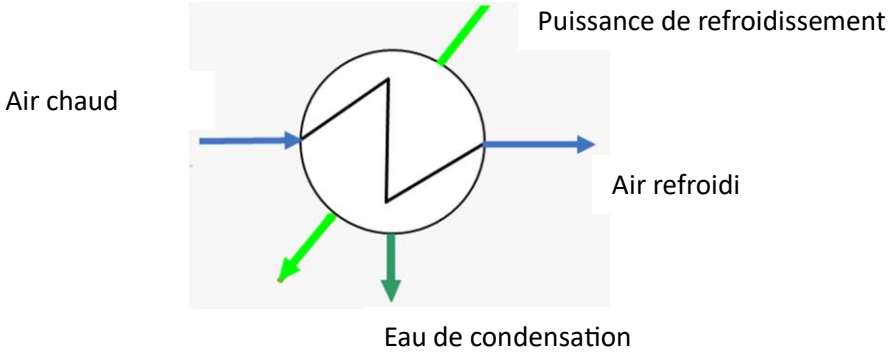
BATTERIE FROIDE D'UNE CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

La fonction de la batterie froide d'une centrale de traitement d'air est de déshumidifier et ou refroidir l'air à une température inférieure à son point de rosée.
La vapeur d'eau se condensant sur la surface de la batterie froide est recueillie en partie basse de l'échangeur.



1-Débit d'air sec.

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

$F_{E\ Air\ sec} = F_{S\ Air\ sec} = F_{Air\ sec}$ 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 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.

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

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 :

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

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

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.

2- Débit d'eau condensable.

Aux bornes du système nous avons conservation du débit d'eau et nous pouvons écrire.

$$Q_{m/Air_sec} \times x_E = Q_{m/Air_sec} \times x_S + Q_{m/Condensats}$$

D'où nous tirons :

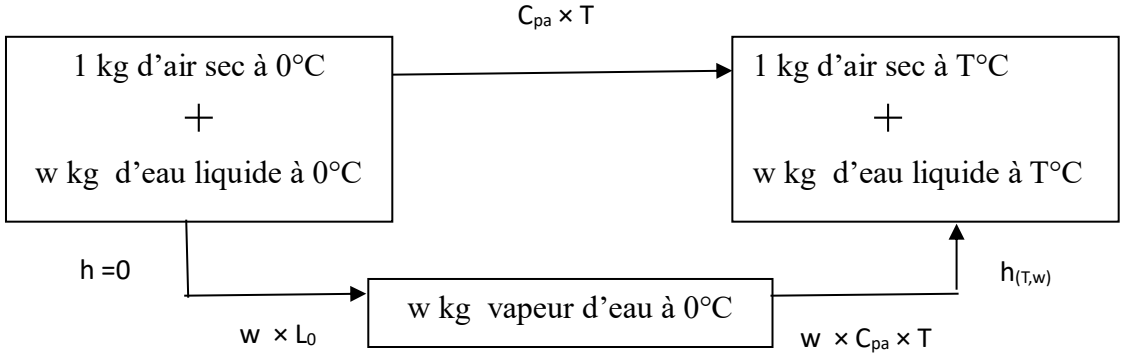
$$Q_{m/Condensats}\,(x_E, x_S) = Q_{m/Air_sec} \times (x_E - x_S)$$

3- Puissance de la batterie froide.

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

$$P_E = P_S + P_{BF}$$
$$Q_{m/Air_sec} \times h_E = Q_{m/Air_sec} \times h_S + P_{BF}$$
$$Q_{m/Air_sec} \times (h_E - h_S) = P_{BF}$$

La puissance globale de la batterie froide 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 :

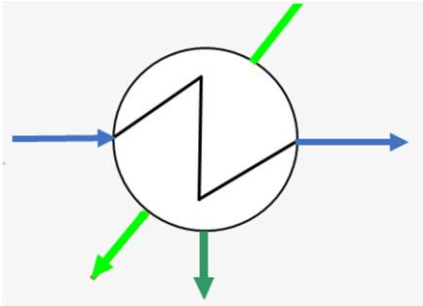
$$h\,(T, w) = C_{pa} \times T + w \times (L_0 + C_{pv} \times T)$$

La puissance de la batterie froide, $P_{BF,}$ représente la somme de la puissance nécessaire à la condensation de l'eau lors de la déshumidification (puissance latente) et ou de la puissance nécessaire au refroidissement de l'air humide (puissance sensible).

4- Etude de cas.

La température de l'air ambiant étant de 35°C pour une humidité relative de 70% on souhaite utiliser une centrale technique d'air pour standardiser 1200 m^3 h^{-1} à la température de 22°C et une humidité relative de 50%.

Entrée
T = 35°C
Hr = 70%



Sortie
1200 m^3
T = 22°C
Hr = 50%

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

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

$$A\ l'entrée\ de\ la\ batterie\quad p_{vsE} = 0{,}61094 \times e^{\frac{17{,}625 \times 35}{35+243{,}04}} = 5{,}617\ soit\ 5617\ Pa$$

Suivant la formule de Dupré 5587 Pa.

$$A\ la\ sortie\ de\ la\ batterie\quad p_{vsS} = 0{,}61094 \times e^{\frac{17{,}625 \times 22}{22+243{,}04}} = 2{,}638\ soit\ 2638\ Pa$$

Suivant la formule de Dupré 2631 Pa

Humidité absolue en entrée de batterie :

$$p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs(T)} \quad \rightarrow \quad p_{vE} = \frac{70}{100} \times 5617 = 3932$$

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

$$x_E = 0{,}622 \times \frac{3932}{101325 - 3932} = 0{,}02511 \text{ soit } 25{,}11 \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

Humidité absolue en sortie de batterie :

$$p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs(T)} \quad \rightarrow \quad p_{vS} = \frac{50}{100} \times 2638 = 1315{,}5$$

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

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

Nous obtenons le débit d'air sec en fonction du débit d'air en sortie de batterie par :

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

Avec le volume spécifique donné par :

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

$$V_s = \frac{461{,}52 \times (0{,}621978 + 0{,}00818) \times (22 + 273{,}15)}{101325} = 0{,}847\ m^3 kg^{-1}$$

$$Q_{m/Air_sec} = \frac{1200/3600}{0{,}847} = 0{,}3935\ kg\ s^{-1}$$

Débit des condensats.

$$Q_{m/Condensats}\,(x_E, x_S\,) = Q_{m/Air_sec} \times (x_E - x_S)$$

$$Q_{m/Condensats} = 0{,}3935 \times (25{,}11 - 8{,}18) = 6{,}66\ g\ s^{-1}$$

Enthalpie spécifique de l'air humide aux bornes de la batterie froide.

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

Entrée d'air.

$$h_E = 1{,}006 \times 35 + 0{,}02511 \times (2501 + 1{,}840 \times 35\ ) = 99{,}627\ \text{kJ kg}^{-1}\ \text{d'air sec}$$

Sortie d'air.

$$h_S = 1{,}006 \times 22 + 0{,}00818 \times (2501 + 1{,}840 \times 22\ ) = 42{,}921\ \text{kJ kg}^{-1}\ \text{d'air sec}$$

Puissance totale de la batterie froide.

$$P_{BF} = Q_{m/Air_sec} \times (\ h_E - h_{\,S})$$

$$P_{BF} = 0{,}3935 \times (99{,}627 - 42{,}921) = 22{,}31\ kW$$