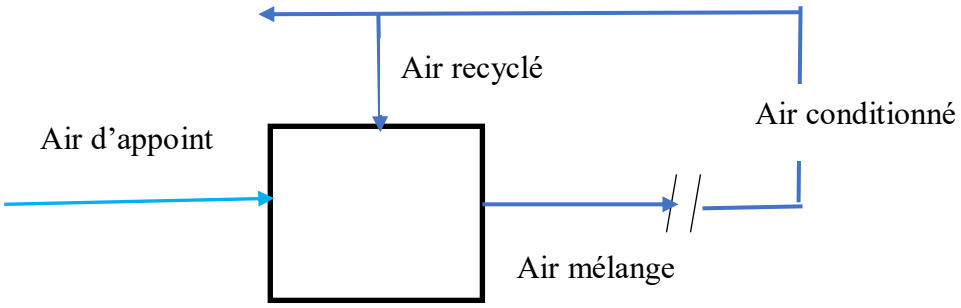
CAISSON DE MELANGE D'AIR DANS UNE CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

La fonction d'un caisson de mélange dans une centrale de traitement d'air est de mélanger une partie de l'air recyclé sortant de la centrale à de l'air neuf d'appoint.



Au cours de cette opération il y a conservation des débits massique et des enthalpies.

1-Conservation des débits massiques d'air sec.

Entre les entrées et la sortie du système nous avons conservation des débits massiques d'air sec.

$$Q_{m\ \text{Air sec recyclé}} + Q_{m\ \text{Air sec appoint}} = Q_{m\ \text{Air sec mélange}}$$ 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.

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

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 :

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

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

La pression de vapeur saturante, p_{vs}, peut être calculée suivant une relation dérivée de la formule de Dupré .

$$p_{vs}(T) = \ exp\left[46{,}764 - \frac{6435}{T + 273{,}15} - ln(T + 273{,}15)\right] \times \frac{101325}{760}$$

La pression de vapeur saturante est obtenue en Pa pour une température exprimée en °C.

2-Conservation massique de l'eau.

Dans le système de caisson de mélange d'air il y a conservation massique de l'eau et de la masse d'air sec.

$$Q_{m\ \text{Eau recyclée}} + Q_{m\ \text{Eau d'appoint}} = Q_{m\ \text{Eau mélange}}$$ Exprimé en kg s^{-1}.

3-Conservation des énergies.

Dans le cas du mélange d'airs humides l'enthalpie totale est conservée.
L'enthalpie totale est proportionnelle à l'enthalpie spécifique relatif à l'air sec suivant :

$$H = h_{\text{Spécifique}} \times Q_{m\ \text{air sec}}$$

L'équation de conservation énergétique lors du mélange peut donc s'écrire :

$$Q_{m\ \text{Air sec recyclé}} \times h_{S\ \text{Air recyclé}} + Q_{m\ \text{Air sec appoint}} \times h_{S\ \text{Air appoint}} = Q_{m\ \text{Air sec mélange}} \times h_{S\ \text{Air mélané}}$$

En choisissant une température thermodynamique de référence de 0°C et en considérant la capacité thermique de l'air invariable nous pouvons écrire :

$$Q_{m\ \text{Air sec recyclé}} \times Cp_{\text{air}} \times T_{\text{Air recyclé}} + Q_{m\ \text{Air sec appoint}} \times Cp_{\text{air}} \times T_{\text{Air appoint}} = Q_{m\ \text{Air sec mélange}} \times Cp_{\text{air}} \times T_{\text{Air mélangé}}$$

Et en déduire la température finale du mélange.

$$T_{Air\ mélange} = \frac{Q_{m\ Air\ \text{sec}\ recyclé} \times T_{Air\ recyclé} + Q_{m\ Air\ \text{sec}\ appoint} \times T_{Air\ appoint}}{Q_{m\ Air\ \text{sec}\ mélange}}$$

4- Etude de cas.

Une C.T.A produit 1200 m^3 h^{-1} d'air à la température de 22 °C et d'humidité relative de 50%. L'alimentation de cette C.T.A est constituée d'un mélange de 80% d'air recyclé et de 20% d'air neuf d'appoint à 70% d'humidité relative et 10°C.

Bilan massique d'air sec.

Pression de vapeur saturante à 22°C

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

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

$$p_{vs}(T) = 2631\ Pa$$

Humidité absolue en sortie de batterie :

$$p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs} \quad \rightarrow \quad p_{v\,Sortie} = \frac{50}{100} \times 2631 = 1315{,}48$$

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

$$w_s = 0{,}622 \times \frac{1315{,}48}{101325 - 1315{,}48} = 0{,}00818 \text{ soit } 8{,}18 \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

Le débit d'air sec en sortie de batterie est calculé suivant :

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

Avec le volume spécifique donné par :

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

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

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

Suivant la conservation de la masse totale d'air sec et le taux de recyclage les débits en air sec pour le recyclage et l'appoint sont déterminés.

$$Q_{m\ Air\ sec\ recyclé} + Q_{m\ Air\ sec\ appoint} = Q_{m\ Air\ sec\ mélange}$$

$$Q_{m\ Air\ sec\ appoint} = 0{,}3935 - 0{,}8 \times 0{,}3935 = 0{,}0787 \text{ kg s}^{-1}$$

Débit volumique de l'air humide d'appoint.

Pression de vapeur saturante à 10°C

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

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

$$p_{vs}(T) = 1226\ Pa$$

Humidité absolue de l'air d'appoint :

$$p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs} \quad \rightarrow \quad p_{v\ Appoint} = \frac{70}{100} \times 1226 = 858{,}2$$

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

$$w_{Appoint} = 0{,}622 \times \frac{858{,}2}{101325 - 858{,}2} = 0{,}0053 \text{ soit } 5{,}3 \text{ g kg}^{-1} \text{ d'air sec}$$

Volume spécifique de l'air d'appoint.

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

$$V_{s\ Air\ appoint} = \frac{461{,}52 \times (0{,}621978 + 0{,}0053) \times (10 + 273{,}15)}{101325} = 0{,}809\ m^3 kg^{-1}$$

Débit volumique de l'air humide d'appoint.

$$Q_{v\ appoint} = Q_{m\ Air\ sc\ appoint} \times V_{s\ Air\ appoint} \times 3600 = 229{,}2\ m^3\ h^{-1}$$

.

Caractéristiques de l'air en sortie de caisson de mélange.

Température finale du mélange.

$$T_{Air\ mélange} = \frac{Q_{m\ Air\ sec\ recyclé} \times T_{Air\ recyclé} + Q_{m\ Air\ sec\ appoint} \times T_{Air\ appoint}}{Q_{m\ Air\ sec\ mélange}}$$

$$T_{Air\ mélange} = \frac{0{,}8 \times 0{,}3935 \times 22 + 0{,}0787 \times 10}{0{,}3935} = 19{,}6\ °C$$

Humidité relative.

L'humidité absolue du mélange compte tenu de la conservation de la masse totale d'air sec peut se déterminer à partir du taux de recyclage, τ :

$$w_{Air\ mélange} = w_{Air\ recyclé} \times \tau + w_{Air\ appoint} \times (1 - \tau)$$

$$w_{Air\ mélange} = 8{,}18 \times 0{,}8 + 5{,}3 \times (1 - 0{,}8) = 7{,}6\ g\ kg^{-1}\ d'airsec$$

La pression de vapeur saturante du mélange à 19,6 °C est de :

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

$$p_{vs\ 19{,}6} = exp\left[46{,}784 - \frac{6435}{19{,}6 + 273{,}15} - 3{,}868 \times ln(19{,}6 + 273{,}15)\right] \times \frac{101325}{760}$$

$$p_{vs\ 19{,}6} = 2271\ Pa$$

Des relations suivantes se déduit la formule permettant la détermination de l'humidité relative du mélange d'air recyclé avec l'air neuf d'appoint.

$$w\ (p_v, p) = 0{,}622 \times \frac{p_v}{p - p_v} \quad \text{avec} \quad p_v = \frac{Hr}{100} \times p_{vs}$$

$$Hr\ (p_{vs}, p, w) = \frac{p \times w}{(0{,}622 + w) \times p_{vs}} \times 100$$

$$Hr_{Appoint} = \frac{101325 \times 0{,}0076}{(0{,}622 + 0{,}0076) \times 2271} \times 100 = 53{,}85\ \%$$

Le mélange ayant une température de 19,6°C et une humidité relative de 53,85% doit être traiter de façon à obtenir la consigne de 22 °C et 50% d'humidité relative.

Remarques :

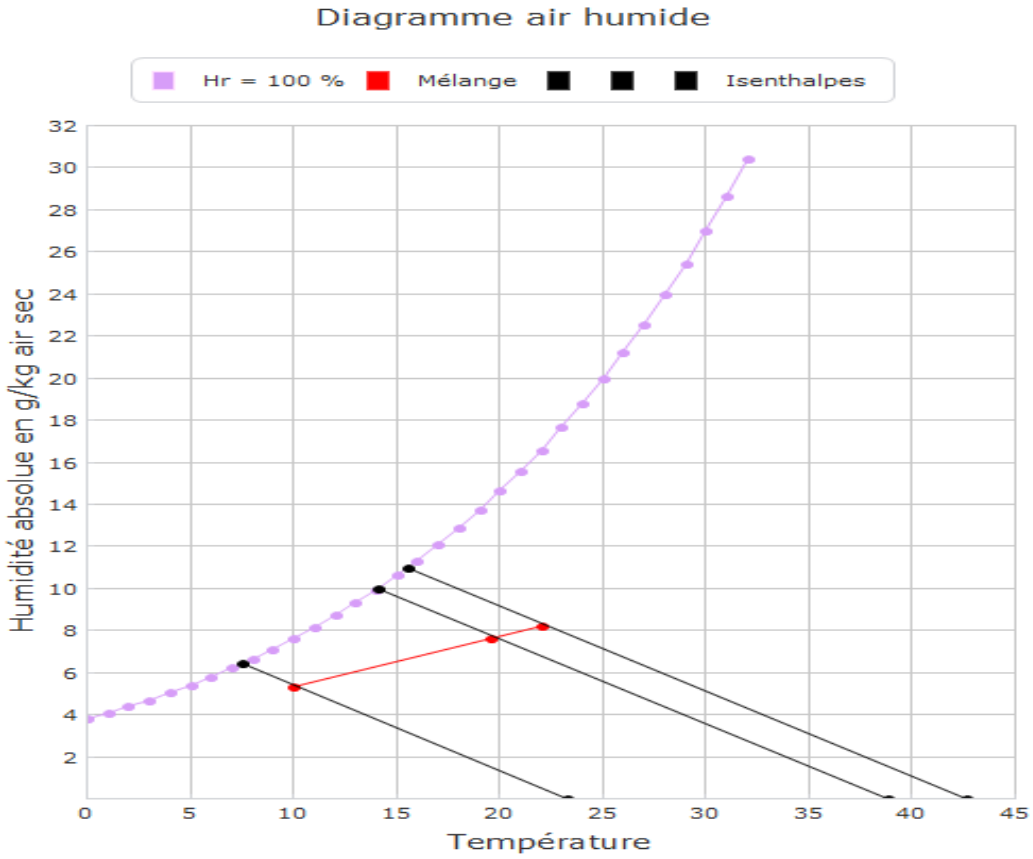
Dans certain cas La droite de mélange tangente ou coupe la courbe de saturation de l'eau dans l'air.

Si l'air d'appoint à une température inférieure à 0 °C il peut se produire, alors au cours du mélange, un phénomène de givre.

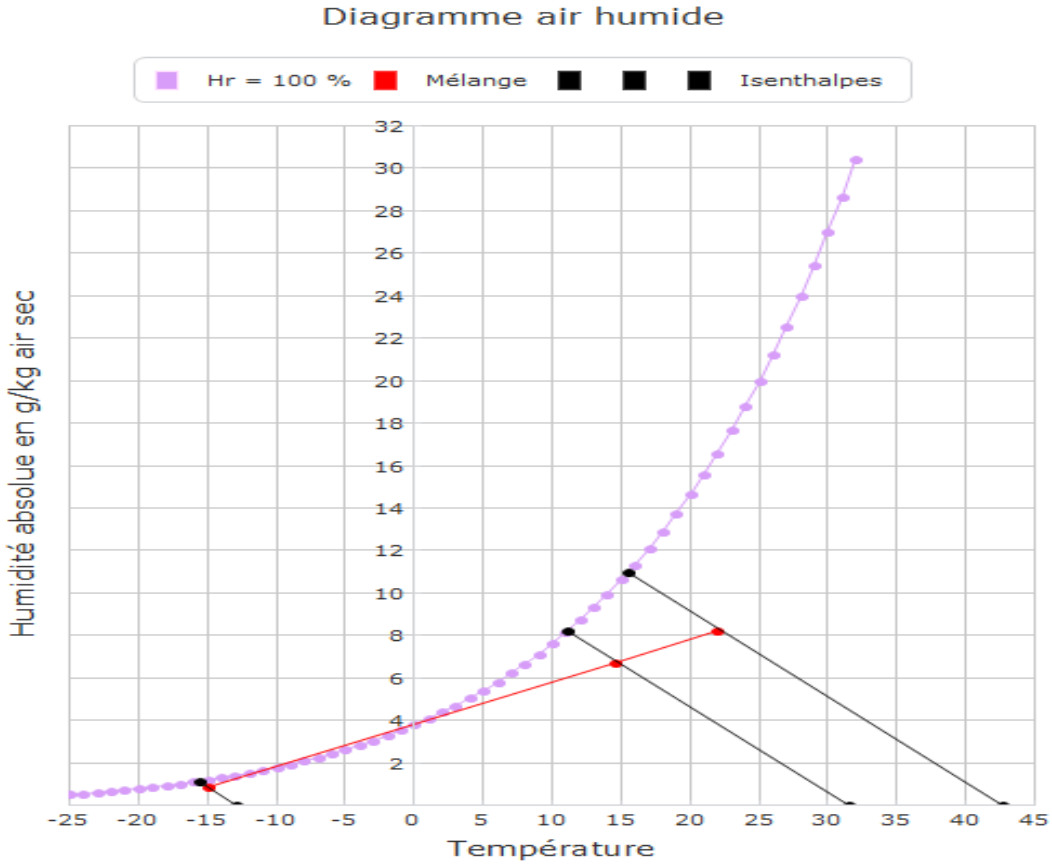
De même, lors du mélange et dans certaines conditions, il peut se produire une formation de brouillard.

Les figures suivants représentent les différents cas.

Mélange parfait.



Mélange avec formation de givre.



Mélange avec formation de brouillard.

