

1 Vent

Est l'un des paramètres météorologiques les plus importants pour le transport et la dispersion des polluants.

Il intervient à toutes les échelles tant par sa direction que par sa vitesse. L'influence du vent sur la pollution atmosphérique est très variable selon la position de la source. Généralement la vitesse du vent augmente avec l'altitude. Au fur et à mesure que les polluants s'élèvent, la dispersion est facilitée par le vent. Plus le vent est fort, plus les niveaux de pollution seront bas. En revanche, un vent de faible vitesse favorise l'accumulation locale des polluants.

2 Influence de la stabilité de l'atmosphère

Une atmosphère est stable si une masse d'air, écartée de sa position d'équilibre, a tendance à revenir. Elle est instable dans le cas contraire. Ces déplacements d'air sont guidés par des lois thermodynamiques. Si la masse d'air soulevée est plus froide que le milieu environnant, elle sera plus dense et donc redescendra à son niveau de départ (*atmosphère stable*). Si la masse d'air soulevée est plus chaude que le milieu environnant, elle sera plus légère et subira donc une élévation (*atmosphère instable*). Ainsi la stabilité d'une masse d'air dépend de sa température de l'élévation, relative à la température de l'air environnant stationnaire qu'elle traverse. La structure thermique verticale de la troposphère tient alors une part importante dans le mélange verticale des masses d'air, et par conséquent la dilution des polluants. En situation normale de diffusion dans la troposphère, la température diminue avec l'altitude. Cette situation ne freine pas la diffusion verticale des masses d'air, et donc des polluants, jusqu'à ce qu'elles atteignent un certain équilibre, c'est-à-dire que la densité de l'air ambiant soit la même que l'air montant. Mais il peut exister des situations d'inversion de température à partir d'une certaine hauteur. Dans cette situation, une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid et joue le rôle de couvercle thermique. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air chaud. Ce phénomène contribue à la pollution locale et peut conduire aux pics de pollution. Il se rencontre dans des situations météorologiques particulières :

- en début de matinée, suite à une nuit dégagée et sans vent, les couches d'air à proximité du sol se sont refroidies tandis que les couches immédiatement supérieures restent plus chaudes ;
- en hiver, lors de conditions anticycloniques (*belle journée d'hivers ensoleillée, zone de hautes pressions*) avec de faibles vents.

3 Etude numérique

L'écoulement résultant est supposé tridimensionnel, turbulent et stationnaire en moyenne. Il répond donc aux équations de Navier Stokes qui, discrétisées avec la décomposition de Favre s'écrivent sous la forme suivante :

3.1 Equation de conservation de masse

$$\frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{U}_i)}{\partial X_i} = 0 \quad (II.1)$$

3.2 Equation de conservation de quantité de mouvement

$$\frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{U}_i\tilde{U}_j)}{\partial X_j} = -\frac{\partial\bar{P}}{\partial X_i} + \frac{\partial}{\partial X_j} \left(\mu \frac{\partial(\tilde{U}_i)}{\partial X_j} - \overline{\rho\tilde{u}_i\tilde{u}_j} \right) + (\bar{\rho}_\infty - \bar{\rho}) g\delta_{ij} \quad (II.2)$$

Avec :

$$-\overline{\rho\tilde{u}_i\tilde{u}_j} = \mu_t \left(\frac{\partial(\partial\tilde{U}_i)}{\partial X_j} + \frac{\partial(\tilde{U}_j)}{\partial X_i} - \frac{2}{3}\delta_{ij} \frac{\partial\tilde{U}_k}{\partial X_k} \right) \quad (II.3)$$

3.3 Equation de conservation de l'énergie

$$\frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{U}_j\tilde{T})}{\partial X_j} = \frac{\partial}{\partial X_j} \left[\left(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{\sigma_t} \right) \frac{\partial\tilde{T}}{\partial X_j} \right] \quad (II.4)$$

3.4 Equation de conservation des espèces

$$\frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{U}_j\tilde{f})}{\partial X_j} = \frac{\partial}{\partial X_j} \left[\left(\frac{\mu}{Sc} + \frac{\mu_t}{\sigma_f} \right) \frac{\partial\tilde{f}}{\partial X_j} \right] \quad (II.5)$$

3.5 Equation de l'énergie cinétique de turbulence (k) et l'équation de transport de taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente (ϵ)

L'introduction des grandeurs fluctuantes rend ce système ouvert. Sa fermeture nécessite l'utilisation d'un modèle de turbulence qui permet d'obtenir un nombre d'équations égal au nombre d'inconnues. Pour cette étude, nous avons utilisé un modèle de fermeture au second ordre. En utilisant ce dernier, les équations de transport pour l'énergie cinétique turbulent (k) et son taux de dissipation (ϵ), sont les suivantes :

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial X_k} (\bar{\rho} \tilde{U}_k \overline{\tilde{u}_i \tilde{u}_j})}_{C_{ij}} = \underbrace{\frac{\partial}{\partial X_k} \mu \frac{\partial}{\partial X_k} (\overline{\tilde{u}_i \tilde{u}_j})}_{D_{ij}^L} \underbrace{\bar{\rho} \left[\overline{\tilde{u}_i \tilde{u}_k} \frac{\partial(\rho \tilde{U}_j)}{\partial X_k} \overline{\tilde{u}_j \tilde{u}_k} \frac{\partial(\tilde{U}_i)}{\partial X_k} \right]}_{P_{ij}} + D_{ij}^T + G_{ij} + \emptyset_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (II.6)$$

C_{ij} : Etant le terme convectif et respectivement.

D_{ij}^L : Le terme de diffusion moléculaire.

P_{ij} : Le terme de production dû aux gradients moyens.

D_{ij}^T : Le terme de diffusion turbulente.

G_{ij} : Le terme de production dû à la flottabilité.

\emptyset_{ij} : Le terme de corrélation pression - déformation et ε_{ij} le terme de dissipation.

Les équations de l'énergie cinétique turbulente (**k**) et celle de son taux de dissipations (**ε**) associées au modèle de fermeture s'écrivent comme suit :

3.5.1 Equation de l'énergie cinétique de turbulence (k)

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \tilde{U}_{ik})}{\partial X_j} = \frac{\partial}{\partial X_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial X_j} \right] + \frac{1}{2} (P_{ii} + G_{ii}) - \bar{\rho} \varepsilon \quad (II.7)$$

Avec :

$$P_{ii} = 2\mu_t \left(\frac{\partial \tilde{U}_i}{\partial X_i} \right)^2 \quad ; \quad P_{ii} = 2\beta g_t \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial X_i}$$

3.5.2 Equation de transport de taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente (ε)

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \tilde{U}_{i\varepsilon})}{\partial X_j} = \frac{\partial}{\partial X_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{1}{2} (P_{ii} C_{\varepsilon 3} G_{ii}) \frac{\varepsilon}{k} C_{\varepsilon 2} \bar{\rho} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (II.8)$$

4 Configuration géométrique

La figure (II. 1) représente la configuration géométrique pour les deux cas **(a)** avec deux obstacles et **(b)** avec trois obstacles

Avec :

$$h=0,1 \text{ m}$$

$$D=0,01 \text{ m}$$

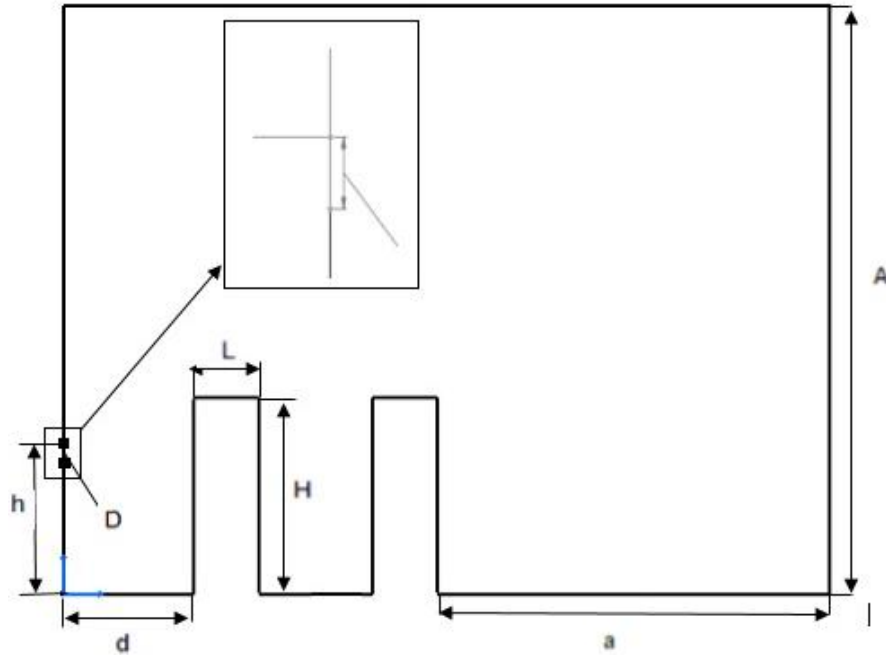
$$L=0,05 \text{ m}$$

$$H=0,15 \text{ m}$$

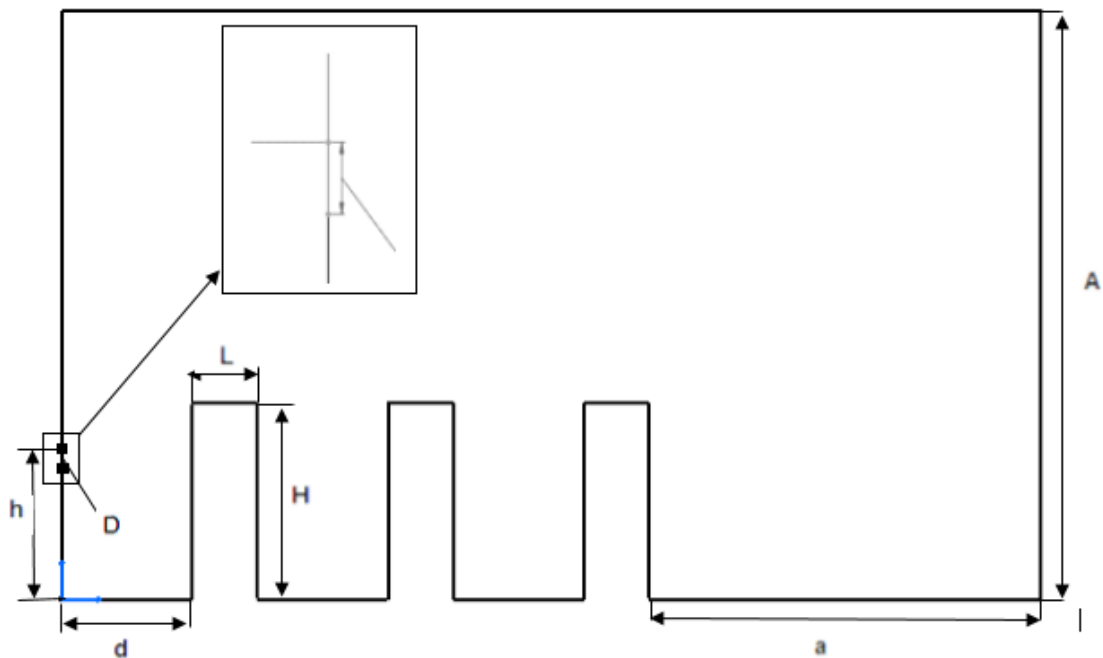
$$d=0,1 \text{ m}$$

$$a=0,3 \text{ m}$$

$$A=0,4 \text{ m}$$



(a).



(b).

Figure II.1 : Configuration géométrique du domaine d'étude : **(a)** avec deux obstacles
(b) trois obstacles .

5 Conditions aux limites

Les Figures (II. 2. a) et (II. 2. b) représentent Conditions aux limites pour les deux cas.

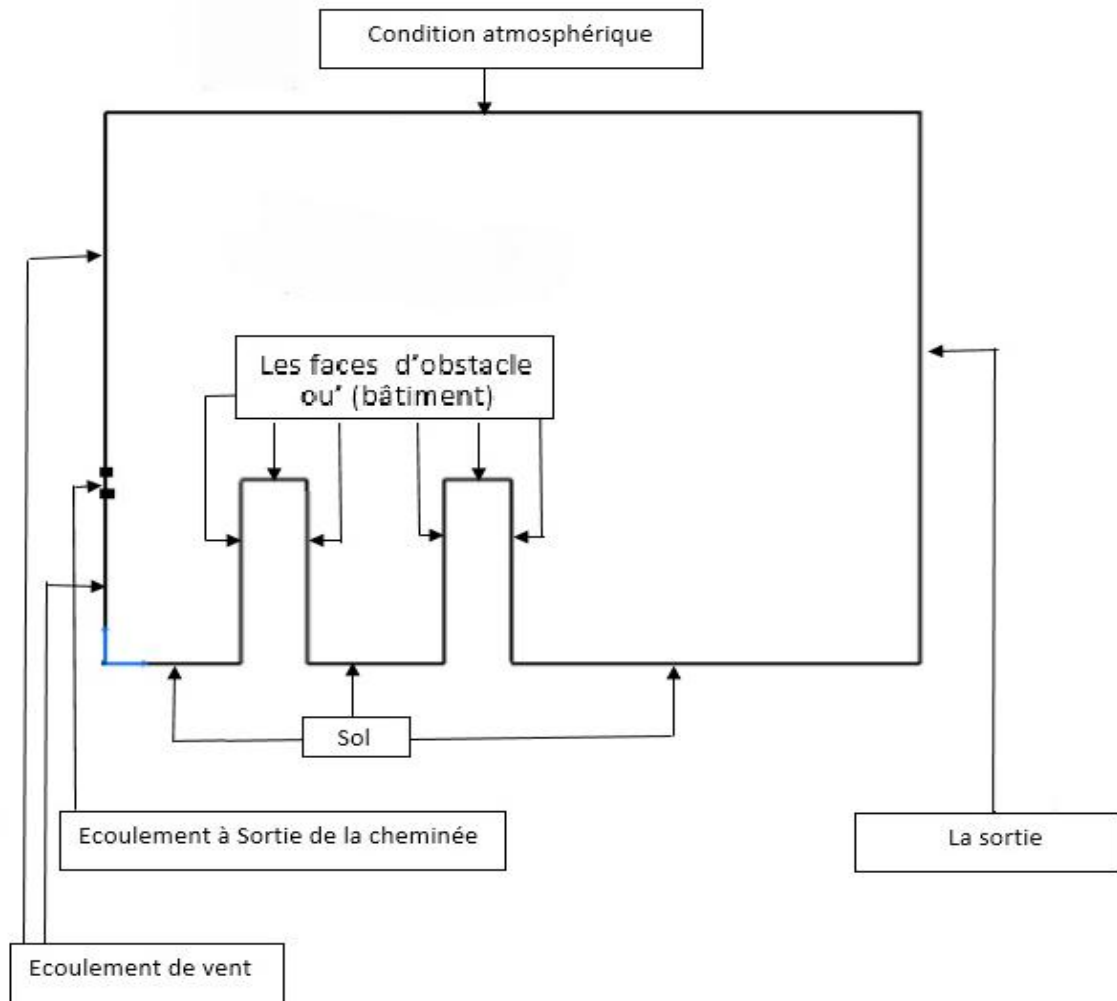


Figure II.2.a : Conditions aux limites pour domaine d'étude avec deux obstacles.

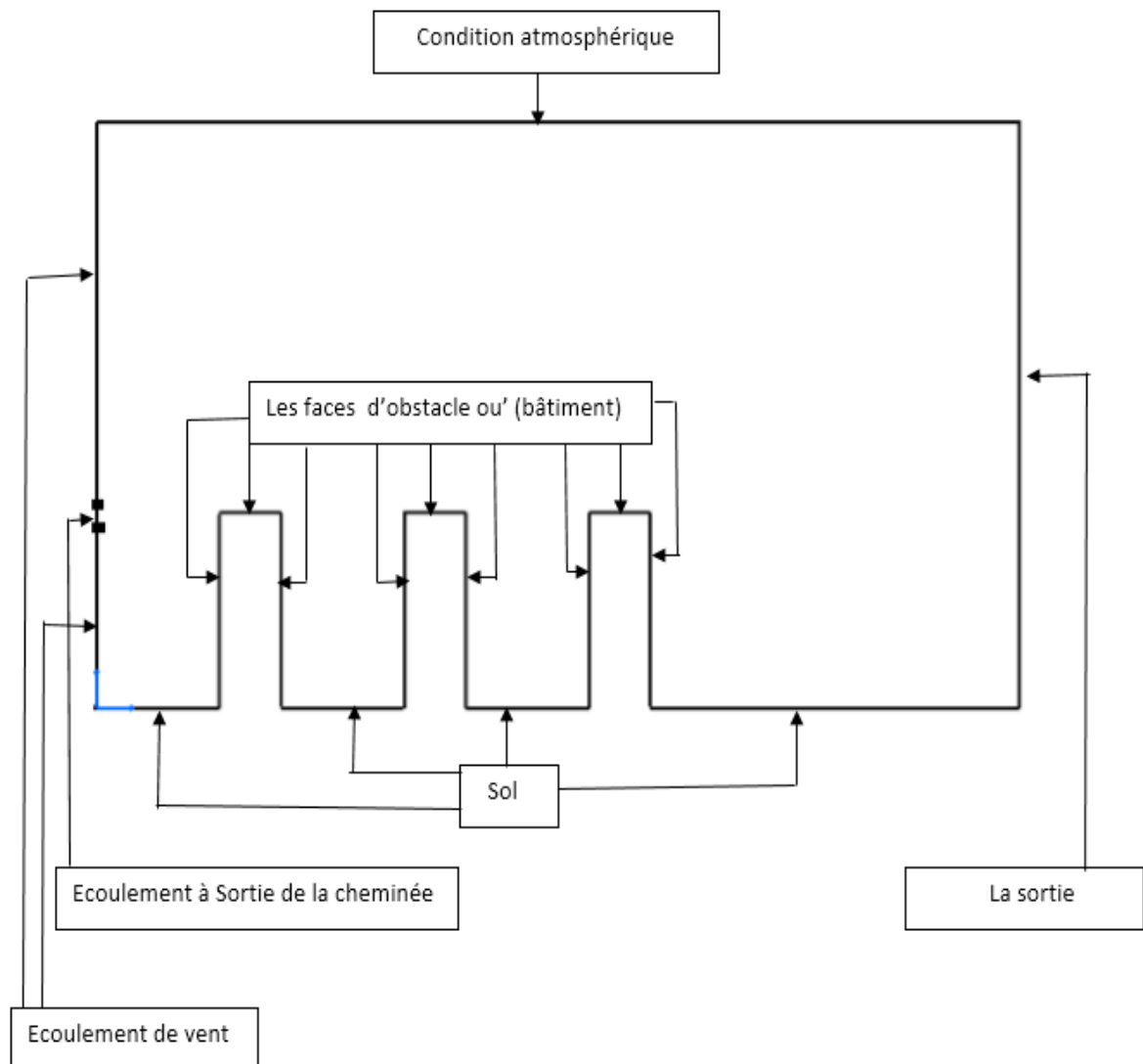


Figure II.2.b : Conditions aux limites pour domaine d'étude avec trois obstacles.

a. Sortie de la cheminée

- ✓ Température $\tilde{T} = 500\text{ K}$
- ✓ Fraction massique $\tilde{f} = f_0$
- ✓ La vitesse cas $\begin{cases} \tilde{u} = 17\text{ m/s} \\ \tilde{v} = 0 \\ \tilde{w} = 0 \end{cases}$

✓ $k = k_0 10^{-3} v_0^2, \varepsilon = \frac{2k_0^{\frac{3}{2}}}{d}$

✓ Le tableau suivant est représenté les fractions massiques du fumé :

espèces	O ₂	Co ₂	N ₂	NO ₂
Fractions massique (%)	1.8	20.9	76.9	0.4

b. Ecoulement de vent

✓ La température $\tilde{T} = 300 K$

✓ Fraction massique $\tilde{f} = f_0$

✓ La vitesse cas $\begin{cases} \tilde{u} = 8 m/s \\ \tilde{v} = 0 \\ \tilde{w} = 0 \end{cases}$

✓ $k = k_0 10^{-3} v_0^2, \varepsilon = \frac{2k_0^{\frac{3}{2}}}{H_T}$

c. Les Faces d'obstacle, sol

✓ $\frac{\partial \tilde{u}}{\partial n} = 0, \frac{\partial \tilde{v}}{\partial n} = 0, \frac{\partial \tilde{T}}{\partial n} = 0$