

ANNEXE 14 : MODELE DE DISPERSION GAUSSIEN

ETUDES & DOCUMENTATIONS INTERNES  
**PERICHIMIE**

# **DISPERSION ATMOSPHERIQUE**

## **NOTE DE CALCUL**

Version : Février 2006

---

**PERICHIMIE**

**Environnement**

---

**Bureau d'études – Ingénierie – Dépollution**

40, rue Maurice Berteaux

78130 LES MUREAUX

Tel : +33 (0)1 30 99 02 98 – Fax : +33 (0)1 30 99 84 84

e-mail : [marc.vauthier@perichimie.fr](mailto:marc.vauthier@perichimie.fr)

<b>SOMMAIRE</b>
-----------------

<b>1</b>	<b>AVANT PROPOS</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DU MODELE</b>	<b>3</b>
2.1	Définition des « classes » de Pasquill	4
2.2	Modélisation de la dispersion atmosphérique	5
2.3	Application du modèle	8
<b>3</b>	<b>LIMITES D'APPLICATION</b>	<b>9</b>

Rédacteur	Marc VAUTHIER	Dernière mise à jour
		6.10.2007

**PERICHIMIE****Environnement**

Bureau d'études - Ingénierie - Dépollution

## **1 AVANT PROPOS**

Le présent document définit la méthode de calcul de la dispersion atmosphérique développée et appliquée dans le cadre des études qui nous sont confiées.

Il résulte pour l'essentiel de la compilation du guide « DISPERSION ATMOSPHERIQUE - Méthode pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels » baptisé  $\Omega$ -12 et diffusé par l'INERIS en décembre 2002. Cette étude, validée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, entre dans le programme d'études et de recherches intitulé « Recueil des méthodes utilisées à l'INERIS dans le domaine des risques accidentels ».

## **2 PRESENTATION DU MODELE**

Le modèle de dispersion employé est le modèle dit « Gaussien » développé selon la méthode dite de « Pasquill et Turner ».

Ce modèle se base sur les hypothèses suivantes :

- le gaz présent dans le nuage ne subit pas de pertes,
- la distribution du gaz dans l'atmosphère suit un loi de GAUSS aussi bien horizontalement que verticalement,
- les paramètres (écart-types) de cette distribution gaussienne dépendent des conditions météorologiques.

## 2.1 Définition des « classes » de Pasquill

Le modèle de dispersion s'applique dans différents cas de figure possibles définis en fonction de la vitesse du vent et de différents états atmosphériques désignés « classes » par Pasquill.

Ces « classes » sont au nombre de 6, caractérisées par l'intensité de la turbulence :

- classe A : très instable
- classe B : instable
- classe C : légèrement instable
- classe D : neutre
- classe E : stable
- classe F : très stable

Le tableau ci-dessous établit les conditions dans lesquelles sont définies les « classes » de Pasquill.

Vitesse du vent <sup>1</sup> (m/s)	Jour Selon un rayonnement solaire incident			Nuit Selon une couverture nuageuse	
	Fort Eté - ciel dégagé	Modéré Ciel nuageux	Léger Hiver – ciel couvert	Dense > 1/2 surface	Dégagée < 1/2 surface
< 2	A	A-B	B		
2 à 3	A-B	B	C	E	F
3 à 5	B	B-C	C	D	E
5 à 6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

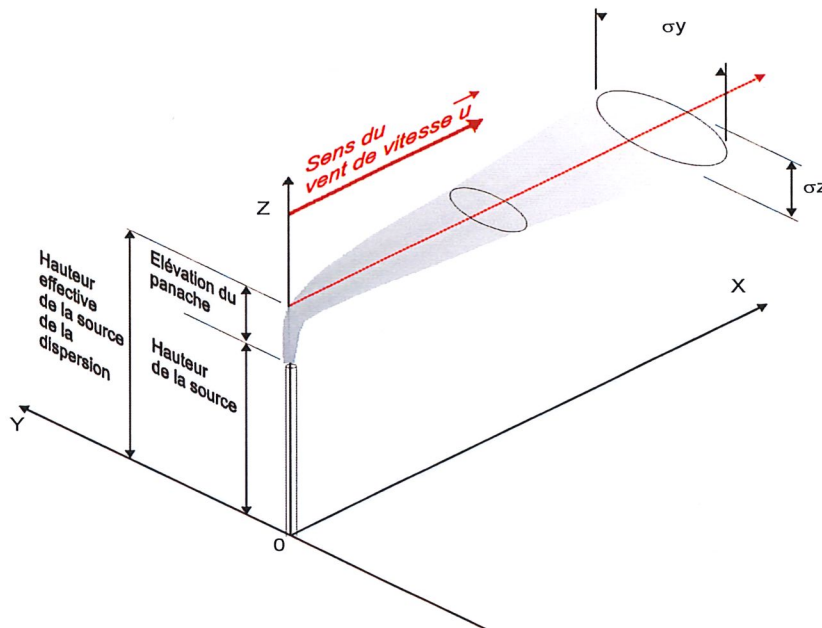
Le modèle repose sur l'idée qu'une substance à l'état gazeux se diffuse dans l'atmosphère de manière aléatoire selon une fonction de distribution de Gauss, on caractérise alors l'allure de la distribution par son « écart-type »  $\sigma$ .

La représentation de la diffusion dans l'espace se fait généralement en définissant l'axe des X comme celui du sens du vent. Dans le cas de la diffusion dans un panache continu, on ne tient compte que de deux axes de diffusion : en largeur (axe Y) et en hauteur (axe Z) ; et par conséquent on ne définit que deux écarts-types pour déterminer la distribution :  $\sigma_y$  et  $\sigma_z$ . La distribution étant définie par une concentration en fonction de l'éloignement de la source, les écart-types sont mesurés en mètres. Ils résultent d'observations réalisées par les différents auteurs

<sup>1</sup> A 10 mètres au dessus du sol.

des modèles, qui fournissent des équations empiriques qui permettent d'en calculer l'évolution dans l'espace en fonction des conditions de stabilité de l'atmosphère.

La figure ci-dessous montre un exemple de panache continu. On voit que la diffusion se fait plus en largeur qu'en hauteur  $\sigma_y$  étant généralement plus élevé que  $\sigma_z$ . Le contour de ce panache est limité pour les besoins de la représentation mais on ne doit pas perdre de vue que ces limites sont floues par définition, la diffusion étant un phénomène continu. On voit également que l'axe central du panache est souvent situé à une hauteur plus élevée que celle de la source physique, ce qui devra être pris en compte dans l'application du modèle.



## 2.2 Modélisation de la dispersion atmosphérique

L'équation générale de la dispersion d'un panache par le modèle Gaussien est la suivante :

$$C = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right)$$

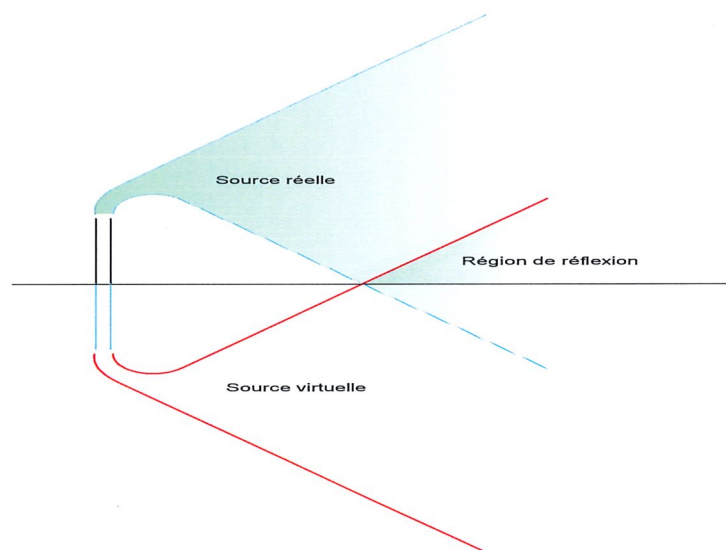
dans laquelle :

$C$ ( $\text{kg/m}^3$ )	est la concentration de la substance considérée au point $M(x,y,z)$
$Q$ ( $\text{kg/s}$ )	est le débit massique de la substance à la source
$u$ ( $\text{m/s}$ )	est la vitesse du vent
$\sigma_y$ (m)	est l'écart type de la distribution horizontale
$\sigma_z$ (m)	est l'écart type de la distribution verticale
$h$ (m)	est la hauteur effective de l'émission

Son application suppose que:

- la substance diffusée soit stable (pas de transformations chimiques),
- la vitesse du vent soit suffisante pour que la dispersion soit effective :  
 $u > 1 \text{ m/s}$ ,
- le régime atmosphérique soit stationnaire.

Par ailleurs, du fait qu'elle fait abstraction des obstacles et repose sur l'installation d'une régime de diffusion, son application est assez délicate pour des distances faibles, inférieures à quelques dizaines de mètres. Dans la pratique on se limite à des distances supérieures à 50 mètres.



Dans le cas des dispersions près du sol, on doit en plus tenir compte de l'« effet miroir » que représente celui ci (voir figure ci-dessus) ; d'où l'introduction d'un facteur de correction sur l'exponentielle donnant la dispersion suivant l'axe Z, par l'addition d'un facteur de réflexion donné par :  $\exp[(h+z)^2/2\sigma_z^2]$ .

Ce qui donne l'équation attribuée à Pasquill et Turner :

$$C = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \left[ \exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) \right]$$

$\sigma_y$  et  $\sigma_z$  ne sont pas des constantes, mais des fonctions de x traduisant l'étalement de la distribution gaussienne à mesure que l'on s'éloigne de la source dans le sens du vent. Elles sont déterminées de différentes manières selon les auteurs. Nous retiendrons les déterminations proposées en fonction de la « stabilité » de l'atmosphère et de la nature du relief environnant.

$\sigma_y$  et  $\sigma_z$  se déterminent à partir de relations de la forme :  $\sigma = a.x^b + c$ ,

Relations dans lesquelles a, b et c sont des constantes établies par Pasquill et Turner pour chacune des classes de stabilité de l'atmosphère.

Les tableaux ci-dessous rapportent la valeur de ces coefficients pour chacune des classes de Pasquill :

Coefficients pour  $\sigma_y$ :

Etat	a	b	c
<b>A</b>	0,215	0,858	0
<b>B</b>	0,155	0,889	0
<b>C</b>	0,105	0,903	0
<b>D</b>	0,068	0,908	0
<b>E</b>	0,050	0,914	0
<b>F</b>	0,034	0,908	0

Coefficients pour  $\sigma_z$ :

Etat	a	b	C
<b>A</b>	0,467	1,89	0,01
<b>B</b>	0,103	1,11	0
<b>C</b>	0,066	0,915	0
<b>D</b>	0,0315	0,822	0
<b>E (x &lt; 1 km)</b>	0,023	0,745	0
<b>E (x &gt; 1 km)</b>	0,148	0,15	-0,126
<b>F (x &lt; 1 km)</b>	0,0144	0,727	0
<b>F (x &gt; 1 km)</b>	0,0312	0,306	-0,017

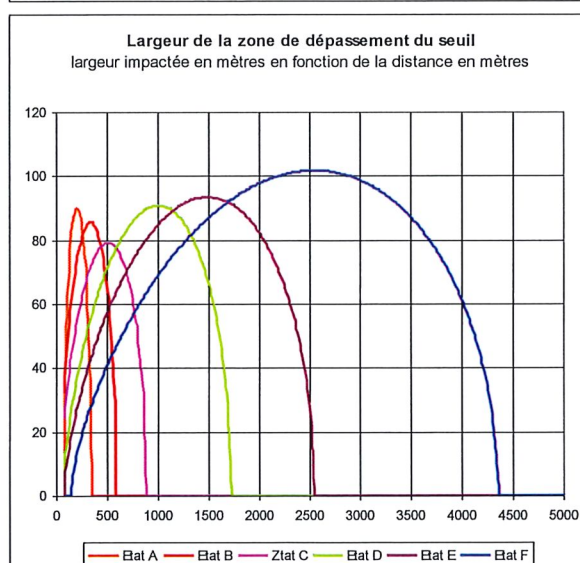
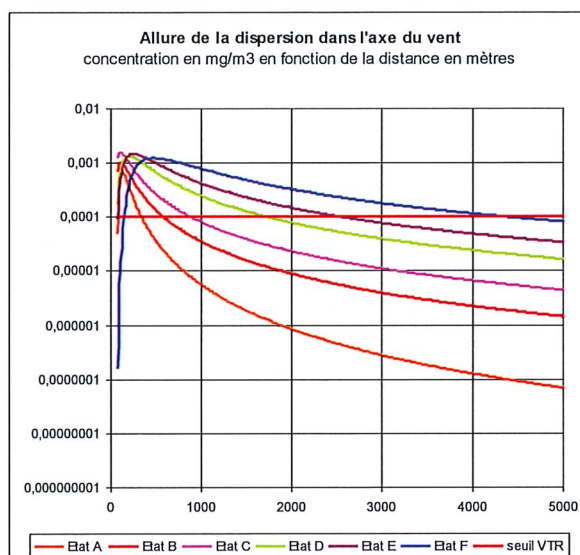
Ces relations permettent donc, en fonction des conditions météorologiques et en connaissant le débit massique de la source, ainsi que la vitesse du vent, de déterminer la concentration d'une substance en un point M défini par ses coordonnées x, y, z.



### 2.3 Application du modèle

Le modèle permet d'évaluer la concentration à hauteur d'homme des différentes substances renfermées dans un rejet capté diffusées dans l'atmosphère et susceptible d'être inhalées par les populations environnantes.

On peut alors comparer ces valeurs aux seuils définissant les effets toxiques éventuels des substances. La représentation sous forme de courbes permet de déterminer les distances où le rejet impose un risque supérieur au seuil retenu ainsi que l'allure de la largeur de cet impact. On peut alors représenter les zones concernées sur une carte ou un plan. Les courbes ci-dessous illustrent l'application du modèle pour un cas de dépassement de seuil :



### **3 LIMITES D'APPLICATION**

Le modèle « gaussien » simple présenté ci-dessus présente différentes restrictions d'application :

- Il suppose que les conditions météorologiques soient constantes sur toute la distance de dispersion du panache de gaz,
- Il n'est valable que pour des gaz de densité voisine de celle de l'air et pour des vitesses de vent supérieure à 1 m/s,
- Il n'intègre pas l'influence sur la dispersion du panache d'éventuels obstacles.

Sur ce dernier point toutefois, il peut souvent être tout de même employé, les obstacles proches ayant généralement pour effet d'augmenter les facteurs de dispersion ; auquel cas le modèle simple est maximisant ou de déplacer le point d'émission.

Lorsqu'il s'agit d'évaluer l'effet chronique d'un rejet, on doit pondérer l'impact autour de la source par la fréquence des vents orientés dans cette direction et leur vitesse moyenne ; ainsi que par les probabilités d'occurrence des différentes « classes » de stabilité de Pasquill.