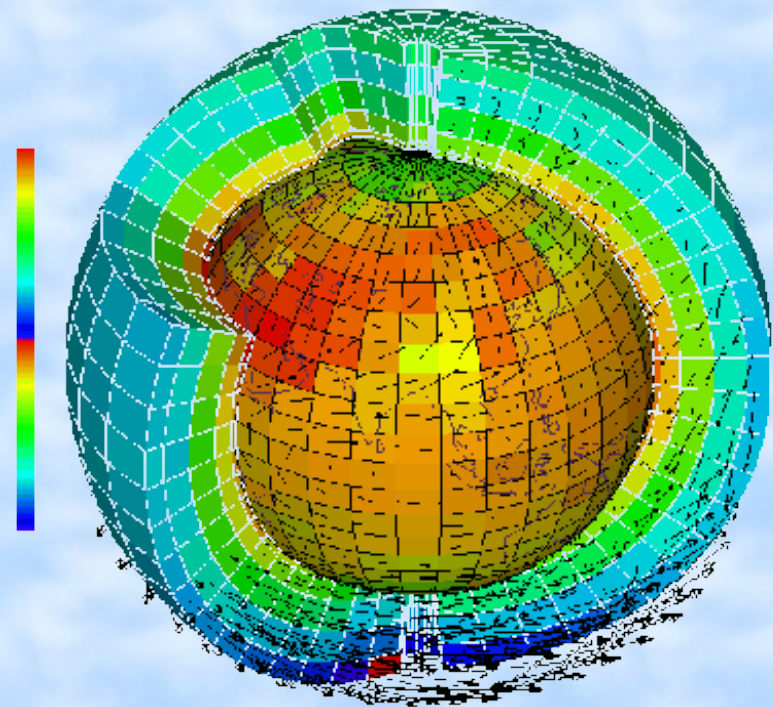
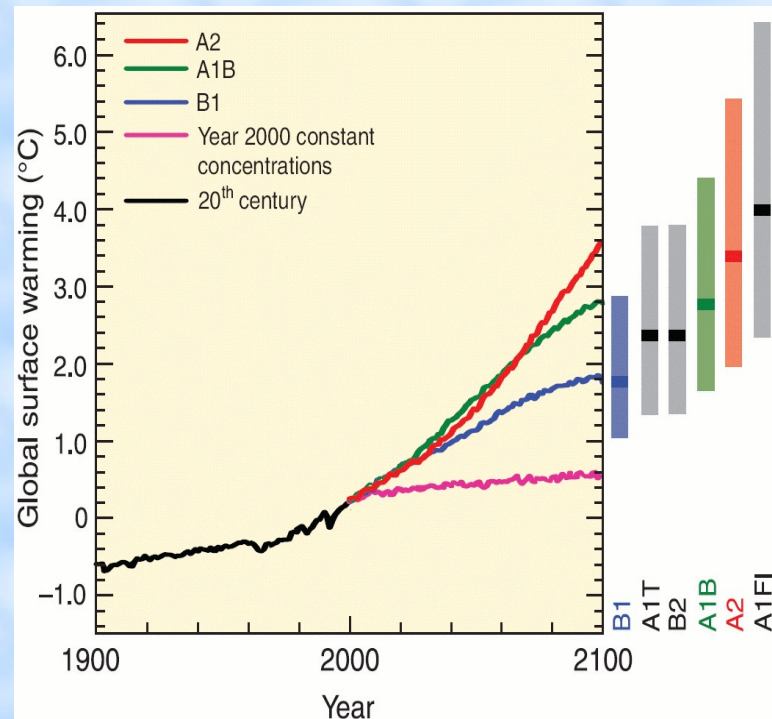


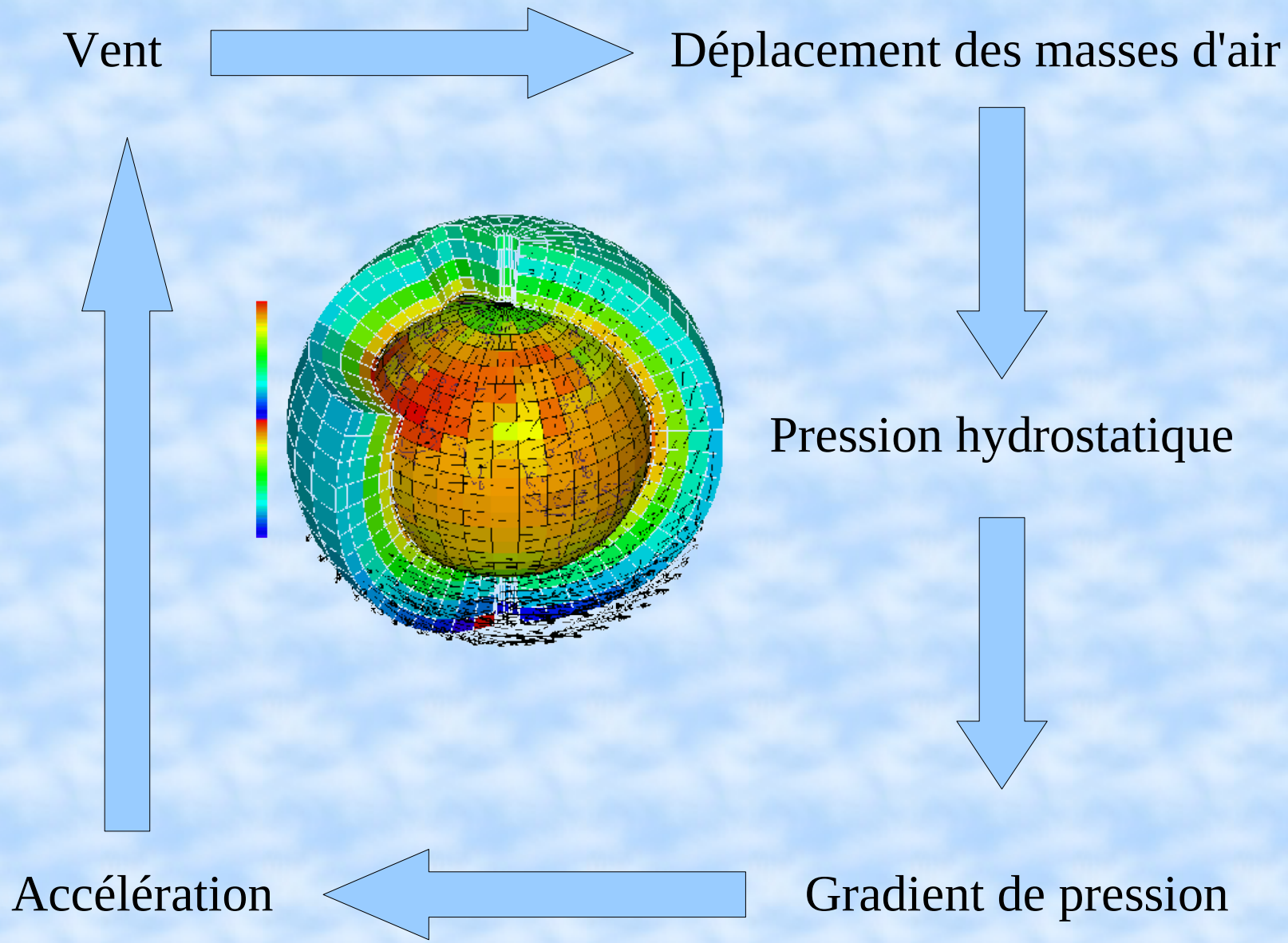
Simulation de l'atmosphère sur GPU

Thomas Dubos

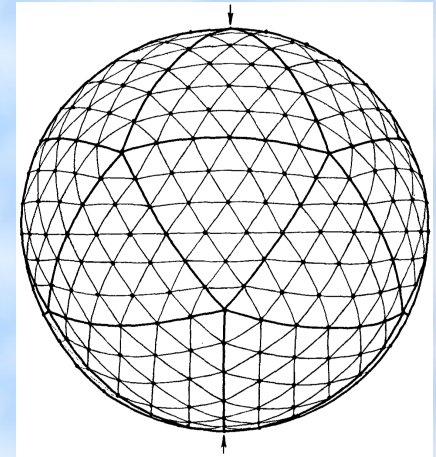
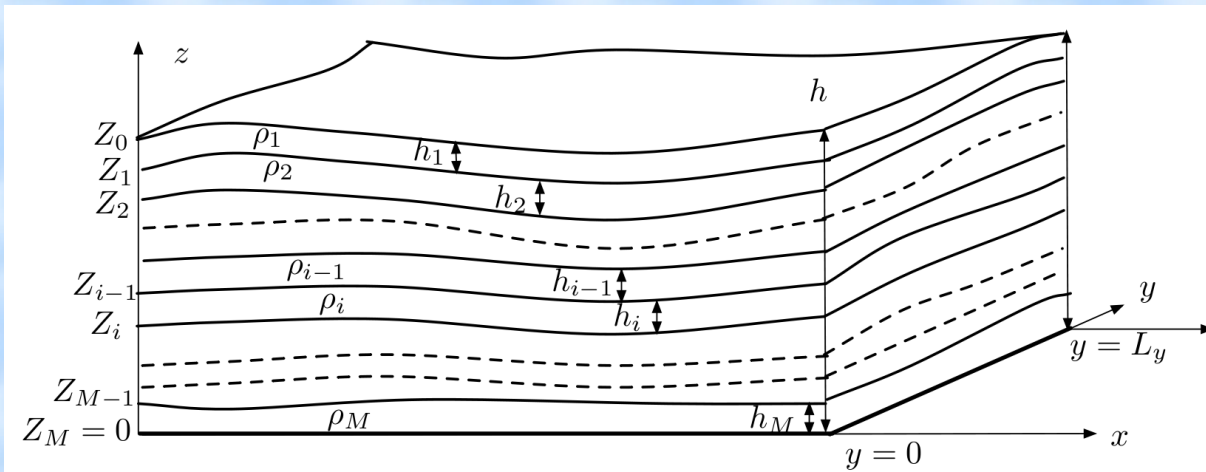
dubos@lmd.polytechnique.fr

Laboratoire de Météorologie dynamique

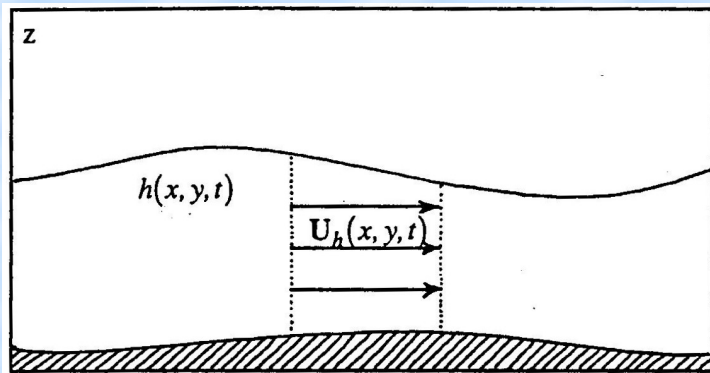




Météo : mécanique des fluides sur une sphère en rotation



Projet : modèle simplifié à une couche, dans le plan,



$$\begin{aligned} \rho (\partial_t u - f v + u \partial_x u + v \partial_y u) + \partial_x p &= 0 \\ \rho (\partial_t v + f u + u \partial_x v + v \partial_y v) + \partial_y p &= 0 \\ \partial_t p + \partial_x (u p) + \partial_y (v p) &= 0 \end{aligned}$$

Pression = g * masse de la colonne d'atmosphère **Accélération**

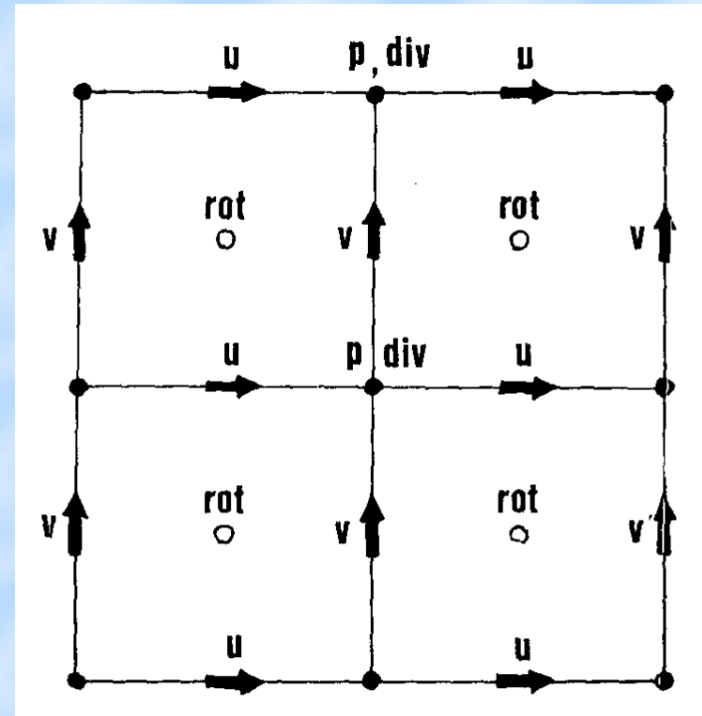
Déplacement des masses d'air **Gradient de pression**

Discrétisation spatiale : grilles décalées

$$p_{kl}(t) = p(x_k, y_l, t)$$

$$u_{kl}(t) = u(x_{k+1/2}, y_l, t)$$

$$v_{kl}(t) = v(x_k, y_{l+1/2}, t)$$



$$\frac{\partial p}{\partial t} = \dot{p}(p, u, v) = -\frac{\partial}{\partial x}(pu) - \frac{\partial}{\partial y}(pv)$$

$$\dot{p}_{kl} = -\frac{1}{\delta}(U_{kl} - U_{k-1,l}) - \frac{1}{\delta}(V_{kl} - V_{k,l-1})$$

$$U_{kl} = \frac{1}{2}(p_{kl} + p_{k+1,l})u_{kl} \quad V_{kl} = \frac{1}{2}(p_{kl} + p_{k,l+1})v_{kl}$$

Discrétisation temporelle : saute-mouton

$$\frac{\partial p_{kl}}{\partial t} = \dot{p}_{kl}(p, u, v) \quad \frac{\partial u_{kl}}{\partial t} = \dot{u}_{kl}(p, u, v) \quad \frac{\partial v_{kl}}{\partial t} = \dot{v}_{kl}(p, u, v)$$

$$p_{kl}^n = p_{kl}(n\tau) \quad \frac{\partial p_{kl}^n}{\partial t} = \frac{p_{kl}^{n+1} - p_{kl}^{n-1}}{2\tau}$$

$$p_{kl}^{n+1} = p_{kl}^{n-1} + 2\tau \dot{p}_{kl}(p^n, u^n, v^n)$$
$$p_{kl}^1 = p_{kl}^0 + \tau \dot{p}_{kl}(p^0, u^0, v^0)$$

Algorithme général

- initialiser $M, N, P, P', f, \delta, \tau$
- allouer les tableaux nécessaires (de taille au moins $(M+2) \times (N+2)$ à cause des cellules fantômes) : (u, v, p) doit être alloué en deux exemplaires $(u_{kl}^{n-1}, v_{kl}^{n-1}, p_{kl}^{n-1})$ et $(u_{kl}^n, v_{kl}^n, p_{kl}^n)$, les autres champs en un seul exemplaire
- initialiser $(u_{kl}^0, v_{kl}^0, p_{kl}^0)$, périodiser selon (16) et sauver
- calculer $(\dot{u}_{kl}^0, \dot{v}_{kl}^0, \dot{p}_{kl}^0)$ selon (4-13)
- calculer $(u_{kl}^1, v_{kl}^1, p_{kl}^1)$ selon (15) et périodiser
- exécuter la boucle temporelle calculant par récurrence $(u_{kl}^n, v_{kl}^n, p_{kl}^n)$ selon (14) pour $n = 2 \dots P$ en sauvant lorsque n est un multiple de P' .
- libérer les tableaux alloués

Parallélisme

Beaucoup de parallélisme évident

rapport calcul/données faible => difficile d'exploiter le GPU

Pour aller plus loin

The Dynamics of Finite-Difference Models of the Shallow-Water Equations

[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1975\)032\%3C0680:TDOFDM\%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1975)032\%3C0680:TDOFDM\%3E2.0.CO;2)

Proposition de stage de recherche

Modélisation massivement parallèle du climat

http://www.lmd.polytechnique.fr/~dubos/Opp/2010/sujet_stage_recherche_X2007.pdf