

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_s la concentration du gaz polluant sur gaz secs en mg/Nm³
C_h la concentration du gaz polluant sur gaz humides en mg/Nm³

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_{sec} : débit moyen sur gaz sec (Nm³/h)

D_{hum} : débit moyen sur gaz humide (Nm³/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'O₂ 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'O₂ (Nm³/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_{hum} : débit moyen sur gaz humide (Nm³/h)

T_{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 (m²)

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

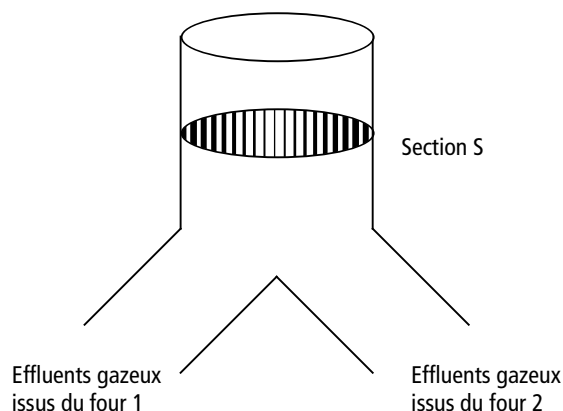
Un cas complexe à traiter a été celui de Dijon : malgré le fonctionnement des 2 fours simultanément, au cours de certaines périodes, les mesures n'avaient porté que dans le cas du fonctionnement alternatif des fours. La reconstitution des valeurs à la sortie de la cheminée, à partir des données de chaque 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 m³/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 m³/h).

En fonctionnement normal, les deux fours fonctionnent simultanément.



Soit Q_m le débit du mélange (m³/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_a : 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 m³/h et S à la section en m²

D'où :

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

› Calcul du pourcentage d'O₂ et de H₂O

Conservation du volume pour O₂ et H₂O :

$$V_m = V_1 + V_2$$

Soit %O le pourcentage d'O₂ et %H le pourcentage d'H₂O.

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/Nm³) et Q le débit (Nm³/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 Nm³/h et n'est donc pas égal à $Q_1 + Q_2$