

# Schéma de convection PCMT : Prognostic Condensates Microphysics and Transport

*Jean-Marcel Piriou, Jean-François Guérémy.*

*Ateliers de Modélisation, Toulouse, 22 janvier 2013.*



- **Motivation**
- **Principes généraux**
- **Equations**

# Motivation de PCMT pour ARPEGE - ALADIN

- **Plus d'intermittence des précipitations convectives.**
- **Cycle diurne de la convection retardé.**
- **Réduction des biais froids tropicaux en haute troposphère.**
- **Effet sur les cyclogénèses secondaires intempestives. Améliorer les prévisions en vent.**

- Equations pronostiques pour  $q_l$ ,  $q_i$ ,  $q_r$ ,  $q_s$ ,  $w$  (nouveau).
  - Cohérence avec partie résolue : mêmes  $q_l$   $q_i$   $q_r$   $q_s$ , appel de la même microphysique (nouveau).
  - Entraînement-déentraînement convectif  $\leftrightarrow$  résolu symétrique (nouveau).
- Séparation microphysique – transport MT (Piriou 2007).
- Ascendance mixte (sec – pseudo adiabatique humide) et flux de transport type (Guérémy 2011).
- Transport vertical de  $q_{lc}/q_{ic}$  via algorithme statistique d'Yves Bouteloup (nouveau).
- Plusieurs formulations de fermeture et entraînement-déentraînement codées. Downdrafts diagnostiques.

# Equations PCMT

- Dans PCMT (Prognostic Condensates Microphysics and Transport) 5 variables pronostiques:
- $w_u, q_{lc}, q_{ic}, q_{rc}, q_{sc}$ .

updraft	downdraft	environnement
$\alpha_u$	$\alpha_d$	$1 - \alpha_u - \alpha_d$
$w_u$	$w_d$	$\frac{-\alpha_u w_u - \alpha_d w_d}{1 - \alpha_u - \alpha_d}$
$q_{lc}$	$q_{lc}$	$q_{lr}$
$q_{rc}$	$q_{rc}$	$q_{rr}$

## Eau liquide convective (glace)

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} \overline{q_{lc}} &= \text{Advec}(\overline{q_{lc}}) \\ &\quad - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho [\alpha_u w_u + \alpha_d w_d] q_{lc} \\ &\quad + (E_u + E_d) q_{lr} - (D_u + D_d) q_{lc} \\ &\quad + \text{CondensEvap}_c - \text{AutoconvColl}_c + \text{MeltingIcing}_{lc}\end{aligned}$$

## Eau liquide résolue + Smith (glace)

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} \overline{q_{lr}} &= \text{Advec}(\overline{q_{lr}}) \\ &\quad - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho [-\alpha_u w_u - \alpha_d w_d] q_{lr} \\ &\quad - (E_u + E_d) q_{lr} + (D_u + D_d) q_{lc} \\ &\quad + \text{CondensEvap}_r - \text{AutoconvColl}_r + \text{MeltingIcing}_{lr}\end{aligned}$$

## Pluie convective (neige)

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} \overline{q_{rc}} &= \text{Advec}(\overline{q_{rc}}) \\ &\quad - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho [\alpha_u (w_u + w_s) + \alpha_d (w_d + w_s)] q_{rc} \\ &\quad + (E_u + E_d) q_{rr} - (D_u + D_d) q_{rc} \\ &\quad + \text{AutoconvColl}_c - \text{Evap}_{rc} + \text{MeltingIcing}_{rc}\end{aligned}$$

## Pluie résolue + Smith (neige)

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} \overline{q_{rr}} &= \text{Advec}(\overline{q_{rr}}) \\ &\quad - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho [-\alpha_u w_u - \alpha_d w_d + (1 - \alpha_u - \alpha_d) w_s] q_{rr} \\ &\quad - (E_u + E_d) q_{rr} + (D_u + D_d) q_{rc} \\ &\quad + \text{AutoconvColl}_r - \text{Evap}_{rr} + \text{MeltingIcing}_{rr}\end{aligned}$$

**Vitesse verticale issue de Gu er emy (Tellus 2011)  
(convection peu profonde et profonde)**

$$\frac{\partial \omega_c}{\partial t} = -\frac{1}{2} \frac{\partial \omega_c^2}{\partial p} - \frac{\rho g^2}{(1 + \gamma)} \frac{(T_{vc} - \bar{T}_v)}{\bar{T}_v} + \left( \frac{\varepsilon_t}{\rho} + \varepsilon_o + K_d \right) \omega_c^2 ;$$

# Equations PCMT: entraînement et déentraînement

- **Guérémy (Tellus 2011) : E et D organisés, E et D turbulents fonction de la vitesse verticale convective.**
- **E et D organisés, entraînement et déentraînement turbulents dépendants du déficit de saturation.**
- **Rio et al (BLM 2010)**
- **Piriou (JAS 2007)**
- **ECMWF – IFS (inspiré de Bechtold)**
- **...**

# Equations PCMT : fermetures

- Fermeture type Guérémy (Tellus 2011) :

$$(1) \quad \left( \frac{\partial CAPE}{\partial t} \right)_c = -\frac{CAPE}{\tau}, \quad \tau = f_\tau(\text{resolution}) \frac{\left( \int_t^b dp \right)^2}{\int_t^b |\omega_c| dp}.$$

$$(2) \quad \left( \frac{\partial CAPE}{\partial t} \right)_c = -R_d \int_t^b \left( (1 + 0.608 \bar{q}) \left( \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} \right)_c + 0.608 \bar{T} \left( \frac{\partial \bar{q}}{\partial t} \right)_c \right) \frac{dp}{p},$$

Suite à (2), (1) devient linéaire en alpha, d'où le calcul de alpha

- Fermeture dépendante du déficit de saturation :  
alpha à la base fonction affine du déficit de saturation, entre 1 % et 3 %.

## Schéma de convection PCMT - Résumé

- **Un schéma de convection a été écrit, code commun en PNT et Climat.**
- **Met l'accent sur la microphysique pronostique : cohérence entre calcul microphysique sous-maille et calcul résolu, transport conservatif entre partie résolue et sous-maille.**
- **Plusieurs fermetures et entraînement disponibles.**

Fin

# Equations

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_i \alpha_i \psi_i = - \frac{\partial}{\partial z} \rho_i \alpha_i w_i \psi_i + \rho_i (E_i \psi_e - D_i \psi_i + \alpha_i T_{\psi_i})$$

- **$i=1,n$ : updraft, downdraft, ..., environment.**
- **psi: T, u, v, w, qv, ql, qi, qr, qs, etc.**
- **=> would x 3 memory and computation time, advection => simplify**

## Equations PCMT : eps/delta and active fraction

$$d = \frac{\int_{2.5km}^{4.5km} (q_{sat} - q_v) \frac{dp}{g}}{\int_{2.5km}^{4.5km} \frac{dp}{g}}$$

$$r = GREMIN + (GREMAX - GREMIN) \cdot \frac{d - GSDMIN}{GSDMAX - GSDMIN}$$

$$\begin{cases} \epsilon = \epsilon_t + \epsilon_o = r (1.1 \cdot 10^{-3} + \chi_0^2 \left| \frac{1}{w} \frac{\partial w}{\partial z} \right|) \\ \delta = \delta_t + \delta_o = r (1.1 \cdot 10^{-3} + (1 - \chi_0)^2 \left| \frac{1}{w} \frac{\partial w}{\partial z} \right|) \end{cases}$$

$$\alpha = GALMIN + (GALMAX - GALMIN) \cdot \frac{GSDAMAX - d}{GSDAMAX - GSDAMIN}$$