

# Annexe 3 – Estimation des paramètres pour la modélisation

## Formules utilisées

Équivalence entre concentrations sur gaz secs et sur gaz humides :

$$C_{\text{sec}} = C_{\text{h}} (100)/(100-h)$$

**H** la teneur en vapeur d'eau de l'effluent gazeux en % vol  
**C<sub>s</sub>** la concentration du gaz polluant sur gaz secs en mg/Nm<sup>3</sup>  
**C<sub>h</sub>** la concentration du gaz polluant sur gaz humides en mg/Nm<sup>3</sup>

Expression d'une concentration à une teneur en oxygène de référence :

$$C_{O_2 \text{ ref}} = C (21 - O_{2 \text{ ref}}) / (21 - O_{2 \text{ mes}})$$

Le débit moyen sur gaz sec a été recalculé à partir de la formule suivante :

$$D_{\text{sec}} = D_{\text{hum}} (1 - \text{hum})$$

avec :  $D_{\text{sec}}$  : débit moyen sur gaz sec (Nm<sup>3</sup>/h)

$D_{\text{hum}}$  : débit moyen sur gaz humide (Nm<sup>3</sup>/h)

hum : teneur en eau dans les fumées (%) / 100

Pour déterminer le débit moyen sur gaz sec à 11 % d'oxygène, il est nécessaire, dans un premier temps, de déterminer la composition des fumées sèches.

$$O_{2 \text{ sec}} = O_{2 \text{ hum}} / (1 - \text{hum})$$

avec :  $O_{2 \text{ sec}}$  : teneur en oxygène sur gaz sec

$O_{2 \text{ hum}}$  : teneur en oxygène sur gaz humide

Le débit moyen sur gaz sec à 11 % d'O<sub>2</sub> est donc calculé d'après la formule suivante :

$$D_{\text{sec à 11 \% O}_2} = D_{\text{sec}} (0,21 - O_{2 \text{ sec}}) / (0,21 - 0,11)$$

avec :  $D_{\text{sec à 11 \% O}_2}$  : Débit moyen sur gaz sec à 11 % d'O<sub>2</sub> (Nm<sup>3</sup>/h)

La vitesse de rejet des gaz, quant à elle, est déterminée à partir de l'équation ci-dessous :

$$V = D_{\text{hum}} * (T_{\text{rejet}} / T_0) / S$$

avec :  $V$  : vitesse de rejet des gaz en sortie de cheminée (m/s)

$D_{\text{hum}}$  : débit moyen sur gaz humide (Nm<sup>3</sup>/h)

$T_{\text{rejet}}$  : température de rejet des gaz en sortie de cheminée (K)

température de rejets des gaz : 65 °C

$T_0$  : température standard (273,15 K)

$S$  : surface de la cheminée (m<sup>2</sup>)

et  $S = \pi D^2 / 4$

où :  $D$  : diamètre de la cheminée au niveau de la sortie à l'atmosphère (m)

## Reconstitution du fonctionnement de l'UIOM de Dijon

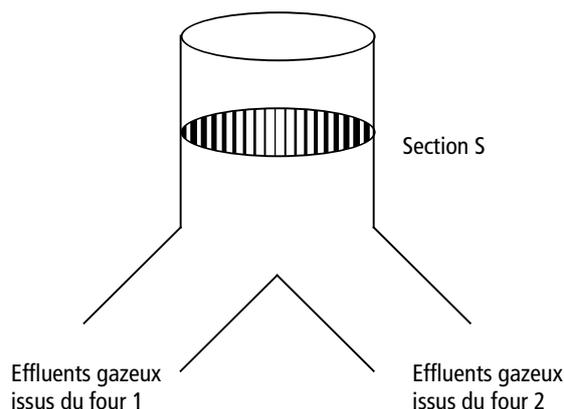
Un cas complexe à traiter a été celui de Dijon : malgré le fonctionnement des 2 fours simultanément, au cours de certaines périodes, les mesures n'avaient porté que dans le cas du fonctionnement alternatif des fours. La reconstitution des valeurs à la sortie de la cheminée, à partir des données de chaque four pris séparément, a été effectuée par Aria.

La cheminée rejette à l'atmosphère les effluents gazeux issus de deux fours différents. Des mesures ont été faites à la section S du conduit principal de la cheminée :

- **mesures 1** : le four 2 ne fonctionne pas  $\Rightarrow$  infos sur les rejets du four 1. On obtient une température  $T_1$ , une vitesse des gaz  $V_1$  et un débit des fumées égal à  $Q_1$  (en m<sup>3</sup>/h) ;

- **mesures 2** : le four 1 ne fonctionne pas  $\Rightarrow$  infos sur les rejets du four 2. On obtient une température  $T_2$ , une vitesse des gaz  $V_2$  et un débit des fumées égal à  $Q_2$  (en m<sup>3</sup>/h).

En fonctionnement normal, les deux fours fonctionnent simultanément.



Soit  $Q_m$  le débit du mélange (m<sup>3</sup>/h),  $V_m$  la vitesse (m/s) et  $T_m$  la température du mélange (Kelvins).

À noter :

$Q$  correspondant au débit réel du mélange, à la température  $T$ .

Le débit réel se calcule à partir du débit aux conditions normales de température et de pression  $Q_N$  suivant la formule :

$$Q = Q_N \times \frac{(273,15 + T)}{273,15} \times \frac{P_0}{P}$$

avec dans notre cas  $P = P_0$

► **Calcul du débit du mélange**

Le débit du mélange des effluents est la somme des débits de chaque effluent (conservation du volume).

$$Q_m = Q_1 + Q_2 \text{ (en m}^3\text{/h)}$$

### › Calcul de la température du mélange

Le calcul se base sur la conservation de l'enthalpie.

$$\Delta H_m = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

$$M_m C_{p_m} \Delta T_m = M_1 C_{p_1} \Delta T_1 + M_2 C_{p_2} \Delta T_2$$

$$M_m C_{p_m} (T_m - T_a) = M_1 C_{p_1} (T_1 - T_a) + M_2 C_{p_2} (T_2 - T_a)$$

Avec :

M : masse du gaz

Cp : énergie massique

T<sub>a</sub> : température extérieure

On suppose que le gaz est composé majoritairement d'air, alors  $M = \rho_{\text{air}} Q$  et  $C_p = C_{p_{\text{air}}}$ .

On suppose également qu'il n'y a pas de pertes de charges dans la canalisation.

L'équation devient :

$$\rho_{\text{air}} Q_m C_{p_{\text{air}}} (T_m - T_a) = \rho_{\text{air}} Q_1 C_{p_{\text{air}}} (T_1 - T_a) + \rho_{\text{air}} Q_2 C_{p_{\text{air}}} (T_2 - T_a)$$

$$(Q_1 + Q_2) \times (T_m - T_a) = Q_1 (T_1 - T_a) + Q_2 (T_2 - T_a)$$

$$(Q_1 + Q_2) T_m - Q_1 T_a - Q_2 T_a = Q_1 T_1 - Q_1 T_a + Q_2 T_2 - Q_2 T_a$$

Et donc :

$$T_m = \frac{Q_1 T_1 + Q_2 T_2}{Q_1 + Q_2}$$

### › Calcul de la vitesse du mélange

La vitesse  $V_m$  (m/s) à la section S peut être calculée à partir du débit des gaz  $Q_m$  :

$$Q_m = V_m \times 3600 \times S$$

Avec  $Q_m$  correspondant au débit réel en m<sup>3</sup>/h et S à la section en m<sup>2</sup>

D'où :

$$V_m = \frac{Q_m}{3600 \times S}$$

### › Calcul du pourcentage d'O<sub>2</sub> et de H<sub>2</sub>O

Conservation du volume pour O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O :

$$V_m = V_1 + V_2$$

Soit %O le pourcentage d'O<sub>2</sub> et %H le pourcentage d'H<sub>2</sub>O.

Ainsi :

$$Q_m \times \% O_m = Q_1 \times \% O_1 + Q_2 \times \% O_2$$

$$Q_m \times \% H_m = Q_1 \times \% H_1 + Q_2 \times \% H_2$$

$$\text{Où } Q_m = Q_1 + Q_2$$

D'où :

$$\% O_m = \frac{Q_1 \% O_1 + Q_2 \% O_2}{Q_1 + Q_2}$$

et :

$$\% H_m = \frac{Q_1 \% H_1 + Q_2 \% H_2}{Q_1 + Q_2}$$

### › Calcul de la concentration en dioxines

Conservation de la masse de dioxines.

$$m_m = m_1 + m_2$$

Soit C la concentration en dioxines (mg/Nm<sup>3</sup>) et Q le débit (Nm<sup>3</sup>/h).

$$Q_m C_m = Q_1 C_1 + Q_2 C_2$$

D'où :

$$C_m = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_m}$$

Attention ! Ici,  $Q_m$  est en Nm<sup>3</sup>/h et n'est donc pas égal à  $Q_1 + Q_2$