



Simulation numérique d'un système multi-fentes de captage à la source des contaminants émis en zone du travail

Ali Bahloul, MSc, PhD, chercheur en ventilation, IRSST
Rezki Chebli et Mauricio Chavez, Étudiants, IRSST

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- MISE EN CONTEXTE
- CONFIGURATION ÉTUDIÉE
- FORMULATION MATHÉMATIQUE
- MÉTHODOLOGIE
- RÉSULTATS
- CONCLUSION

MISE EN CONTEXTE

- Depuis le début du 20^{ème} siècle, les émissions chimiques se sont multipliées d'un facteur de 400 [1]
 - Contrôle des contaminants en suspension dans l'air :
 - Dilution des contaminants dans l'air
Ventilation générale
 - Captage des contaminants à la source d'émission
Ventilation locale
 - Normes de qualité de l'air - Section V du RSST
 - Dilution des contaminants dans l'air insuffisante
 - Recours au concept de captage à la source
- ➡ Concept multi-fente améliore la captage à la source

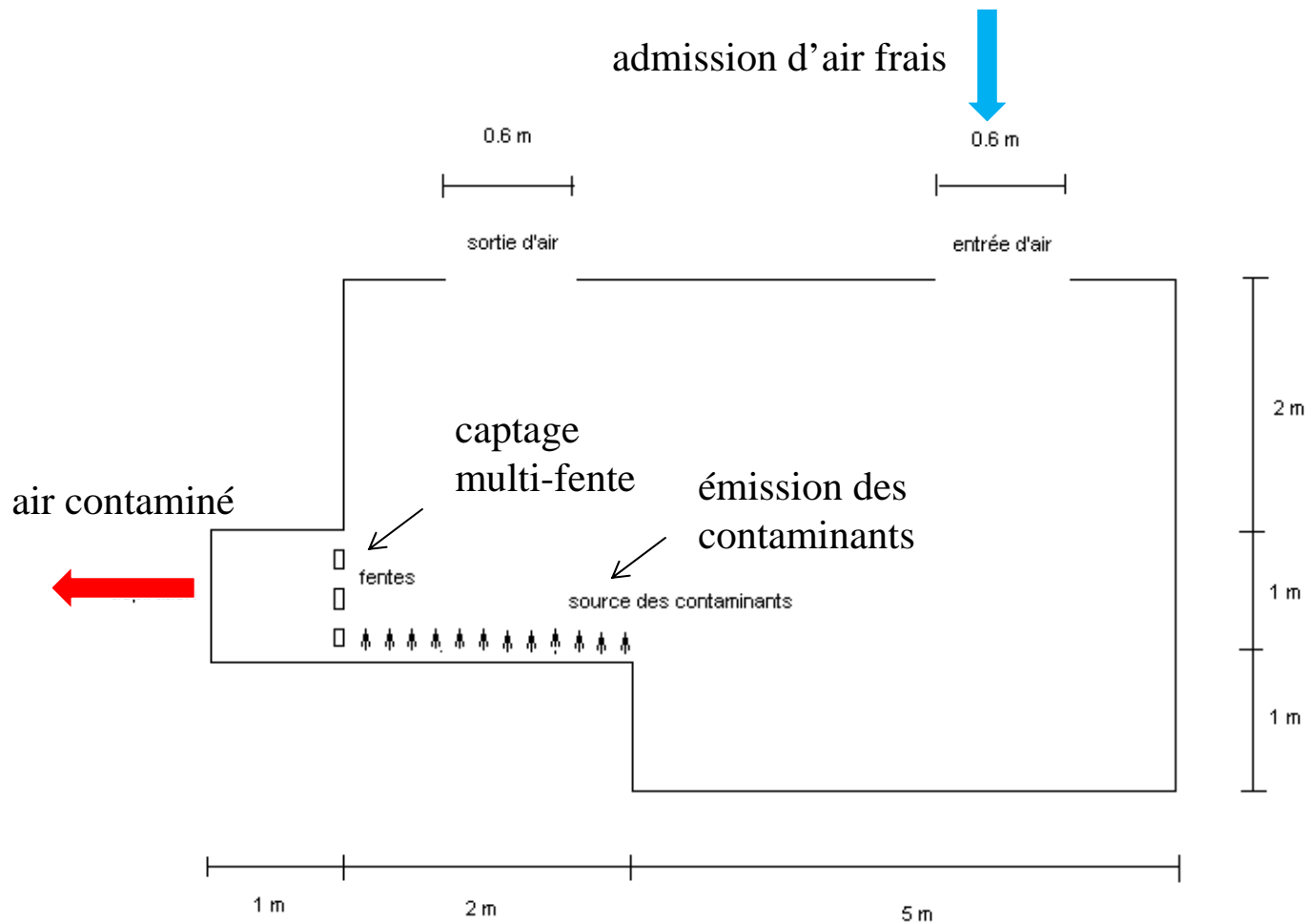
[1] AFSSET, Substances chimiques, décembre 2005.

MISE EN CONTEXTE



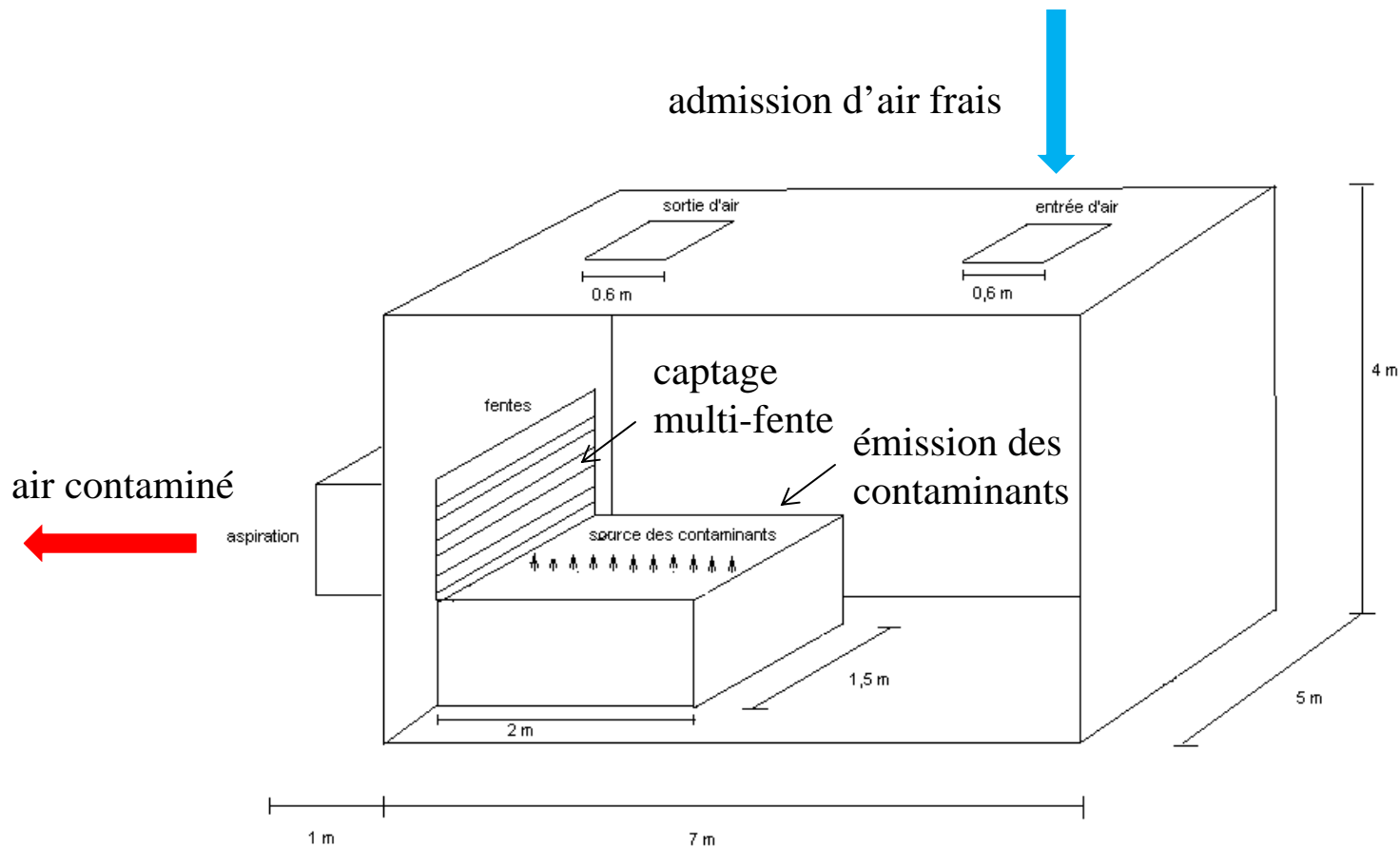
Exemple de poste de travail

CONFIGURATION 2D



Configuration 2D du poste de travail étudié

CONFIGURATION 3D



Configuration 3D du poste de travail étudié

FORMULATION MATHÉMATIQUE

Conservation de la masse:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_i}{\partial x_i} = 0$$

Conservation de la quantité de mouvement:

$$\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \frac{\partial (\rho U_i U_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right) + g_{i3} (\rho - \rho_0)$$

Conservation des espèces :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho U_i C) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D \frac{\partial C}{\partial x_i} \right)$$

Hypothèses

- ✓ Fluide newtonien et incompressible.
- ✓ Écoulement stationnaire
- ✓ Modèle de turbulence RNG k- ϵ
- ✓ Loi de paroi standard
- ✓ Répartition uniforme de la température

Simulation numérique utilisant volume de contrôle

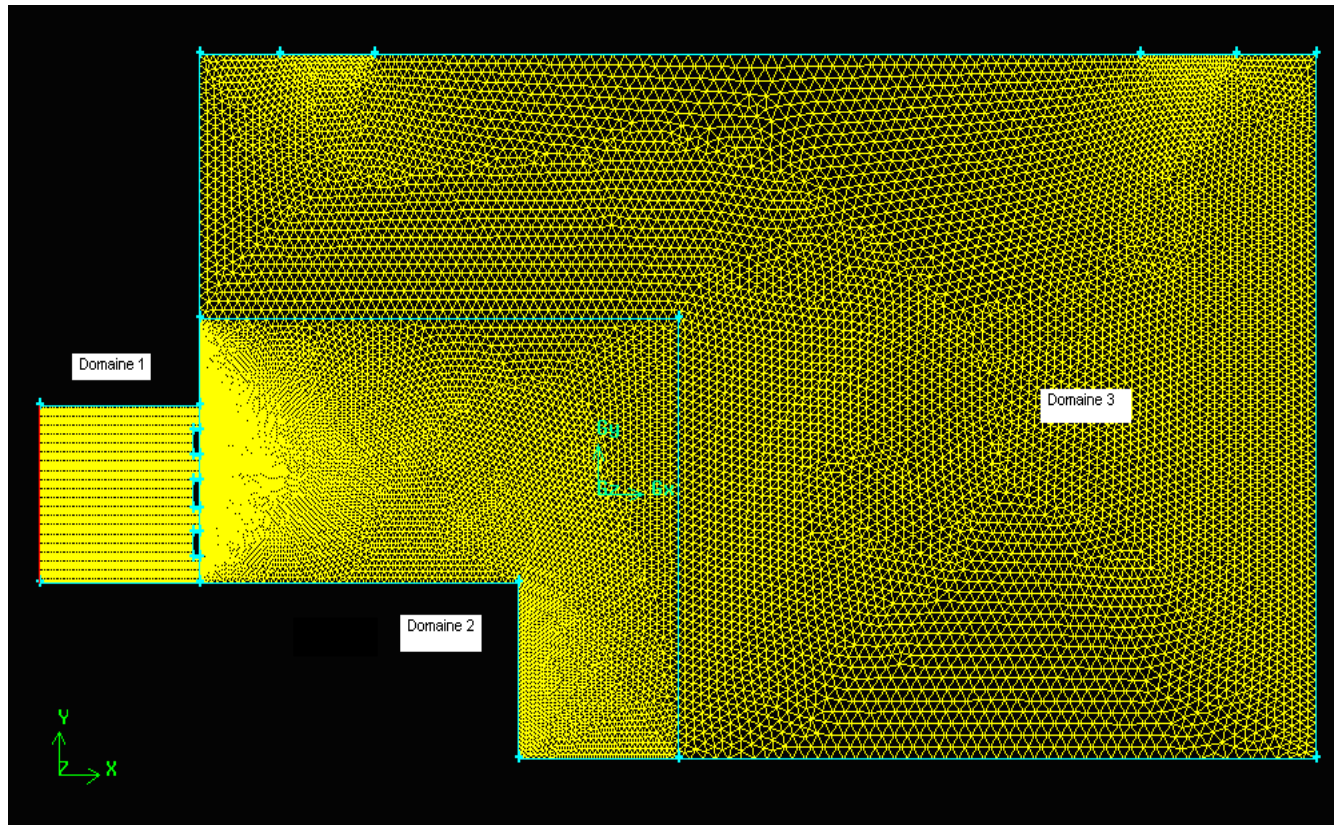
Gambit

- ✓ Création de la géométrie.
- ✓ 2D/3D génération du maillage

Fluent

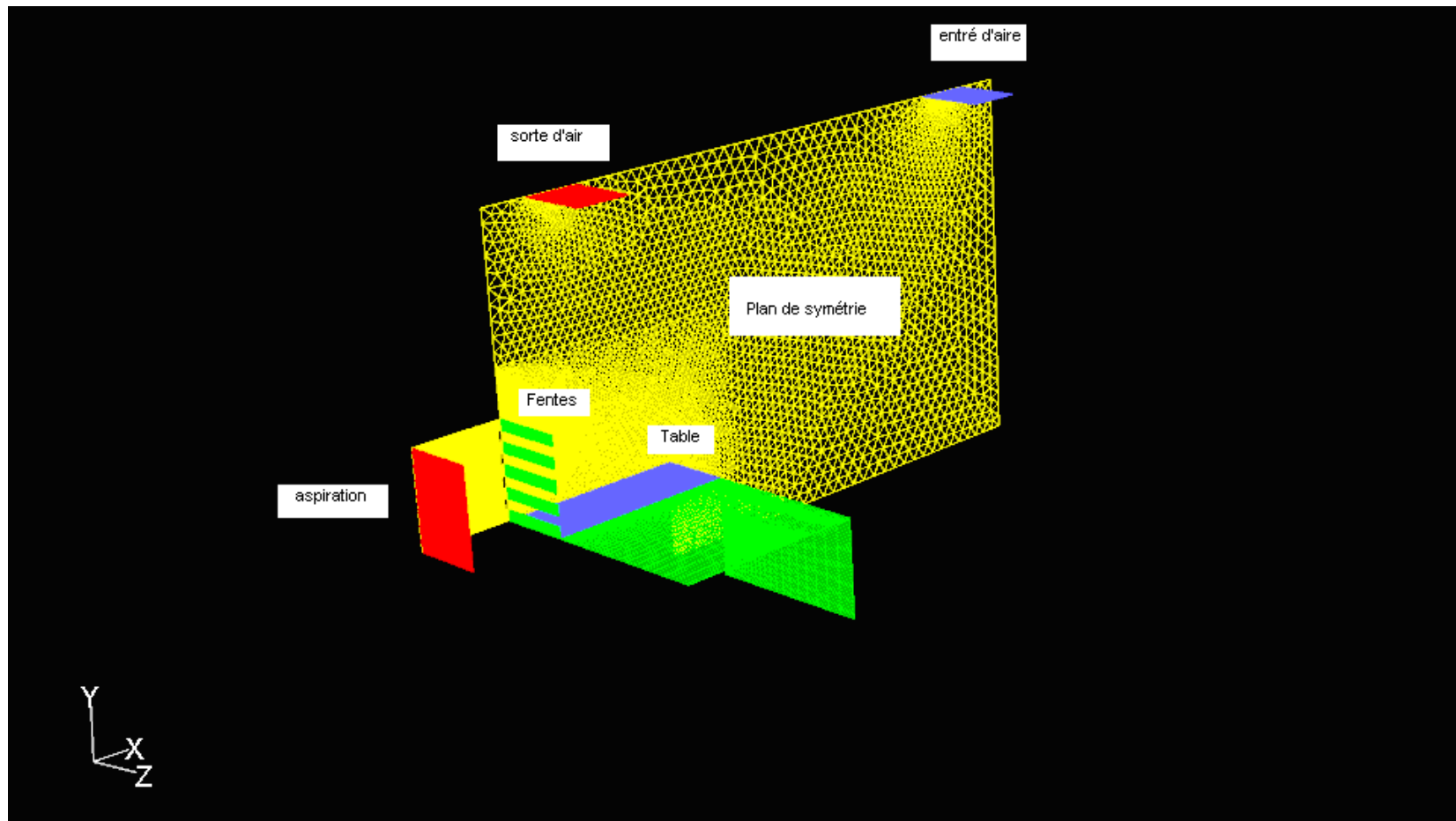
- ✓ L'importation et l'adaptation du maillage.
- ✓ Modèle physique.
- ✓ Conditions aux limites.
- ✓ Les propriétés du matériau.
- ✓ Le calcul.

Modèle numérique 2D

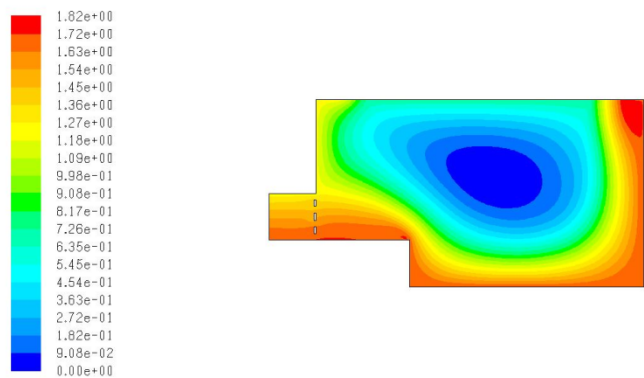


MÉTHODOLOGIE

Modèle numérique 3D

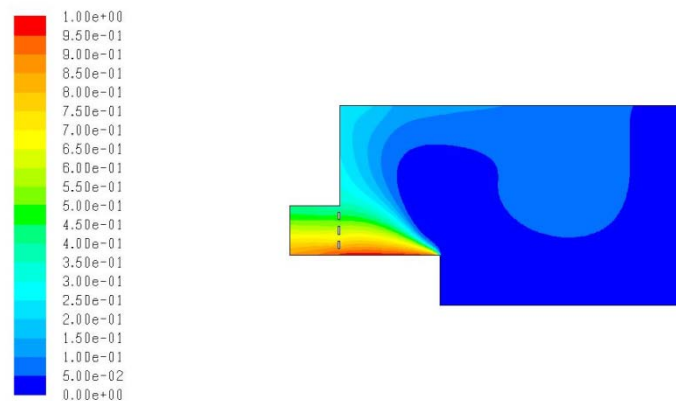


Configuration 2D



Contours of Stream Function (kg/s)

Jul 20, 2009
FLUENT 6.3 (2d. dp. pbns. spe. rngke)



Contours of Mass fraction of mv_vol

Jul 20, 2009
FLUENT 6.3 (2d. dp. pbns. spe. rngke)

Lignes de courant

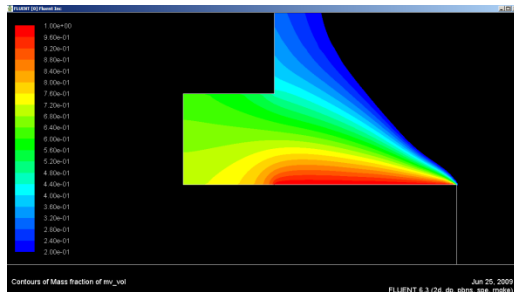
Iso-concentrations

4 fentes

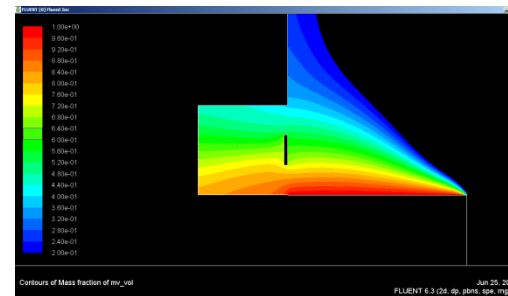
RÉSULTATS

Configuration 2D

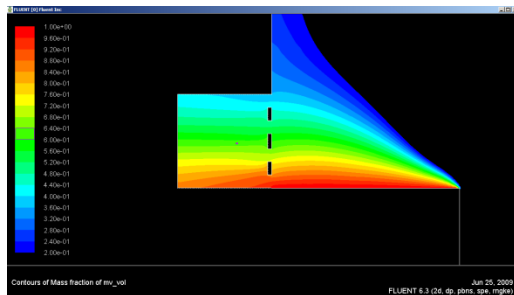
1 fente



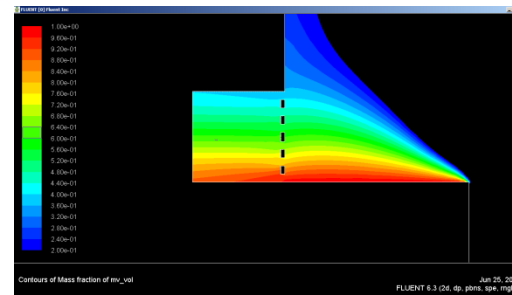
2 fentes



4 fentes

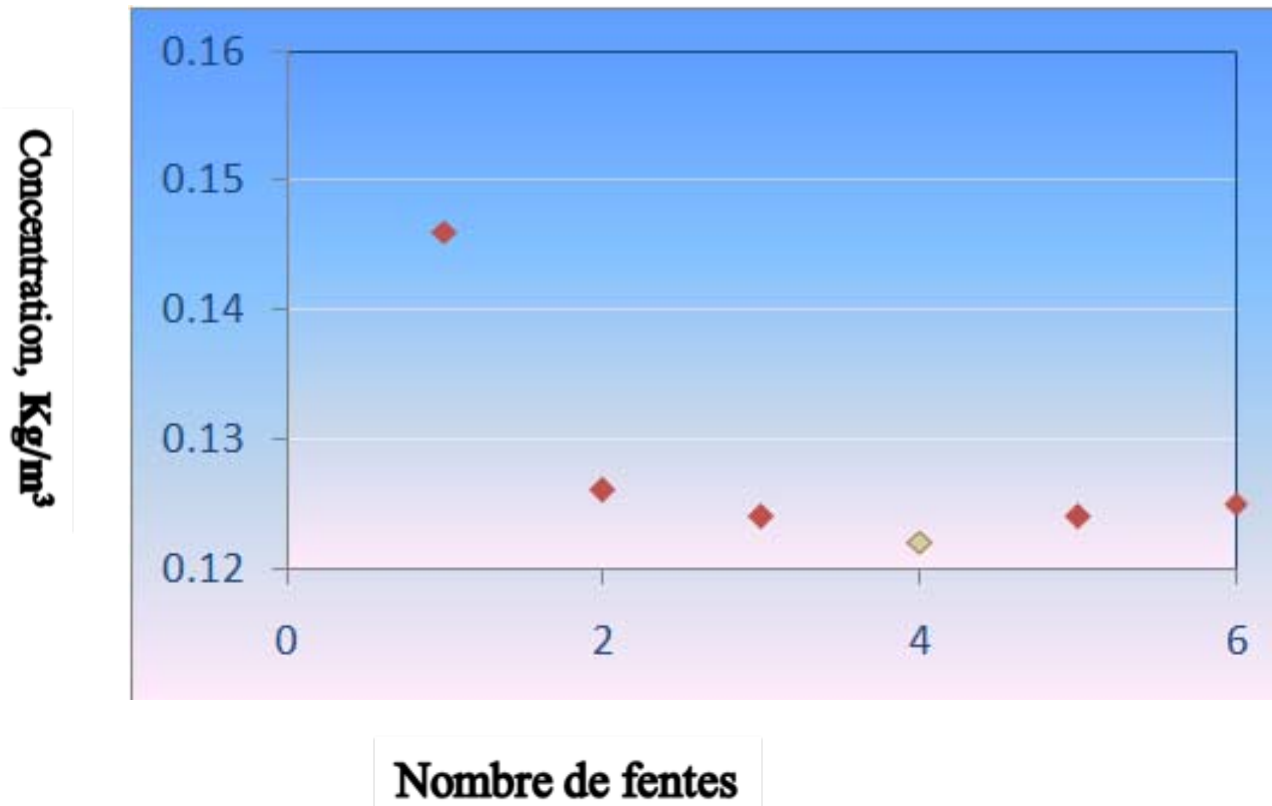


6 fentes



Iso-concentrations

Configuration 2D



**Concentration dans la cabine
en fonction du nombre de fentes**

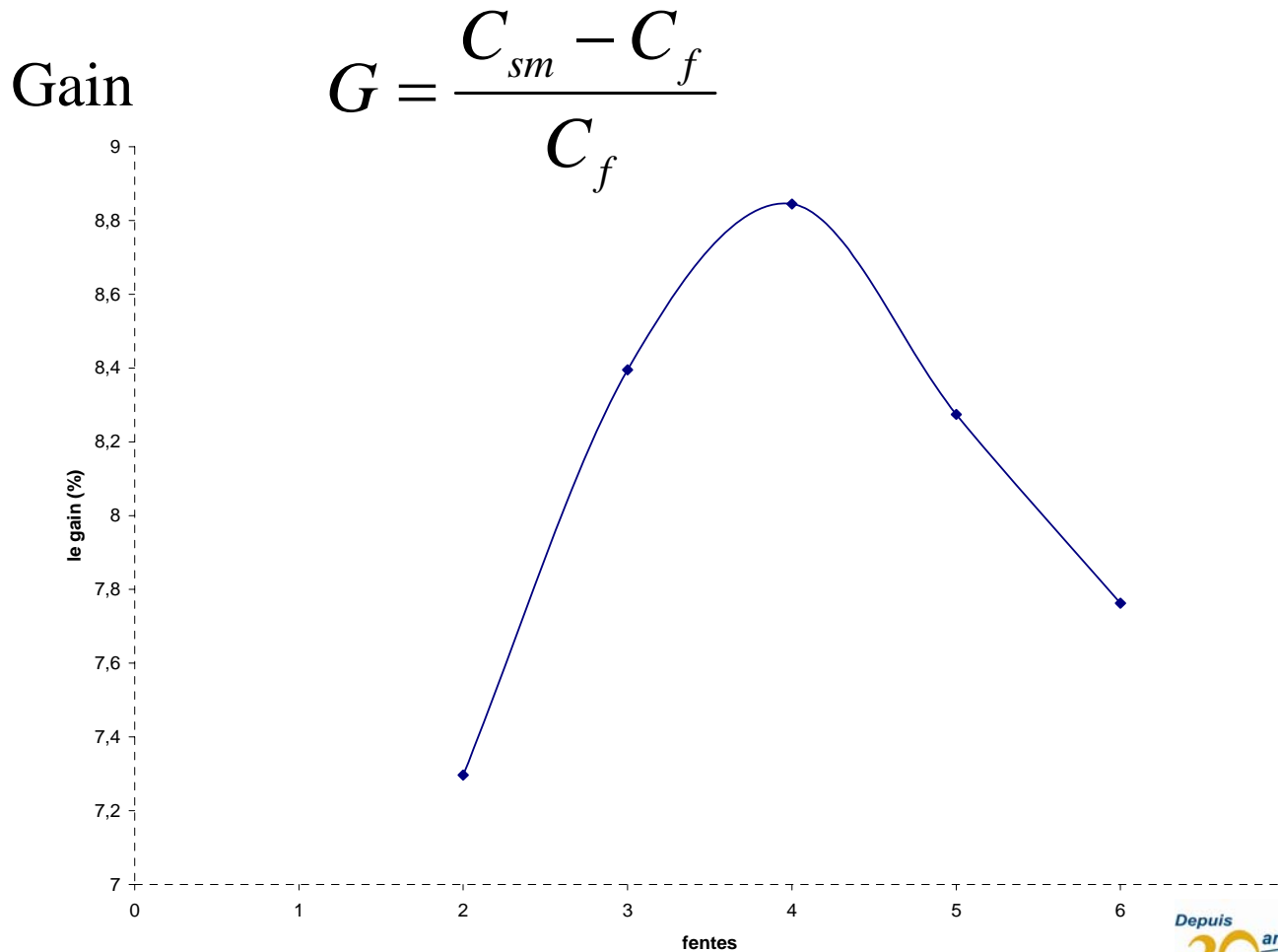
Configuration 2D

| Nombre de fontes | La concentration dans |
|------------------|--|
| | toute la pièce [Kg/m ³] |
| 1 | 0,146 |
| 2 | 0,126 |
| 3 | 0,124 |
| 4 | 0,122 |
| 5 | 0,124 |
| 6 | 0,125 |

**Concentration dans la cabine
en fonction du nombre de fentes**

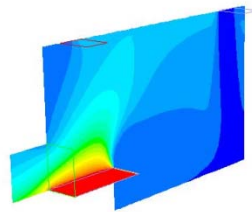
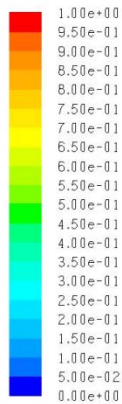
RÉSULTATS

Configuration 2D

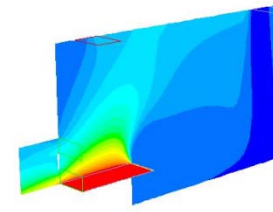
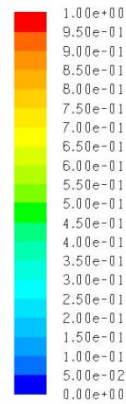


RÉSULTATS

Configuration 3D



1 fente



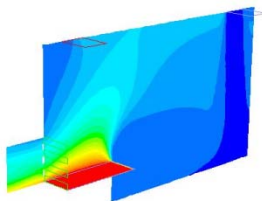
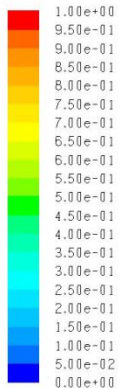
2 fentes

Contours of Mass fraction of mv_vol

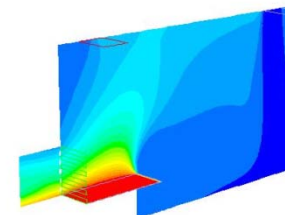
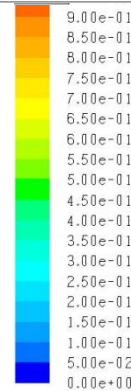
Aug 24, 2009
FLUENT 6.3 (3d, dp, pbns, spe, rngke)

Contours of Mass fraction of mv_vol

Aug 24, 2009
FLUENT 6.3 (3d, dp, pbns, spe, rngke)



4 fentes



6 fentes

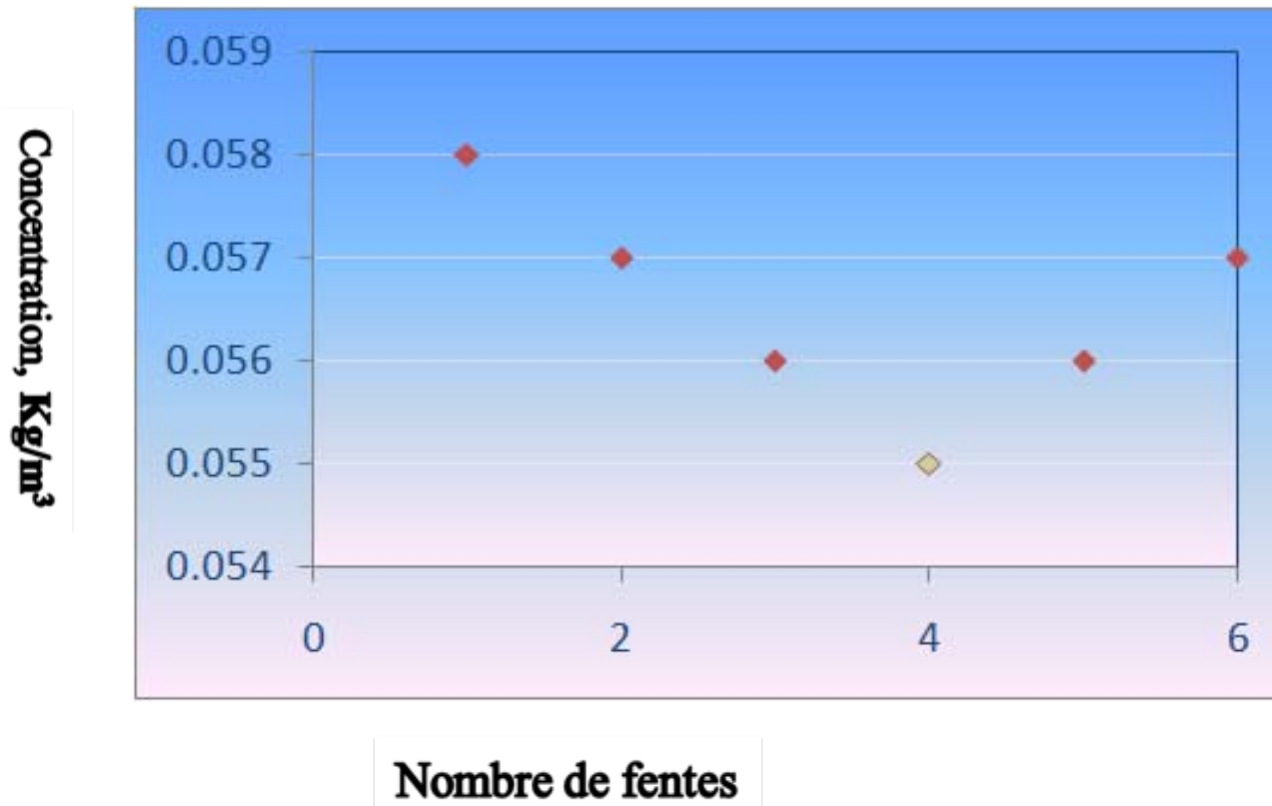
Contours of Mass fraction of mv_vol

Aug 24, 2009
FLUENT 6.3 (3d, dp, pbns, spe, rngke)

Contours of Mass fraction of mv_vol

Aug 24, 2009
FLUENT 6.3 (3d, dp, pbns, spe, rngke)

Configuration 3D



**Concentration dans la cabine
en fonction du nombre de fentes**

Configuration 3D

| Nombre de fontes | La concentration dans |
|------------------|--|
| | toute la pièce [Kg/m ³] |
| 1 | 0,058 |
| 2 | 0,057 |
| 3 | 0,056 |
| 4 | 0,055 |
| 5 | 0,056 |
| 6 | 0,057 |

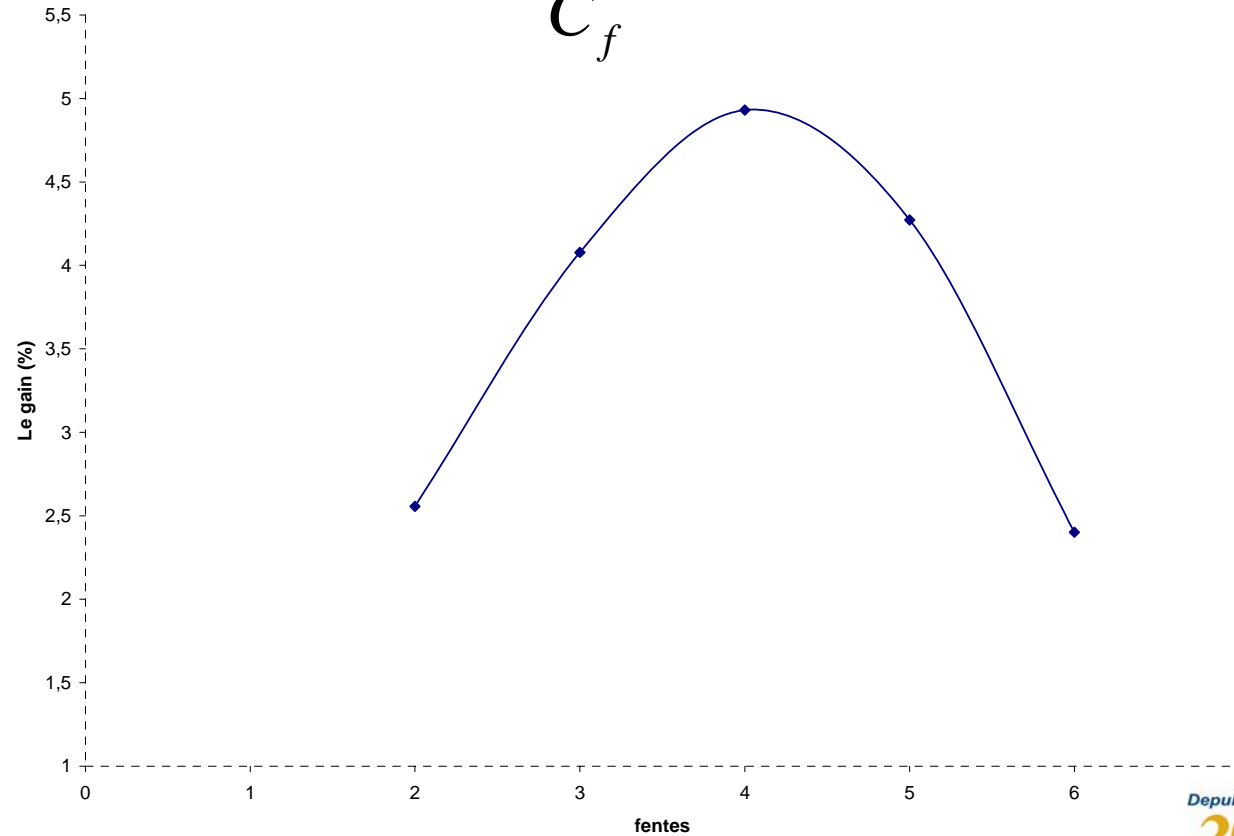
**Concentration dans la cabine
en fonction du nombre de fentes**

RÉSULTATS

Configuration 3D

Gain

$$G = \frac{C_{sm} - C_f}{C_f}$$



CONCLUSION

- Simulations numériques

- Un poste de travail
 - Deux configurations 2D et 3D
- Captage des contaminants à la source d'émission

- Concept de multi-fentes

Les calculs 2D et 3D montrent que :

- Ce concept améliore la performance du captage à la source
- Pour le cas étudié, le nombre optimal de fente requis est 4
- Ce concept permettrait un gain de 10 par rapport à un captage utilisant 1 fente

- Recommandation

- Validation terrain
- Études d'autres situations de travail

Merci pour
votre attention