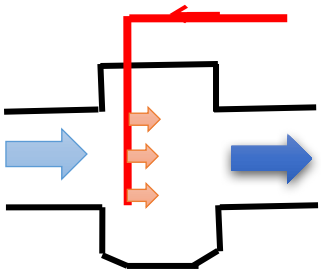
# HUMIDIFICARTION DE L'AIR

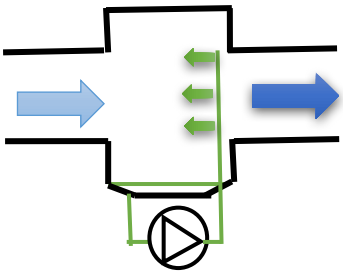
Pour adapter l'humidité relative de l'air en sortie d'une centrale de traitement de l'air on peut recourir à deux procédés distincts.

1- Diffusion de vapeur d'eau dans le flux d'air.



La vapeur sèche est injectée dans le flux d'air.
Le mélange s'effectue pratiquement d'une manière isotherme .
La température de l'air après humidification est pratiquement égale à celle avant l'humidification.

2- Pulvérisation d'eau liquide dans le flux d'air.



L'eau injectée crée un fin brouillard d'eau froide en suspension.
L'évaporation de l'eau entraîne une diminution de température qui doit être compensée dans un second temps par un réchauffage du mélange.

Eude de cas :

Etude de cas :

L'alimentation d'une centrale de traitement de l'air s'effectue par de l'air à 10°C et 70% d'humidité relative. Après préchauffage de l'air à la température de 22°C l'humidité relative n'est plus que de 32,6%. Il convient donc d'humidifier cet air affin d'obtenir à la température de 22°C une humidité relative de 50%.

**Humidité absolue de l'air à l'entrée de la batterie.**

Pression de vapeur saturante à la température de 10°C

La pression de vapeur saturante de l'eau sous une pression de 101325 Pa est calculée à l'aide de l'équation de Dupré.

$$p_{vs}(T)=\exp\left[46{,}784-\frac{6435}{(T+273{,}15)}-3{,}868\times\ln(T+273{,}15)\right]\times\frac{101325}{760}$$

Avec $p_{vs}$ exprimée en Pa et T en °C.

*A l'entréede la batterie* Pour une température de 10°C.

$$p_{vsE}=\exp\left[46{,}784-\frac{6435}{(10+273{,}15)}-3{,}868\times\ln(10+273{,}15)\right]\times\frac{101325}{760}=1226\,Pa$$

Humidité absolue en entrée de batterie :

$$p_v=\frac{Hr}{100}\times p_{vs(T)}\rightarrow p_{vE}=\frac{70}{100}\times 1223=858{,}2$$

$$x(p_v,p)=0{,}622\times\frac{p_v}{p-p_v}$$

$$w_E=0{,}622\times\frac{858{,}2}{101325-858{,}2}=¿\ 0{,}00531 \text{ soit } \ 5{,}31 \ \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

**Humidité absolue en sortie de batterie à 22°C et 50% d'humidité relative.**

$$p_{vsE}=\exp\left[46{,}784-\frac{6435}{(22+273{,}15)}-3{,}868\times\ln(22+273{,}15)\right]\times\frac{101325}{760}=2631\,Pa$$

$$p_v=\frac{Hr}{100}\times p_{vs(T)}\rightarrow p_{vS}=\frac{50}{100}\times 2631=¿1315{,}5$$

$$w(p_v,p)=0{,}622\times\frac{p_v}{p-p_v}$$

$$w_S=0{,}622\times\frac{1315{,}5}{101325-1345{,}5}=¿\ 0{,}00818 \text{ soit } \ 8{,}18 \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

**Débit d'air sec.**

Volume spécifique de l'air à 10°C, 70% d'humidité relative et sous 101325 Pa

$$V_s(w,T,p)=\frac{461{,}52\times(0{,}621978+w)\times(T+273{,}15)}{p}$$

$$V_s=\frac{461{,}52\times(0{,}621978+0{,}005313)\times(10+273{,}15)}{101325}=0{,}809$$

Débit d'air sec à l'entré de la C.T.A.

$$Q_{m/Air_{sec}}(Q_v,V_s)=\frac{Q_v/3600}{V_s}\rightarrow Q_{m/Air_{sec}}=\frac{1200/3600}{0{,}809}=0{,}39347\,kg\,s^{-1}$$

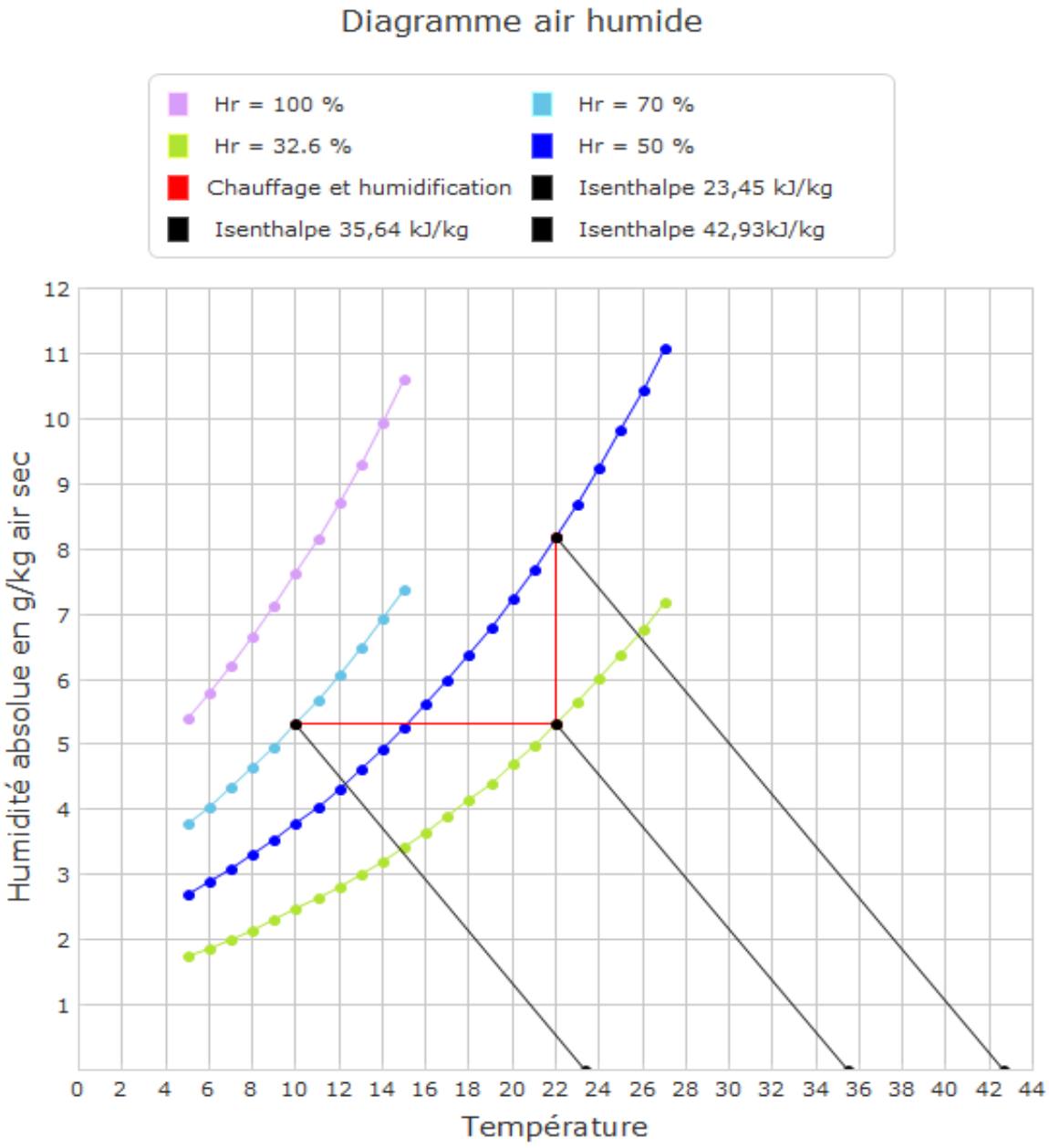
Le débit d'eau à apporter est donc de :

$$Q_{Vapeur\,d'eau}=Q_{m/Air_{sec}}\times(w_S-w_E)\times 3600$$

$$Q_{Vapeur\ d'eau} = 0{,}39347 \times (0{,}00818 - 0{,}00531) \times 3600 = 4\ kg\ h^{-1}$$

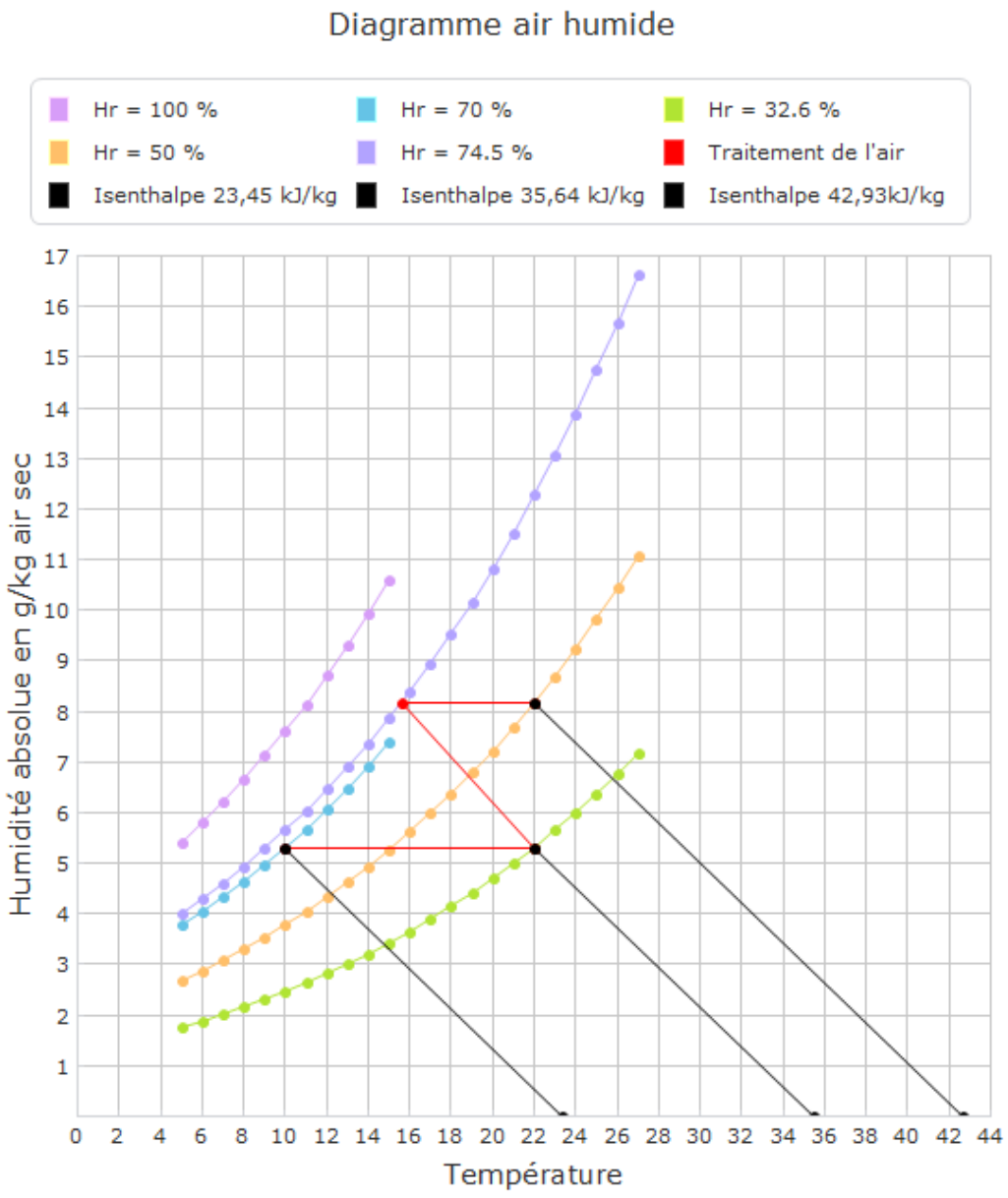
**Humidification par injection de vapeur d'eau.**

Dans le cas de l'injection de vapeur d'eau la température de l'air humidifié ne change pratiquement pas et nous obtenons le diagramme suivant :



**Humidification par pulvérisation d'eau liquide.**

Dans ce cas l'énergie d'évaporation de l'eau provoque une baisse de la température de l'air humidifié. Cette baisse de température est compensée par un chauffage à postériori. Nous obtenons le diagramme suivant :



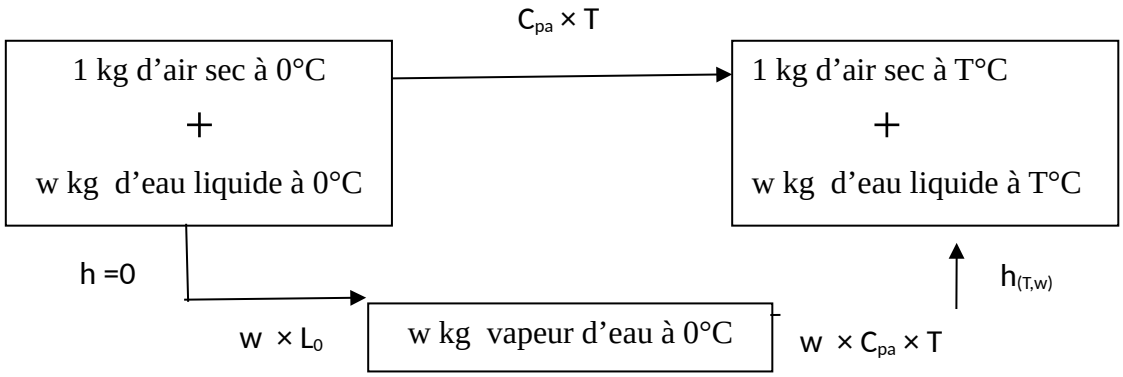

**Température d'équilibre après humidification de l'air.**

Nous pouvons constater sur la figure cis dessus que la transformation du système s'effectue d'une manière isenthalpique.

$$h_{Air_{Préchauffé}} = h_{Air_{humidifié}}$$

L’enthalpie spécifique est la chaleur totale contenue dans une masse (1 + w) d’air humide, l’origine des enthalpies correspondant à de l’air sec et à de l’eau liquide à 0°C.

Le schéma suivant permet de définir le calcul de l’enthalpie spécifique.




Où : $C_{pa}$ Chaleur massique de l’air sec $C_{pa} = 1006$ J kg$^{-1}$ K$^{-1}$

$C_{pv}$ Chaleur massique de la vapeur d’eau $C_{pv} = 1840$ J kg$^{-1}$ K$^{-1}$

$L_0$ Chaleur latente de vaporisation de l’eau à 0°C $L_0 = 2501$ kJ kg$^{-1}$

$C_{pa}$ et $C_{pv}$ sont considérés constant pendant l’élévation de température.

L’enthalpie spécifique h s’écrit donc :

$$h\,(T, w) = C_{pa} \times T + w \times (L_0 + C_{pv} \times T)$$

Air préchauffé

$$h_{Air_Préchauffé} = 1{,}006 \times 22 + 0{,}00531 \times (2501 + 1{,}840 \times 22) = 35{,}62 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ d’air sec}$$

$$h_{Air_{Préchauffé}} = ¿\, h_{Air_{humidifié}} \,¿$$

Température après humidification

$$h_{Air_humidifié} = 35{,}62 = 1{,}006 \times T + 0{,}00818 \times (2501 + 1{,}840 \times 0{,}00818 \times T)$$

$$T = \frac{35{,}62 - (0{,}00818 \times 2501)}{1{,}006 + (0{,}00818 \times 1{,}840)} = 14{,}9\,°C$$

Chauffage après humidification.

La température doit donc être est ajustée à 22°C par un réchauffage de l’air à humidité absolue constante.

**Puissance du système de chauffage :**

$h_{Air_humidifié} = 35{,}62$ et $h_S = 1{,}006 \times 22 + 0{,}00818 \times (2501 + 1{,}840 \times 22) = 42{,}925$

Puissance délivrée par le système de chauffage:

$$P_{BC} = Q_{m/Air_{sec}} \times (h_S - h_E)$$
$$P_{BC} = 0{,}39347 \times (42{,}925 - 35{,}62) = 2{,}87\,kW$$