

UNE METHODE D'EVALUATION DES TRANSFERTS ATMOSPHERIQUES
A GRANDES DISTANCES (100 - 1000 km)

J. Le Grand, A. Després
Département de Protection - Service de Protection Sanitaire
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
B.P. 6 - 92260 FONTENAY AUX ROSES (FRANCE)

1. INTRODUCTION

Le but de ce travail est d'établir un modèle de transfert atmosphérique permettant l'évaluation de la concentration, sur l'ensemble du territoire français, qui résulte de rejets d'effluents gazeux d'une installation nucléaire.

2. DESCRIPTION DE LA METHODE

1 - Les données météorologiques

L'Office National de la Météorologie nous fournit le champs des vitesses du vent moyen entre les isobares 850 mbar et 1000 mbar, chaque jour à 0 h. et à 12 h., en 400 points extraits de la grille de prévisions météorologiques.

Cette grille, de pas constant, est tracée sur les cartes en projection stéréographique utilisées par l'O.N.M. Elle est définie de la façon suivante :

- . Le pôle est un point de la grille,
- . Un des axes est parallèle au méridien 10° E,
- . La distance entre 2 points voisins est de 190,5 km sur le 60ème parallèle.

La partie de cette grille que nous utilisons est approximativement limitée par les méridiens 20° W et 20° E, et par les parallèles 30° N et 65° N.

Nous disposons d'autre part de la direction et de l'intensité du vent au point de rejet.

2 - La méthode proprement dite

- . Le programme de calcul se déroule en deux temps :
 - . Détermination de l'axe de la trajectoire.
 - . Calcul de la diffusion.

2-1 Détermination de l'axe de la trajectoire

Hypothèses fondamentales :

- . Le rejet est continu ; son débit est constant.
- . Les conditions météorologiques (vitesse et direction du vent) restent constantes pendant 12 h.

Système de coordonnées utilisé :

- . L'origine des temps est la date du début du rejet.
- . Les abscisses et ordonnées des points sont repérées par rapport à la grille de l'O.N.M.

Le tracé d'une trajectoire se fait de la façon suivante :

Soit (X_r, Y_r) les coordonnées du point de rejet. L'émission commence au temps $t_0 = 0$. Les composantes du vent à la cheminée selon les 2 axes de référence sont alors U_r et V_r (en $m.s^{-1}$).

Si cette situation est supposée constante pendant 6 h, l'axe du panache est arrivé, au temps $t_0 + 6$ au point de coordonnées :

$$X_1 = X_r + 6 \cdot 3600 \cdot \frac{U_r}{m}$$

$$Y_1 = Y_r + 6 \cdot 3600 \cdot \frac{V_r}{m}$$

m est un facteur qui tient compte de la déformation des distances dans le système de projection utilisé ; il dépend de la latitude.

Le calcul de X_1 et de Y_1 se fait d'heure en heure, afin de tenir compte des variations de m .

Considérons maintenant que le champs des vents fourni par l'O.N.M. à la date $t_0 + 12$ s'applique de $t_0 + 6$ à $t_0 + 18$, et calculons les composantes du vent en (X_1, Y_1) par interpolation entre les points de la grille. Nous définissons ainsi un vecteur de vent au point (X_1, Y_1) , qui nous amène au point (X_2, Y_2) à la date $t_0 + 18$. Le calcul se poursuit jusqu'à ce que la trajectoire sorte de la grille.

2-2 Calcul de la diffusion

a) Principes généraux

Si le débit est constant et la diffusion longitudinale négligeable, la concentration au sol peut s'exprimer par

$$\chi(X, Y, t) = \frac{q}{\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}} \quad [1]$$

Dans cette expression :

- . $\chi(X, Y, t)$ est la concentration au sol (Ci.m⁻³).
- . X et Y sont les coordonnées du point où on calcule la concentration.
- . t est le temps mis par le polluant pour atteindre le point (X, Y) , exprimé en secondes.
- . y est la distance du point (X, Y) à l'axe du panache (m).
- . \bar{u} est la vitesse moyenne du vent (m.s⁻¹).
- . q est le débit du rejet (Ci.s⁻¹).
- . σ_y et σ_z sont les écarts-types de la distribution de la quantité q par rapport à sa localisation moyenne (m).

Ils s'expriment par les relations suivantes :

$$\sigma_y = \left(A_y t \right)^{K_y}$$

$$\sigma_z = \sqrt{2 K_z t}$$

- . t étant le temps de transfert, en secondes
- . A_y est le paramètre de diffusion horizontale
- . K_y est le coefficient de diffusion horizontale
- . K_z est le coefficient de diffusion verticale

Quand la diffusion verticale atteint la couche limite planétaire, située à l'altitude L , on suppose que la concentration peut s'exprimer par :

$$\chi(X, Y, t) = \frac{q}{\sqrt{2\pi} \sigma_y L \bar{u}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}$$

b) Tracé du panache

Le panache est tracé de 12 h. en 12 h., en même temps que l'axe de la trajectoire. Il est limité à $3\sigma_y$, et calculé analytiquement.

c) Définition de la grille sur laquelle sont calculées les concentrations ; termes correctifs

Les concentrations sont calculées pour les points situées à l'intérieur du panache, et dont les coordonnées, exprimées dans le système de la grille météorologique, figurent dans les données du programme de calcul.

Dans le cas où le polluant est un élément radioactif, la concentration ainsi calculée est modifiée par un terme de décroissance et de filiation.

De plus l'appauvrissement du nuage par dépôt sec est introduit sous la forme mathématique suivante :

$$e^{-2V_d \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{\pi K_z}}} \quad [2]$$

Dans cette expression, V_d est la vitesse de déposition, en m.s⁻¹.

d) Concentration intégrée sur le temps que dure le rejet :

$\chi_1(X, Y, t)$ est la concentration en un point de coordonnées (X, Y) .

Les situations météorologiques sont supposées constantes durant 12 h.

La concentration intégrée au point de coordonnées (X, Y) , en Ci.h.m⁻³ s'exprime donc par :

$$C(X, Y) = \sum_{i=1}^n X_i(X, Y, t) \cdot 12$$

où n est le nombre de trajectoires tracées durant le temps du rejet.

3 - Discussion de la méthode ; limites de validité

Les principales réserves que l'on peut porter sur la méthode utilisée concernent les points suivants :

. Le raccordement des 2 systèmes de données météorologiques utilisés : on applique les données météorologiques du point de rejet pendant 6 h., puis on utilise les valeurs moyennes du vent fournies par l'O.N.M. Or l'écart-type de la distribution n'atteint 1000 m (valeur limite qui lui a été fixée) qu'au bout d'une vingtaine d'heures.

. On suppose que la hauteur de la couche d'inversion est constante, et fixée à 1000 m.

. Il n'a pas été tenu compte des variations du relief.

4 - Exemple d'application

La mise au point du code de calcul a été faite en situant le rejet à Saclay. Les données météorologiques sont celles fournies par le pylône du C.E.A., à 110 m d'altitude.

Les données météorologiques fournies par l'O.N.M. couvrent la période du 12 au 17 décembre 1975, période de temps stable de vent d'Est.

Les données suivantes sont utilisées :

$$\begin{array}{l} A_y = 0,135, K_y = 1,13 \text{ pour } t < 9,7 \cdot 10^4 \text{ s.} \\ A_y = 0,463, K_y = 1 \text{ pour } t > 9,7 \cdot 10^4 \text{ s.} \\ L_y = 1000 \text{ m}, K_z = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}, V_g = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-1} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} [1] \\ [2] \end{array}$$

Les figures ci-dessous donnent, à titre d'illustration, 6 trajectoires numérotées dans l'ordre chronologique.

La seconde carte fournit les courbes d'isoconcentration qui découlent de l'ensemble des rejets, entre le 12 et le 15 décembre 1975, le débit du rejet à la cheminée étant arbitrairement fixé à $1 \text{ Ci} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans la réalisation de ce travail, l'appui et les conseils de Monsieur DOURY (C.E.A. DSN) et, de Monsieur MONET (C.E.A. SPR Saclay) ont été très utiles.

REFERENCES

- [1] A. DOURY, R. GERARD, M. PICOL "Abaques d'Evaluation Directe des Transferts Atmosphériques d'Effluents Gazeux" CEA Rapport DSN n° 84 janvier 1976.
- [2] J.L. HEFFTER, A.D. TAYLOR "A Regional - Continental Scale Transport, Diffusion, and Deposition Model" Environmental Research Laboratories NOAA TM ERL ARL 50 juin 1975.

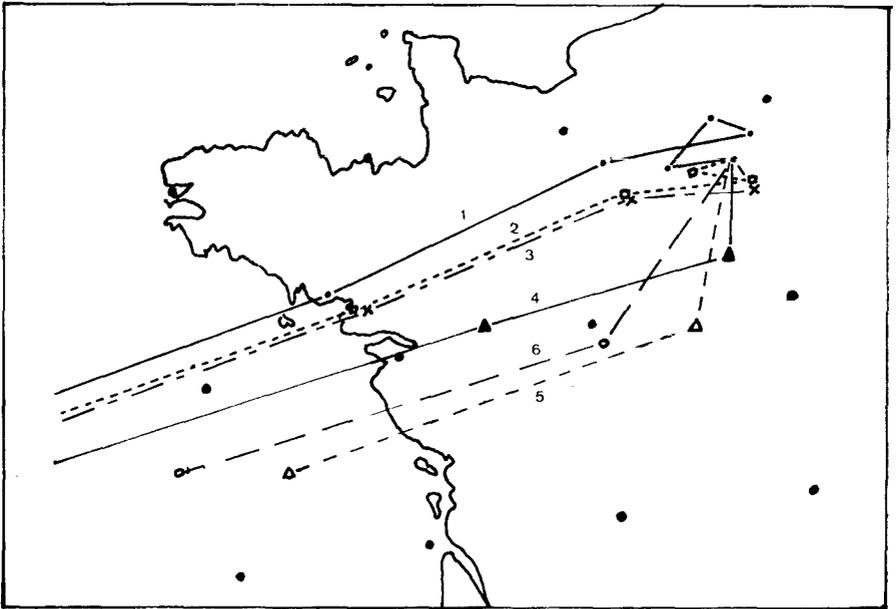


FIGURE 1.- Exemples de trajectoires

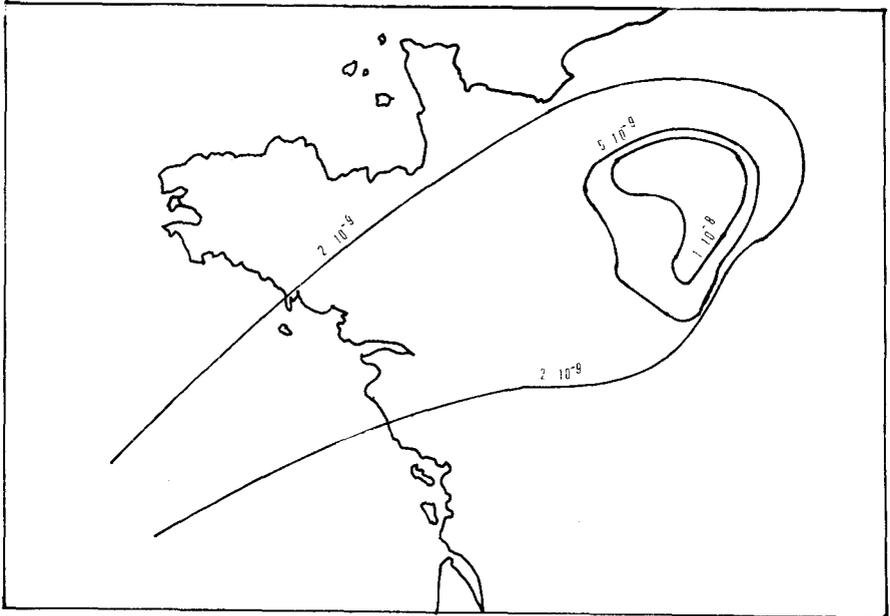


FIGURE 2.- Concentrations intégrées pour un rejet de 3 jours