BATTERIE FROIDE D'UNE CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR HUMIDIFICATION APRES REFROIDISSEMENT

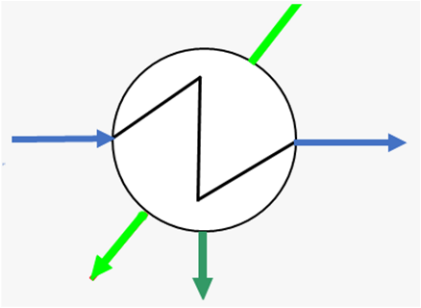
1-Etude de cas.

La température de l'air ambiant étant de 35°C pour une humidité relative de 20% 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 = 20%



Sortie

1200 m^3

T = 22°C

Hr = 50%

La pression de vapeur saturante de l'eau sous une pression de 101325 Pa peut être calculée 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.

A l'entréede la batterie

$$p_{vsE} = exp\left[46{,}784 - \frac{6435}{(35+273{,}15)} - 3{,}868 \times \ln(35+273{,}15)\right] \times \frac{101325}{760} = 5587\ Pa$$

A la sortie de la batterie

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

Humidité absolue en entrée de batterie :

$$p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs(T)} \quad \rightarrow \quad p_{vE} = \frac{20}{100} \times 5587 = 1117{,}4$$

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

$$x_E = 0{,}622 \times \frac{1117{,}4}{101325 - 1117;4} = 0{,}006935 \text{ soit } 6{,}93 \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

Humidité absolue en sortie de batterie :

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

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

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

Dans ce cas il est nécessaire d'humidifier l'air après son refroidissement afin d'obtenir une humidité relative de 50% pour une température de 22°C.

Le débit d'air sec en fonction du débit d'air en sortie de batterie est défini au chapitre 4 par la relation :

$$Q_{m/Air_sec}\,(Q_v, V_s) = \frac{Q_v/3600}{V_s} \quad \rightarrow \quad Q_{m/Air_sec} = \frac{1200/3600}{0{,}847} = 0{,}3935\ kg\ s^{-1}$$

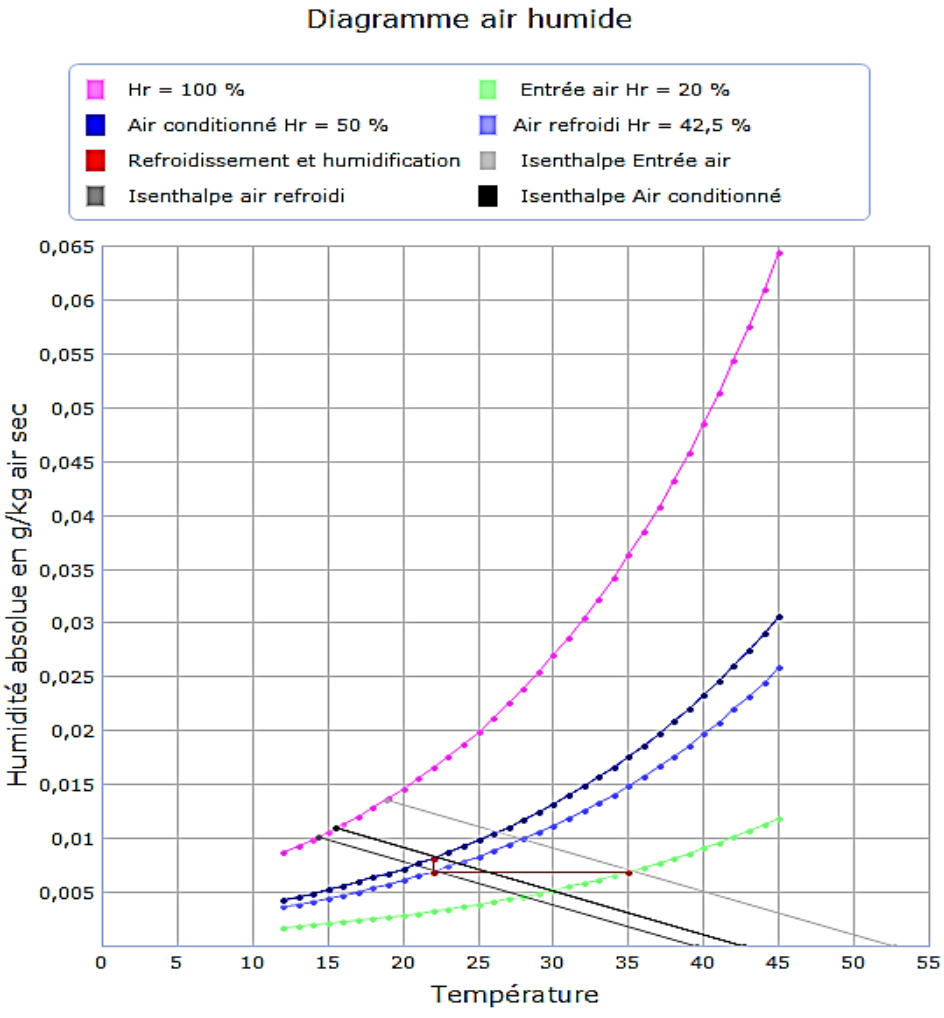
Le débit d'eau à injecter dans le système est donc de.

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

$$Q_{m/Eau} = 0{,}3935 \times (0{,}00818 - 0{,}00693) \approx 0{,}492\ g\ s^{-1}$$

2- Humidification par injection de vapeur d'eau.

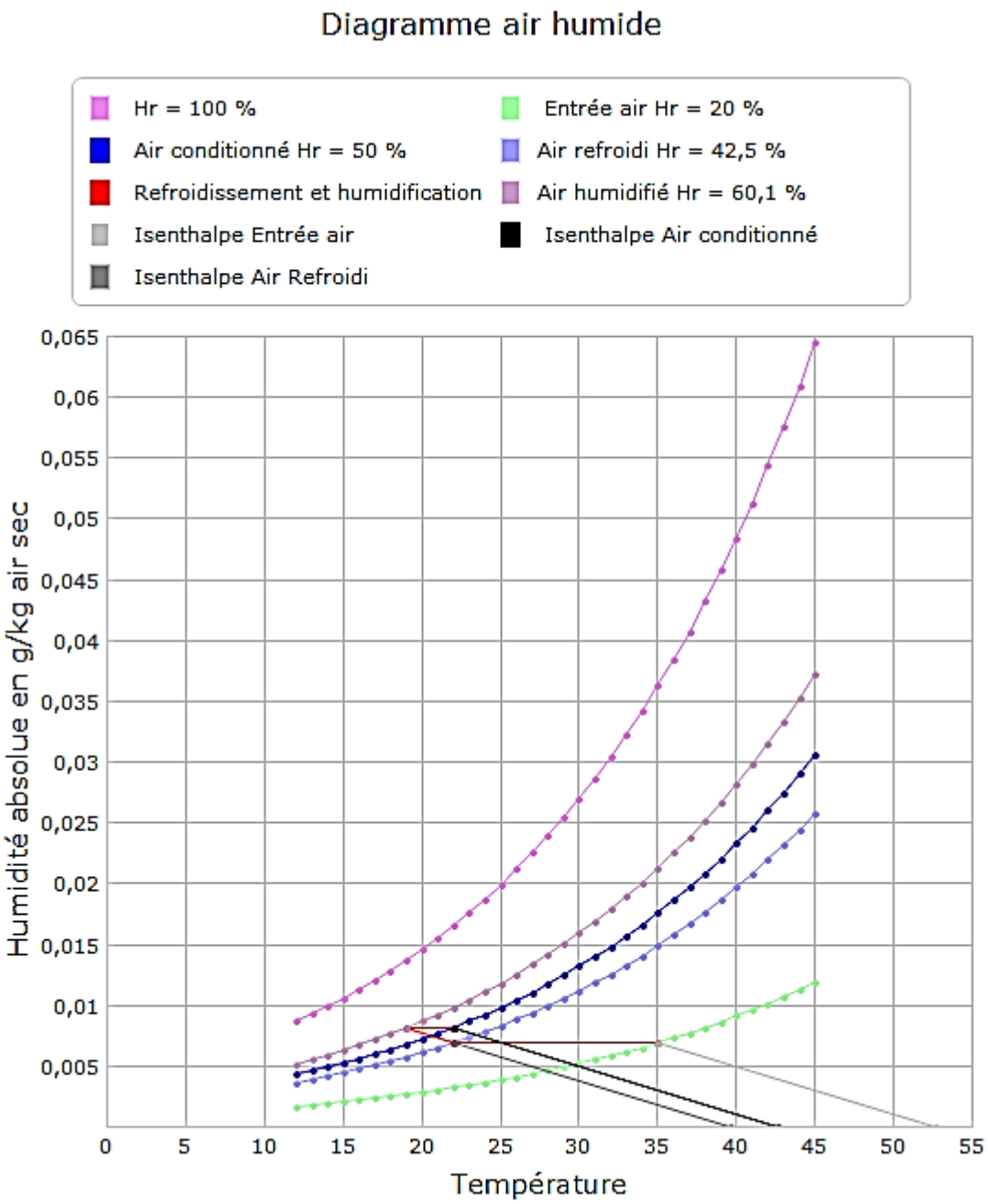
Dans le cas de l'injection de vapeur d'eau la température de l'air humidifié ne change pas et nous obtenons le diagramme suivant :



3- Humidification par pulvérisation d'eau liquide.

Dans le cas de la pulvérisation d'eau liquide la vaporisation de cette eau abaisse la température de l'air et il est alors nécessaire de réchauffer cet air pour obtenir les paramètres désirés.

Nous obtenons alors le diagramme suivant :



La chaleur latente de l'eau s'évaporant abaisse la température de l'air environnant.
Cette chaleur latente de l'eau à la température de 22°C est obtenue par la relation :

$$Lv_T(T) = 2501 - (2{,}65 \times T) \rightarrow \quad Lv_T(22) = 2501 - (2{,}65 \times 22) = 2442{,}7 \ \ kJ\ kg^{-1}$$

La capacité thermique de l'air humide considéré comme constant pendant le refroidissement est calculée en fonction son humidité absolue suivant :

$$Cp_{Air_{humide}}(x_T) = 1{,}005 + (1{,}840 \times x_T)$$
$$Cp_{Air_{humide}}(x_{22}) = 1{,}005 + (1{,}840 \times 6{,}93) = 1{,}02 \ \ J\ g^{-1}\ C^{\circ -1}$$

Un bilan énergétique lors de l'évaporation de l'eau permet de déterminer la température finale, T_f, de l'air après l'évaporation.

$$E_{Evaporation_{eau}} = Q_{air\ humide_Ti} \times Cp_{air} \times T_i - Q_{air\ humide_Tf} \times Cp_{air} \times T_f$$

$$T_f = \frac{Q_{air\ humide_Ti} \times Cp_{air} \times T_i - E_{Evaporation_{eau}}}{Q_{air\ humide_Tf} \times Cp_{air}}$$

Avec :

$$E_{Evaporation_{eau}}(Q, Lv_T) = Q_{eau} \times Lv_T \rightarrow \quad E_{Evaporation_{eau}} = 0{,}492/1000 \times Lv_{22}$$

$$E_{Evaporation_{eau}} = 0{,}492/1000 \times 2442{,}7 = 1{,}2 \ \ kJ \quad \text{kJ}$$

$$Q_{air\ humide_T} = Q_{air\ sec} + Q_{air\ sec} \times x_T$$

$$Q_{air\ humide_Ti} = Q_{air\ sec} + Q_{air\ sec} \times x_{Ti} = 0{,}3935 + 0{,}3935 \times 0{,}006935 = 0{,}3962$$

$$Q_{air\ humide_Tf} = Q_{air\ sec} + Q_{air\ sec} \times x_{Tf} = 0{,}3935 + 0{,}3935 \times 0{,}00818 = 0{,}3967$$

Et :

$$T_f = \frac{0{,}3962 \times 1{,}02 \times 22 - 1{,}2}{0{,}3967 \times 1{,}02} = 19\ °C$$

L'air ainsi humidifié doit donc être réchauffé pour obtenir la température de 22°C.

$$P_{Réchauffage_{air}} = Q_{air\ humide_{Tf}} \times Cp_{Air} \ (T_f - T_i)$$

$$P_{Réchauffage_{air}} = 0{,}3967 \times 1{,}02 \times (22 - 19) = 1{,}21 \qquad soit\ 1{,}21\ kW$$