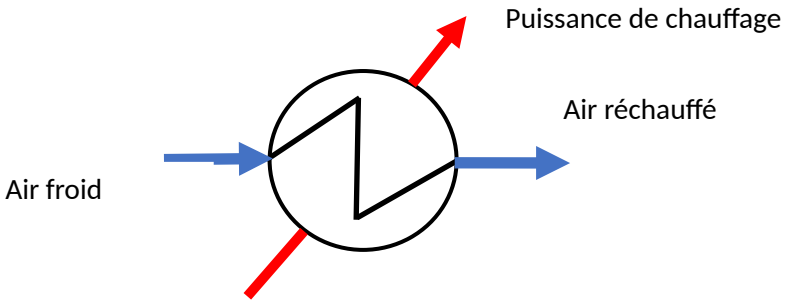
BATTERIE CHAUDE D'UNE CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

La fonction de la batterie chaude d'une centrale de traitement d'air est de réchauffer l'air admis dans la centrale pour porter sa température au standard de l'air conditionné désiré.



1-Débit d'air sec.

Entre l'entrée et la sortie du système nous avons conservation du débit massique d'air sec.

$$F_{E\ Air\ sec} = F_{S\ Air\ sec} = F_{Air\ sec} \qquad \text{Exprimé en Kg } s^{-1}.$$

Le débit massique d'air sec est le rapport du débit d'air humide, Q_v, sur son volume spécifique , V_s.

$$Q_{m/Air_{sec}}(Q_v, V_s) = \frac{Q_v/3600}{V_s}$$

Le débit d'air sec s'exprime en kg s^{-1}.

Le volume spécifique V_s est fonction de la température de l'air en °C, de la pression, p, (en général de 101325 Pa) et de son humidité absolue.

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

L'humidité absolue se détermine à l'aide de la pression de vapeur de l'eau, p_v, et de la pression, p, suivant la relation :

$$w(p_v, p) = 0,622 \times \frac{p_v}{p - p_v} \qquad \text{Les pressions exprimées en Pascal.}$$

L'humidité relative étant le rapport de la pression de vapeur de l'eau sur sa pression de vapeur saturante à la température donnée nous en déduisons la pression de vapeur d'eau.

$$Hr(p_v, p_{vs}) = \frac{p_v}{p_{vs(T)}} \times 100 \rightarrow p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs(T)}$$

La pression de vapeur saturante, p_{vs}, peut être calculée avec l'équation de Magnus.

$$p_{vs}(T) = 0,61094 \times e^{\frac{17,625 \times T}{T + 243,04}}$$

La pression de vapeur saturante est obtenue en k Pa pour une température exprimée en °C.
Ou à l'aide de l'équation de Dupré.
Cette équation est obtenue à partir de la formule de Clausius-Clapeyron en supposant que l'enthalpie d'évaporation varie linéairement en fonction de la température.
Cette relation est valable entre -50°C et +200 °C suivant :

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

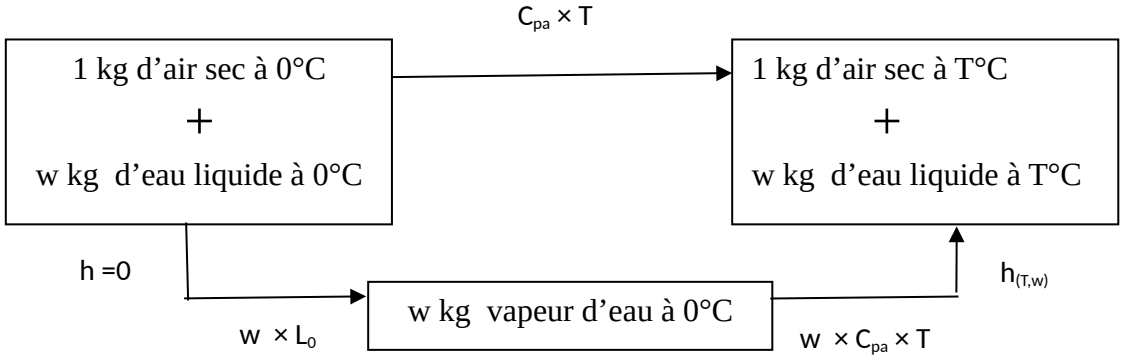
Avec p_{vs} exprimée en Pa et T en °C.

2- Puissance de la batterie chaude.

Toujours aux bornes du système il y a conservation des puissances. La puissance thermique à La sortie d'air est égale à la puissance thermique en entrée d'air plus la puissance thermique de la batterie chaude.

$$P_S = P_E + P_{BC}$$
$$Q_{m/Air_{sec}} \times h_S = Q_{m/Air_{sec}} \times h_E + P_{BC}$$
$$P_{BC} = Q_{m/Air_{sec}} \times (h_S - h_E)$$

La puissance globale de la batterie chaude est le produit du débit d'air sec par la différence d'enthalpie spécifique entre l'entrée et la sortie du système.
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 :

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

La puissance de la batterie chaude, $P_{BC,}$ représente la puissance nécessaire au chauffage de l'air humide (puissance sensible).

Etude de cas :

L'alimentation d'une centrale de traitement de l'air s'effectue au flux de 1200 $m^3\ h^{-1}$ par de l'air à 10°C et 70% d'humidité relative. L'air est chauffé à 22°C dans une batterie chaude.

Débit d'air sec.

Pression de vapeur saturante de l'eau dans l'air à 10°C.

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

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

Pression de vapeur d'eau dans l'air à 10°C.

$$p_v=\frac{Hr}{100}\times\ p_{vs(T)}\,p_v=1226\times 0{,}7=858{,}2$$

Humidité absolue de l'eau dans l'air à la pression de 101325 Pa et la température de 10°C.

$$w(p_v,p)=0{,}622\times\frac{p_v}{p-p_v}\,w=0{,}622\times\frac{858{,}2}{101325-858{,}2}=0{,}005313$$

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.

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

Puissance de la batterie chaude :

Enthalpies spécifiques en kJ à 10°C et 22°C par kilogramme d'air sec.

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

$$h_E = 1{,}006 \times 10\ +\ 0{,}005313 \times (\ 2501\ +\ 1{,}840 \times 10\ ) = 23{,}445$$

$$h_E = 1{,}006 \times 22\ +\ 0{,}005313 \times (\ 2501\ +\ 1{,}840 \times 22\ ) = 35{,}634$$

Puissance délivrée par la batterie chaude :

$$P_{BC}=Q_{m/Air_{sec}}\times(h_S-h_E)$$

$$P_{BC}=0{,}39347\times(35{,}634-23{,}445)=4{,}796\,kW$$

Diagramme de préchauffage de l’air de 10°C à 22°C .
Nous pouvons remarquer que l’humidité relative est modifiée et dans ce cas une humidification de l’air sera nécessaire.

