

Annexes techniques des mini projets M2

13 février 2026

1 EnseignementLMDZ sous git

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
```

2 La mise en place d'expériences numériques avec `exemples.sh`

Pour les options `--config` parmi `clim|slab|terra|aqua`, la commande `exemples.sh` permet de mettre en place typiquement une simulation de référence, qu'on pourra éventuellement accompagner de tests de sensibilité. En pratique, cette commande à (partir du répertoire TUTORIAL) crée un répertoire `config_IMxJMxLM` et :

1. crée un état initial (`start.nc` et `startphy.nc`) et des conditions initiales (`limit.nc`) sur le répertoire INITIAL. On peut visualiser la grille contenue dans `grilles_gcm.nc` and lançant le script `grille.jnl` sous `ferret` ou tout équivalent.
2. lance automatiquement une première simulation de quelques jours dans le sous-répertoire SIMU1. Cette simulation permet de contrôler que les fichiers de démarrage ont bien été créés et que la simulation peut tourner un certain nombre de jours sans planter.
3. crée enfin un répertoire PROD0 qui va permettre d'enchaîner automatiquement des simulations mensuelles pendant quelques mois ou plusieurs années.

Pour exécuter de telles simulations, il est fortement conseillé de commencer par dupliquer ce répertoire

```
cp -r PROD0 CTL
cd CTL
./enchaine.sh > out 2>&1 &
```

Le nom CTL n'est pas choisi au hasard. Il désigne une simulation de contrôle sur laquelle pourront être décliné des tests de sensibilité.

Avant de lancer la commande `enchaine.sh`, vous pouvez l'éditer pour changer par exemple la variable `stopsim=200101` par défaut. Avec cette valeur, la simulation qui commence par défaut le 1er janvier 2000, s'arrête avant le mois de janvier 2001.

Vous pouvez aussi changer les valeurs de certains paramètres dans les fichiers `*.def` contenus dans le répertoire CTL/DEF.

En pratique, chaque mois de simulation s'exécute sur des répertoires temporaires WD* (qui peuvent être détruit a posteriori). Les fichiers `start*` et `hist*` sont rapatriés sur EXP1. Le fichier `etat` contient l'information sur les mois faits ou à faire.

On peut lancer une nouvelle simulation à partir de la fin de la précédente. Par exemple si la simulation CTL a fait une année, on peut créer une expérience EXP1 :

```
cp -r PROD0 EXP1
cd EXP1

# cree un fichier etat avec la ligne indiquant le mois a executer
cat > etat <<eod
200101 affaire
eod

# pointe sur les start et startphy de cette simulation
ln -s ../CTL/start.200101.nc .
ln -s ../CTL/startphy.200101.nc .
```

Bien sûr il faut prolonger la simulation CTL sur la même période pour s'y référer.

Quand faut-il relancer la commande `exemples.sh` ? Si vous voulez mettre en place une nouvelle configuration (choix différent de l'option `--config`).

Eventuellement aussi par souci de clarté si vous voulez lancer une nouvelle série de simulations avec un nouveau contrôle. Mais vous pouvez aussi gérer ça avec un CTL2 dans le répertoire `config_IMxJMxLM` existant.

3 Guidage en vent

Le modèle peut être guidé en vent (et éventuellement en température et humidité) pour forcer la situation synoptique à suivre la situation observées.

Le guidage consiste à rajouter un terme de relaxation vers les réanalyses X_{rea} aux tendances du modèles $M(X)$, disponibles toutes les 6 heures (on interpole linéairement ces champs à chaque pas de temps du modèle), avec une constante de temps τ :

$$\frac{\partial X}{\partial t} = M(X) + \frac{X_{rea} - X}{\tau} \quad (1)$$

En imposant ainsi la circulation à grande échelle, on se concentre sur l'impact des paramétrisations physiques et on limite le caractère chaotique de l'écoulement, et donc la nécessité de réaliser des grands ensembles de simulations pour avoir des résultats statistiquement significatifs.

Le guidage peut être activé pour les `config clim` et `slab`¹ distribuées avec `./exemples.sh`.

Avec le fichier `guide.def` proposé par défaut on guide les deux composantes horizontales du vent avec une constante de temps de 6 heures en dehors du zoom et 10 jours à l'intérieur. Avec ces guidage, c'est un peu comme si on forçait la circulation à l'extérieur du zoom et qu'on la laissait libre à l'intérieur.

En pratique, pour faire fonctionner le guidage il faut :

1. disposer des fichiers de guidage `u.nc` et `v.nc`
2. ajouter une ligne `INCLUDEDEF=guide.def` dans `run.def`
3. Utiliser un calendrier "vrai" pour que les mois aient la bonne longueur

La création des fichiers de guidage doit se faire préalablement avec le script `get_era.sh`. Pour lancer la récupération/interpolation

```
./get_era.sh 200001
```

pour le mois de janvier 2000, ou, pour toute l'année 2000 :

```
year=2000
for ym in $( seq ${year}01 ${year}12 ) ; do ./get_era.sh $ym ; done
```

² Les fichiers sont stokés sur le répertoire `GUIDAGE/2000` dans ce cas.

Le reste est pris en charge par l'option `nudging=1`, à changer en dur dans `enchaine.sh`.

On utilise le guidage classiquement avec Deux objectifs assez différents :

climat régional : c'est la configuration par défaut. On contraint fortement le modèle à l'extérieur du zoom mais on le laisse quasiment libre à l'intérieur. Cette utilisation est proche d'un modèle à aire limité.

études physiques à dynamique contrainte : , en mettant les mêmes constantes de guidage à l'intérieur et à l'extérieur du zoom. Typiquement 1 jour. Le modèle ainsi guidé suit les situations synoptiques même à l'intérieur du zoom, ce qui permet de travailler sur la physique de la "colonne atmosphérique" et son couplage avec la surface par exemple, à dynamique imposée, réduisant ainsi le caractère chaotique des simulations.

4 Le modèle bucket pour les surfaces continentales

Le modèle d'hydrologie est utilisé Les variables `qsol0` et `qsolnp` contrôlent l'évaporation dans un modèle d'hydrologie de surface dit « bucket » ou saut d'eau. Le réservoir en eau du sol se remplit en fonction du bilan entre précipitation et évaporation :

$$dh/dt = PE \quad (2)$$

où q est en mm d'eau (kg/m^2). Si $h > 150\text{mm}$ on suppose que l'eau ruisselle ailleurs. L'évaporation elle même s'exprime en fonction de l'évaporation potentielle (celle d'une surface d'eau libre dans les mêmes conditions) et un coefficient d'aridité β :

$$E = rCd||V||\beta[q_{\text{sat}}(T_s) - q_{\text{air}}] \quad (3)$$

1. Il fonctionnerait aussi pour `aqua` et `terra` mais pas évident de voir à quoi l'utiliser.

2. La commande `set 200001 200012` crée la séquence de nombres "200001 200002 ... 200012", et `$( commande )` renvoie le résultat de la commande.

où le coefficient d'aridité est 1 pour $h > 75$ mm et décroît pour des valeurs plus faibles, limitant l'évaporation pour manque de disponibilité en eau :

$$\beta(h) = \min(h/75mm, 1) \quad (4)$$

qsolinp est la valeur initiale de h et **qso10** une valeur imposée tout au long de la simulation. Si **qsol0** n'est pas donné, alors h évolue sous l'effet de la précipitation et de l'évaporation.