

# Mini-projet dynamique atmosphérique

Cours M2 Modélisation numérique, Frédéric Hourdin

13 février 2026

## 1 Le modèle à 20 paramètres

Ce TD se base sur une version simplifiée du modèle de circulation générale atmosphérique du LMD, LMDZ. Dans ce modèle, le cœur dynamique de LMDZ est couplé avec une version ultra-simplifiée du calcul du transfert radiatif, un modèle de conduction thermique dans le sol, un modèle de couche limite atmosphérique en diffusion turbulente basé sur une équation prognostique de l'énergie cinétique turbulente et enfin un ajustement convectif sec. Ce modèle est décrit plus en détail en anglais à la fin de l'énoncé.

## 2 installation

On se basera pour l'installation du modèle sur les commandes suivantes.

Voici les principales instructions pour installer le modèle LMDZ pour le mini-projet.

Si le répertoire EnseignementLMDZ n'est pas installé :

```
git clone https://lmdz-forge.lmd.jussieu.fr/Git/fhourdin/EnseignementLMDZ.git
cd EnseignementLMDZ
```

S'il est déjà installé et qu'il faut faire des mises à jour :

```
cd EnseignementLMDZ
git pull origin master
```

Pour voir les options de la commande `exemples.sh` :

```
./exemples.sh --help
```

Pour réaliser efficacement ce projet, il faut utiliser la version parallèle du modèle.

Pour ce faire, il faut installer le modèle avec la commande :

```
./exemples.sh --grid 64x64x39 --parallel 1 --config SimplePhysics
```

Ne pas hésiter à faire des tests de sensibilité à la résolution en installant par exemple

```
./exemples.sh --grid 96x95x19 --parallel 1 --config SimplePhysics
```

ou

```
./exemples.sh --grid 32x32x19 --parallel 1 --config SimplePhysics
```

Ce script va :

1. installer le modèle en version parallèle sur le répertoire LMDZpar si ce n'est pas encore fait.
2. créer une version alternative des sources de la physique contenue dans phylmd. Ces nouveaux sources sont dans ...
3. lancer une simulation 3D et une simulation 1D de test avec ce modèle dans SimplePhysics\_64x64x39.

Pour lancer une première simulation :

```
./compile.sh # doit creer gcm.e
mkdir SIM1
cp gcm.e SIM1/
cd SIM1
wget http://www.lmd.jussieu.fr/~hourdin/COURS/UTILS/param.def.tar
tar xvf param.def.tar
cp ../BENCH64x64x39/run_local.sh .
./run_local.sh 4 2 gcm.e # Lancement en parallele avec 4 processeur mpi et 2 omp
```

Ce modèle dépend au bout du compte d'une 20 aine de paramètres qui peuvent être modifiés pour aborder des configurations planétaires différentes.

Rappeler pourquoi ce modèle contient des ingrédients essentiels à la représentation de la circulation générale atmosphérique.

### 3 Fichiers de sortie

Il y a deux types de fichiers que vous pouvez sortir.

**Le fichier phys.nc contenant des états instantannés.** La fréquence des sorties est contrôlée par le paramètre `period\_sort` (en jours) dans `planete.def`.

**Des fichiers moyennés en temps.** La période est donnée par `periodav` (en jours également) dans `run.def` Et là encore, deux types de fichiers moyens.

— Des fichiers 4D (x,y,z,t) :

```
dyn_hist_ave.nc : pression de surface et geopotentiel
dyn_histu_ave.nc : vent zonal
dyn_histv_ave.nc : vent méridien
```

les composantes du vent sont sorties sur leur grille décalée.

— Des fichier 3D (y,z,t) contenant des moyennes zonales des champs et de termes de décomposition du transport méridien moyen de différents grandeurs (température, quantité de mouvement zonale, énergie, traceurs) ainsi que des fonctions de courant (`psi`) associés. Le fichier : `dynzon.nc` Pour une variable X :

```
TOTvX : transport total
MMCvX : circulation méridienne moyenne
TRsvX : circulation transitoire
STNvX : circulation stationnaire.
psiX : fonction de courant du transport moyen.
```

Pour sortir ces fichiers il faut aussi dans `run.def` :

```
ok_dynzon=y
ok_dyn_ave=y
```

## 4 Evaluation du réalisme du modèle

Mettre en place une ou des configurations permettant d'évaluer la pertinence d'un tel modèle pour représenter certains aspects du climat terrestre (ex : extension et intensité des cellules de Hadley, existence et caractérisation des ondes baroclines, cycle saisonnier ou contraste latitudinal des températures, ...).

## 5 Expérience de sensibilité

On essaiera de mettre en place quelques expériences de sensibilité permettant d'explorer des configurations planétaires différentes en termes notamment des paramètres déterminants les caractéristiques des ondes baroclines.

On analysera le changement de comportement des ondes dans ces différentes simulations (spectre, intensité, ...).

## 6 Evaluation du transport par les ondes baroclines

A partir de traceurs idéalisés de l'écoulement atmosphérique, obéissant à l'équation

$$\frac{\partial \rho q}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{v} q) = \frac{q_r(\phi) - q}{\tau} \quad (1)$$

avec  $q_r(\phi) = 1 + \cos \phi$  où  $\phi$  est la latitude, on essaiera de diagnostiquer l'intensité du transport par les ondes à partir du rapport entre le terme de transport méridien par les ondes  $\overline{v'q'}$  et du gradient latitudinal de  $q$ . On essaiera éventuellement de regarder la même chose pour la température potentielle et le vent zonal.