

# Modélisation de la dispersion.

La modélisation de la dispersion des polluants dans l'atmosphère est basée sur la résolution d'une équation aux dérivées partielles qui lie l'évolution temporelle de la concentration en un point aux phénomènes de diffusion et de transport dans l'atmosphère, informations qui sont données par le champ instantané météo.

De façon rigoureuse les équations aux dérivées partielles qui régissent le comportement du champ atmosphérique et la dispersion des polluants devraient être résolues simultanément. Ce système est de plus NON linéaire.

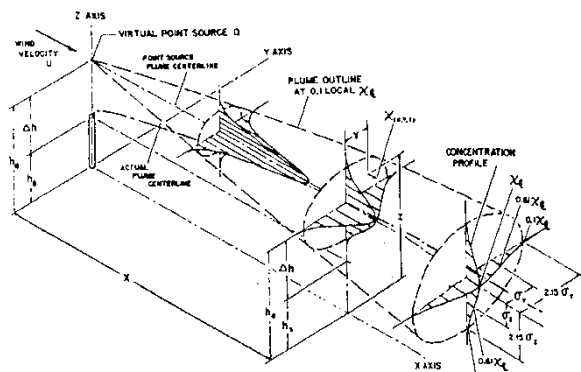
Cependant, du fait que dans le cadre des émissions courantes (HORS ACCIDENT) elles n'ont qu'un effet négligeable sur l'évolution du champ météo on a l'habitude de découpler le calcul entre le champ météo et le champ de concentration. Un champ météo IRMA de base a été mis à disposition par la RW.

Dans le cadre de la modélisation de la dispersion des polluants dans l'atmosphère il ne reste plus qu'à s'attacher à résoudre l'équation diffusion-transport liée aux concentrations de polluants. Pour résoudre cette équation diverses possibilités s'offrent basées :

- sur une approche algébrique
- sur une approche numérique

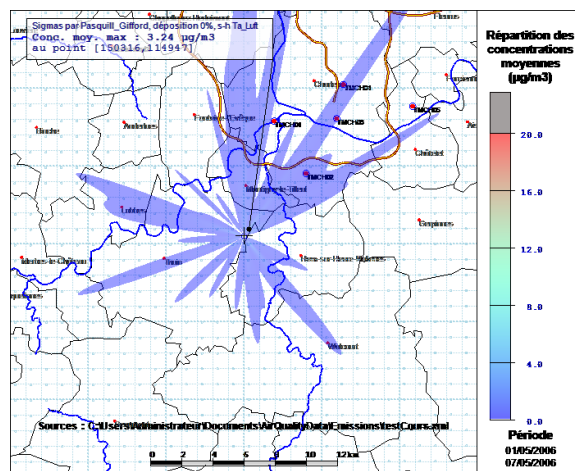
Dans un premier temps nous avons, comme habituellement fait pour des raisons de capacité de calcul, privilégié la méthode algébrique.

Cette méthode consiste à remplacer l'équation aux dérivées partielles qui conditionne la répartition des concentrations par une équation algébrique dans laquelle on tient compte des phénomènes physique de diffusion et de transport par l'intermédiaire de coefficients liées à la distance



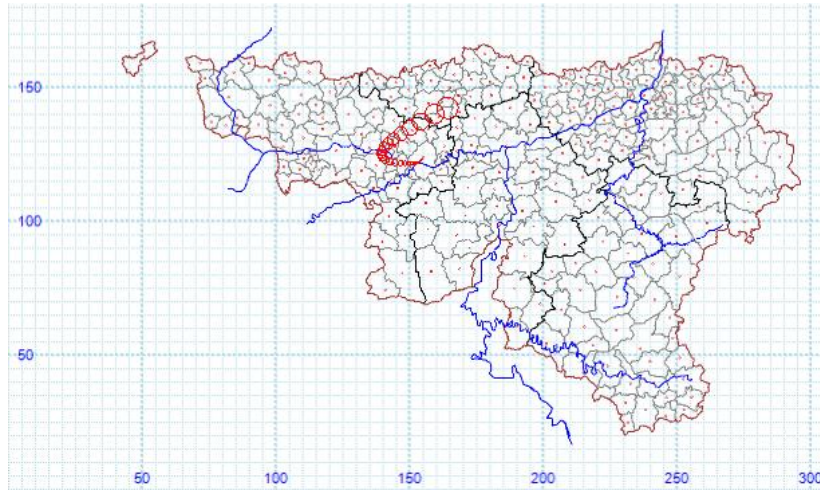
sous le vent, la stabilité et aux conditions d'émissions à la cheminée. La méthode panache gaussien est basée sur l'hypothèse de la stationnarité. Le succès de cette méthode couramment utilisée réside dans le fait de sa simplicité d'utilisation. Dans le cas le plus basique on peut même envisager un calcul à la main.

Nous avons développé un environnement multi sources complet pour répondre aux besoins des études d'incidence (cartographie, analyses



statistiques, ...). L'interprétation des résultats doit se faire en tenant compte des hypothèses simplificatrices émises lors de la transformation des équations.

Pour lever l'hypothèse de la stationnarité on peut envisager de remplacer l'utilisation du panache gaussien par celle de la bouffée gaussienne. Nous avons mené une étude de faisabilité qui a montré

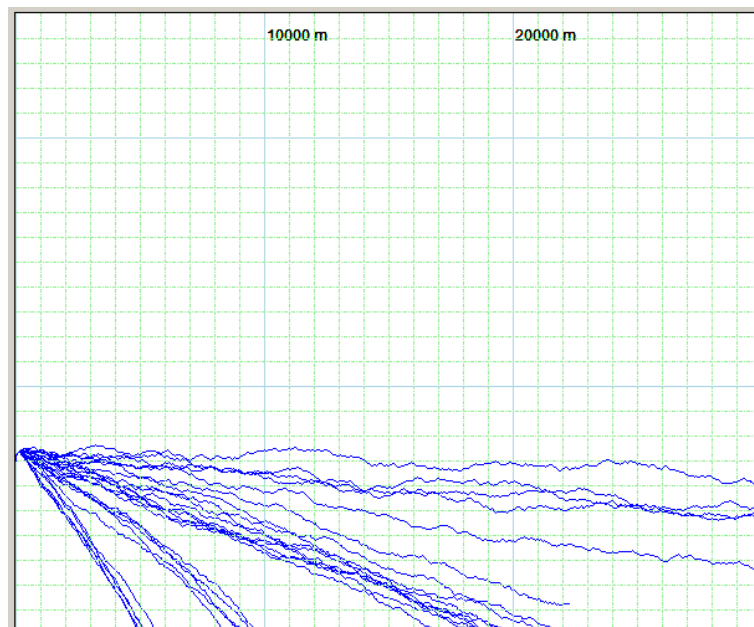


qu'effectivement cette approche pouvait apporter des informations liées à la non stationnarité de l'écoulement atmosphérique mais que le suivi de chaque bouffée nécessitait des capacités de stockage intermédiaires prohibitives surtout dans le cas de sources multiples. La non prise en compte du cisaillement dans la

déformation de la bouffée est également une hypothèse restrictive. Cette méthode a été développée pour UNE seule source à titre didactique uniquement.

Pour mieux coller à la physique des phénomènes il faut franchir le pas vers les méthodes numériques. Dans le domaine de la dispersion elles sont de deux ordres, celle basée sur le suivi lagrangien et celle sur l'application de la méthode aux volumes finis. La première méthode est une méthode trajectoire, la seconde est basée sur la discrétisation de l'espace en volumes élémentaires de dimensions finies.

Le suivi Lagrangien semble très approprié pour l'étude de la dispersion des particules puisque basée sur le calcul des trajectoires elle prend en compte pour CHAQUE particule les conditions locales du



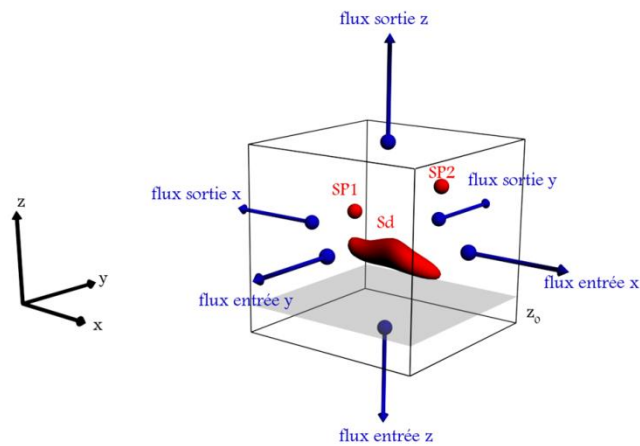
champ du vent, l'effet Magnus (dû à la rotation de la particule) et le champ gravitationnel. Le fait de devoir appliquer les calculs à CHAQUE particule laisse présager des limitations à l'application de cette méthode. De plus, si on veut obtenir, en un instant donné, la concentration dans un volume ou obtenir le nombre de particules qui ont atteint le sol, on conçoit qu'il faut pendant tous le calcul stocker toutes les positions instantanées des particules déjà émises. Un étudiant a fait sont TFE sur ce sujet. Ce travail a montré la faisabilité, les

possibilités offertes, mais en a aussi montré les limites.

Cette méthode a été développée, à titre didactique et pour montrer le bien fondé du calcul de la vitesse terminale des particules appliqué dans la méthode aux volumes finis.

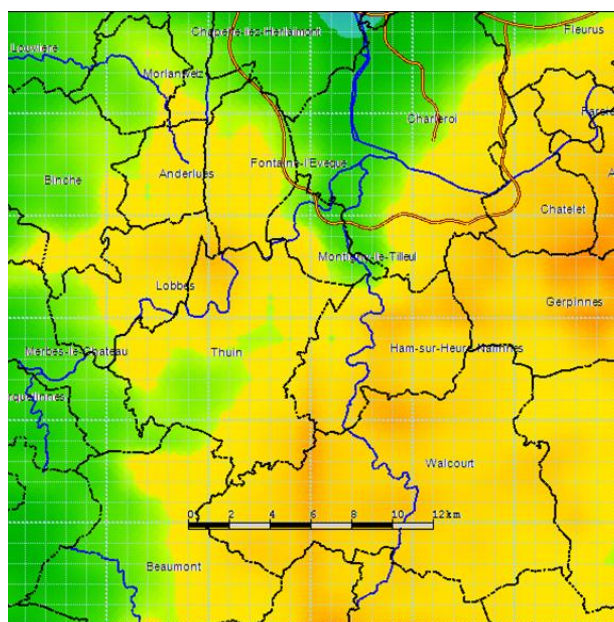
La méthode aux volumes finis, abondamment utilisée dans les domaines qui dépendent de la mécanique des fluides, se base sur la discrétisation de l'espace et l'application des lois de conservation (quantité de mouvement, énergie et masse) auxquelles on doit ajouter une ou des équations liées à la turbulence. Ces équations de base forment un système d'équation aux dérivées partielles à résoudre à la fois dans le temps et dans l'espace.

Hors accident, les concentrations en polluants sont en général telles qu'elles n'interfèrent pas avec le champ porteur. On peut ainsi découpler le calcul du champ de concentration et le calcul du champ de vent.



Le champ du vent utilisé pour l'étude de la dispersion est recalculé dans un maillage fixe au départ d'une base de données météo déduite du modèle ALADIN de l'IRM qui travaille sur un maillage dynamique basé sur les isobares. En chacun des points du maillage fixe on recalcule les trois composantes de la vitesse ( $u$ ,  $v$  et  $w$ ) sur base de la conservation de la masse. Cette étape peut être associée à du pré-processing. Ce nouveau champ météo pourra ensuite être utilisé dans les calculs de dispersion. On peut aussi envisager de faire une ramification du maillage en vue d'améliorer la précision dans le cas de calculs locaux.

L'équation qui calcule l'évolution temporelle du champ de concentration nécessite la connaissance instantanée des sources (émission de polluant) et de l'état du champ atmosphérique (vitesses, pressions et températures). Cette équation prend en compte la diffusion et le transport. La diffusion est prépondérante aux faibles vitesses tandis que le transport prend la main aux vitesses plus élevées.



Le modèle prend en compte la ségrégation gravitationnelle pour autant que l'on connaisse la masse volumique du polluant et le diamètre équivalent pour les particules solides. **La précision dans la connaissance des émissions sera un atout majeur pour la précision des résultats.**

Sur base de la connaissance de l'état de surface, on a la possibilité de calculer le dépôt au sol. Nous avons procédé à différents essais de faisabilité lesquels sont concluants. Pour avoir des temps de calcul acceptables le solveur développé utilise abondamment le calcul parallèle. Ce modèle est particulièrement bien adapté aux études globales comprenant de

nombreuses sources émettrices. Il peut aider à comprendre les phénomènes physiques liés à l'évolution des concentrations et particulièrement aux analyses de l'effet d'une réduction particulière des émissions.

Nous avons également développé une méthode inverse qui permettrait de pondérer les sources au départ de la connaissance d'un champ de concentration ou d'un champ de dépôts au sol. L'application de cette méthode inverse nécessite cependant une connaissance précise de la localisation des sources ainsi que de faire la part de la concentration due à la pollution atmosphérique.