# Représentation de l'hétérogénéité de couche limite due aux courants de densité

Jean-Yves Grandpeix, Catherine Rio, L.M.D./I.P.S.L.

Nicolas Rochetin, Romain Roehrig, CNRM

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère, 19 - 25 Janvier 2015; Toulouse

# Introduction

In the LMDZ GCM, moist convection is represented by a set of three parametrizations, namely the thermal scheme (representing boundary layer thermals), the wake scheme (representing density currents) and the Emanuel scheme (representing deep convection); the first two parametrizations are coupled with the convective scheme through two variables, the ALE (Available Lifting Energy, used in the convective trigger) and the ALP (Available Lifting Power, used in the convective closure). This set of parametrizations coupled through the ALE/ALP system made it possible to improve largely the simulation of the diurnal cycle of convection over land and of its variability over ocean (Rio et al., 2009, Rio et al., 2012).

Up to now the boundary layer EDMF scheme is called for the average temperature and humidity profiles, which leads to various deficiencies:

- Technical problem: the off-wake atmosphere is often absolutely unstable.
- •The interaction of cold pools with surface fluxes is not represented.
- The Thermal scheme is strongly inhibited as soon as wakes appear, which is incompatible with observations and leads to a lack of low level clouds.

We expect that splitting the boundary layer between the wake and the off-wake regions will bring more reasonable profiles and improve the low level cloud cover.





Mali, August 2004 F. Guichard, L. Kergoat

# **Simulated wake properties**

# Λ

# HAPEX92: 21 Aug 1992 squall line case



# TOGA-COARE: 22 Feb 1993 squall line case



# Structure générale

Deux sources d'hétérogénéité de la couche limite atmosphérique dans une maille de GCM :

- Chaque maille du GCM  $\longrightarrow$  quatre sous-surfaces potentielles :

### Océan, glace de mer, continent, glaciers

Processus internes à chaque sous-surface  $\longrightarrow$  modèle spécifique (modèle d'océan, modèle de banquise ...)

Traitement séparé de la couche limite atmosphérique au-dessus de chaque sous-surface. Les autres paramétrisations "voient" l'atmosphère moyenne.

 Les courants de densité se développent et se déplace au-dessus des sous-surfaces; l'atmosphère est très stratifiée dans les poches froides et neutre ou convective à l'extérieure;

Résultat : potentiellement **huit** structures de couche limite par maille  $[\theta(z), q(z), TKE(z), \phi_{sens}(z), \phi_{lat}(z)].$ 

### Couplage Surface-Atmosphere

(Equations pour la chaleur ; équations similaires pour l'humidité)

Nous supposons que les poches froides se déplacent rapidement sur les diverses sous-surfaces de sorte que la température de surface est homogéne sur chaque sous-surface.

The wakes are supposed to move rapidly above the various sub-surfaces so that surface temperature is homogeneous over each subsurface.

### Interface variables for the atmosphere :

- $\phi^w_i$  , surface heat flux between sub-surface (i) and wake atmospheric column.
- $\phi_i^x$  , surface heat flux between sub-surface (i) and off-wake atmospheric column.

### Interface variables for sub-surface (i):

- $T_i^a$  at beginning of time-step, a temperature such that the surface flux  $\phi_i$  is related to the surface temperature  $T_{s,i}$ by  $\phi_i = K_i C_p (T_i^a - T_{s,i})$ .
- $K_i$ : exchange coefficient at the surface.
- Coefficients  $A_i$  and  $B_i$  such that the linear relationship between  $T_i^a$  and  $\phi_i$  implied by the atmospheric column reads  $T_i^a = (1/C_p)(A_i + B_i\phi_i\Delta t)$ .

### Surface-Atmosphere coupling 2

### Model equations

In each column (w,i) and (x,i), the atmospheric model yields a linear relation between temperature  $T_1$  at first level and surface flux  $\phi$ :

$$\begin{cases}
T_{1,i}^w = \frac{1}{C_p} \left( A_i^w + B_i^w \phi_i^w \Delta t \right) \\
T_{1,i}^x = \frac{1}{C_p} \left( A_i^x + B_i^x \phi_i^x \Delta t \right)
\end{cases}$$
(1)

At each interface (w,i) and (x,i), surface exchange laws yield :

$$\phi_{i}^{w} = K_{i}^{w}C_{p} (T_{1,i}^{w} - T_{s,i}) 
\phi_{i}^{x} = K_{i}^{x}C_{p} (T_{1,i}^{x} - T_{s,i})$$
(2)

Coupling with sub-surface :

$$\begin{cases} \phi_i = \sigma_w \phi_i^w + (1 - \sigma_w) \phi_i^x = \phi_i^x + \sigma_w \delta \phi_i \\ T_i^a = \frac{1}{C_p} (A_i + B_i \phi_i \Delta t) \\ \phi_i = K_i C_p (T_i^a - T_{s,i}) \end{cases}$$
(3)

(for any variable  $y : \delta y = y^w - y^x$ )



### Surface-Atmosphere coupling 3

### Solving

From atmosphere to sub-surfaces :

$$\begin{cases} K_i^a = K_i^x + \sigma^w \,\delta K_i \\ T_i^a = T_{1,i}^x + \sigma^w \frac{K_i^w \,\delta T_{1,i}}{K_i} \end{cases}$$
(4)

$$K_{i}^{'w} = \frac{K_{i}^{w}}{1 - B_{i}^{w}K_{i}^{w}\Delta t}$$

$$(5)$$

$$\begin{cases}
K_i'^x = \frac{K_i^x}{1 - B_i^x K_i^x \Delta t} \\
\begin{cases}
K_i' = K_i'^x + \sigma^w \,\delta K_i' \\
A_i^a = A_i^x + \sigma^w \frac{K_i'^w \,\delta A_i^w}{K_i'}
\end{cases} (6) \\
B_i^a = B_i^x + \sigma^w B_i^x \frac{\delta K_i}{K_i} (1 + \frac{K_i'^w}{K_i'}) + \sigma^w \frac{K_i'^w K_i^w}{K_i' K_i} \delta B_i
\end{cases}$$

(7)

From sub-surfaces to atmosphere :

$$\begin{cases} \delta \phi_i = \frac{K'_i W K'_i \delta A_i + \phi_i \delta K'_i}{K'_i} \\ \phi_i^w = \phi_i + (1 - \sigma^w) \delta \phi_i \\ \phi_i^x = \phi_i - \sigma^w \delta \phi_i \end{cases}$$
(8)





Q1\_cv (shaded) & Q1\_th (contour)







![](_page_12_Figure_0.jpeg)

### Conclusion et perspectives

Le traitement séparé des couches limites internes et externes aux poches froides a apporté quelques améliorations attendues :

- Poches moins froides et plus épaisses.
- thermiques plus actifs en général

Beaucoup d'études et réglages restent à faire :

- Comportement des thermiques et de la convection profonde à étudier et à améliorer.
- L'impact sur les flux de surface demande la prise en compte des rafales (voir la présentation d'Alina Gainusa-Bogden).
- Représentation de l'hétérogénéité de  $T_s$  : travail en cours.

### Perspectives plus générales :

Le traitement séparé de (w) et de (x) ouvre la possibilité de représenter la naissance de nouvelles colonnes convective dans (x) (Cf. Tompkins et les études LES récentes).