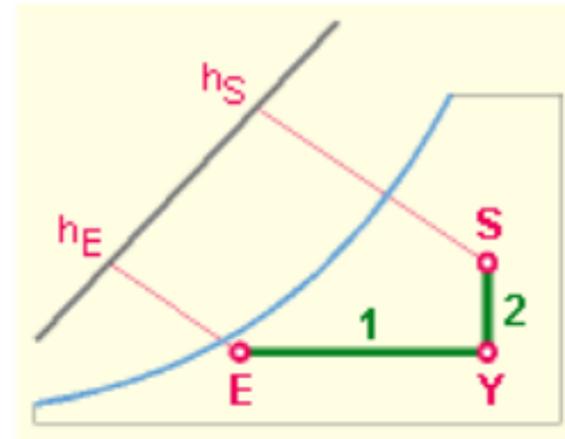


# Transformation isenthalpe

# Transformation isotherme



Humidificateur à eau froide



Humidificateur à vapeur

