

Modélisation numérique : TD 1

Frédéric Hourdin
hourdin@lmd.ens.fr

21 septembre 2009

Calcul de l'évolution de la concentration en CO2 dans l'atmosphère.

La concentration en CO2 dans l'atmosphère augmente environ de 1% par an depuis le début de l'ère industrielle.

1. Programme intuitif :

On commence par écrire un programme qui calcule année après année la concentration du CO2 depuis 1900 en partant d'une valeur de 300 ppm ($q_{i+1} = 1,01 \times q_i$). Sortir les résultats sous forme de deux colonnes en ASCII

```
1900  300.
1901  303.
1902  306.03
...
```

Rappel des étapes pour créer et exécuter un programme fortran

Créer un fichier **prog.f90** contenant les lignes de fortrans nécessaires.

```
Implicit none ! Instruction tres utile qui force à déclarer
               ! explicitement toutes les variables du
               ! programme

!
! Declarations
!-----
Integer an
!
! Boucle en temps
!-----
Do an=1900,2008
  print*,an
Enddo
End
```

On utilisera par exemple pour cela un éditeur comme gedit.

Puis compiler > g95 prog.f90

(ou pgf prog.f90)

et lancer le programme > ./a.out

Tracer les résultats avec un logiciel graphique de votre choix. On pourra pour cela « rediriger » la « sortie standard » du programme dans un fichier

> ./a.out > evol

A défaut d'un autre logiciel graphique, on pourra utiliser xmgrace

> **xmgrace -legend load evol**

Si vous avez introduit un tableau 'real q(n)' contenant les n valeurs successives de la concentration de CO2, réécrivez le programme sans ce tableau, soit en écrasant la valeur de q (q= F(q)) soit en utilisant deux valeurs, qancien et qnouveau par exemple.

2. Formulation mathématique :

Ecrire sous forme mathématique l'équation d'évolution de la concentration en CO2 avec un axe des temps continu plutôt que discret, $dq/dt = f(q)$

3. Discretisations temporelle :

Proposer une réécriture du programme (changer une ligne en pratique) basée sur cette formulation (en supposant qu'on ne sait pas intégrer mathématiquement l'équation différentielle) On partira de l'équation

$$\frac{q(t + \delta t) - q(t)}{\delta t} = f(q^*) \quad (1)$$

en prenant pour q^* une combinaison de $q(t + \delta t)$ et $q(t)$. Coder au moins deux formulations pour calculer l'évolution du CO2 entre 1900 et 2500. Comparer le résultat avec un pas de temps $\delta t = 1$ an, $\delta t = 10$ an et $\delta t = 100$ ans. En pratique, on peut changer la valeur de dt dans le code, puis recompiler et relancer

> a.out > dt1an

puis

> **xmgrace -legend load dt1an dt10ans dt100ans**

4. Expontentielle décroissante :

Utiliser le même programme mais l'adapter à une situation où le CO2 décroiterait cette fois de 1% par an. Tester à nouveau les différentes formulations et pas de temps.