

Modélisation numérique : TD 4

Frédéric Hourdin
hourdin@lmd.ens.fr

5 décembre 2012

1 Préparation : advection horizontale dans un cadre bi-dimensionnel

On pourra repartir du TD2 dans lequel on advectait un champ de traceur gaussien initialement dans une direction unique.

On supposera que la longueur horizontale du domaine est $L = 3000$ m et verticale $H = 1000$ m. On utilisera 300 points sur l'horizontale et 100 sur la verticale pour atteindre une résolution spatiale isotrope : $\delta x = \delta z = 10$ m.

On prendra un vent horizontal dépendant linéairement de l'altitude $U(z) = U_{\min} + (U_{\max} - U_{\min}) z/H$ avec $U_{\min} = 2$ m s⁻¹ et $U_{\max} = 10$ m s⁻¹.

```
integer, parameter :: imax=300,kmax=100
integer :: i,k
real xxx(imax),zzz(kmax)
real :: xmax=3000.
real :: zmax=1000.
real :: deltax,deltaz
real :: qancien(imax,kmax),qnouveau(imax,kmax)
deltax=xmax/float(imax)
deltaz=zmax/float(kmax)
do i=1,imax
  xxx(i)=i*deltax
enddo
do k=1,kmax
  zzz(k)=k*deltaz
enddo
```

1. Prendre comme dans le TD2 une concentration initiale de traceur gaussienne, ne dépendant que de x : $q(x, z, t = 0) = \exp(-[(x - x_0)/\lambda]^2)$ avec $\lambda = L/15$. et $x_0 = L/5$.

Tracer la concentration initiale du traceur.

2. Choisir judicieusement un pas de temps δt par rapport à la vitesse maximale rencontrée dans le domaine. On pourra dans le code se donner un tableau dépendant de la dimension verticale pour stoker le paramètre $\alpha_x(z) = \delta t U(z)/\delta x$.

Calculer l'advection horizontale de ce traceur avec un schéma numérique amont du premier ordre et faire quelques sorties 2D à des instants successifs.

2 Panache de cheminée : calcul explicite et paramétrisation

Dans cette question, on reprend les mêmes paramètres que précédemment, sauf qu'on suppose que le champ de traceur est initialement nul sur tout le domaine.

On suppose en revanche qu'on a une source ponctuelle continue (le haut d'une cheminée d'usine par exemple). En pratique on imposera à tout instant que

$$q(imax/6, 3 * kmax/4) = 1. \quad (1)$$

2.1 Calcul explicite

On suppose également que, en plus du vent horizontal, on a un vent vertical, fluctuant dans le temps et dans l'espace.

Pour simplifier le calcul de l'advection (champ de vent non divergeant dans la direction verticale), on va supposer que le champ de vent vertical W ne dépend que de la direction horizontale et du temps.

On prendra comme formule :

$$W(x, t) = W_{\max} \left[0, 2 \sin(k_1 \pi \frac{x}{L} - t/\tau_1) + \sin(k_2 * \pi \frac{x}{L} - t/\tau_2) \right] \quad (2)$$

avec $W_{\max} = 5 \text{ m s}^{-1}$, $k_1 = 30$, $\tau_1 = 50 \text{ s}$, $k_2 = 10$ et $\tau_2 = 66 \text{ s}$ soit, en fortran :

```
www=wmax*(0.2*sin(30.*pi*xxx(i)/xmax-temps/50.)+sin(10.*pi*xxx(i)/xmax-temps/66.))
```

Il sera intéressant, à chaque pas de temps, de calculer $\alpha_z(x) = \delta t W(X)/\delta z$. Effectuer le calcul sur 2000 pas de temps et faire des sorties à des instants successifs.

2.2 Calcul avec diffusion

On suppose maintenant $W(z) = 0$ mais on ajoute dans le calcul une diffusion turbulente avec un coefficient de diffusion constant dans le temps et dans l'espace $K_z = 50 \text{ m}^2/\text{s}$.

Pour préparer la question suivante, on codera le calcul de la diffusion verticale en deux étapes. Dans la première, on calculera le flux de traceur

$$F_q(x, z) = \overline{\rho w' q'} = -K_z \frac{\partial q}{\partial z} \quad (3)$$

Effectuer également un calcul sur 2000 pas de temps avec les mêmes valeurs des paramètres.

2.3 Comparaison des deux calculs

Comparer la concentration moyenne du traceur pour les deux calculs entre les pas de temps 1000 et 2000, soit en traçant des profils verticaux en $x = L$ soit en traçant des cartes bi-dimensionnelles (cf. la fin de l'énoncé).

On fixera si possible les iso-valeurs des tracés bi-dimensionnels à (0,001 ; 0,002 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,5)

Commenter.

Faire le lien entre le coefficient K_z et les valeurs des fluctuations de W dans le calcul explicite.

Options pour les tracers en 2D

La meilleure solution ...

Utiliser quelque chose que vous connaissez, comme matlab, scilab ou autres.

Fichiers ASCII

On pourra pour ce faire utiliser les lignes fortran suivantes :

```
integer, parameter :: imax=300,kmax=100
real xxx(imax),zzz(kmax),qqq(imax,kmax)
character*5 fichier
fichier="q..."
write(file(2:5),'(i4.4)') it
open (10,file=fichier,form='formatted')
do k=1,kmax
do i=1,imax
write(10,*) xxx(i),zzz(k),qqq(i,k)
enddo
enddo
close(10)
```

Puis lancer le logiciel ferret par exemple,

`ferret`

Puis taper les lignes suivantes :

```
DEFINE AXIS/X=10:3000:10 xm
DEFINE AXIS/Z=10:1000:10 zm
sh da
DEFINE GRID/X=xm/Z=zm gm
FILE/VAR="xlu,zlu,q"/GRID=gm q151
show data
fill q
```

Les mêmes fichiers doivent pouvoir être tracés avec gnuplot.

Ferret sauvegarde systématiquement tout ce que vous avez tapé comme commande dans un fichier `ferret.jnl` qui devient `ferret.jnl.N` (avec $N=1, 2, \dots$) pour archive. Une fois que vous êtes content d'une figure, vous pouvez récupérer le dernier `ferret.jnl` dans un fichier `majoliefigure.jnl` (`mv ferret.jnl majoliefigure.jnl`).

Vous pouvez ensuite créer une image gif de la façon suivante :

```
> ferret -gif -nojnl
> go majoliefigure.jnl
> frame/file=mfigure.gif
> quit
```