

Mini-projet contrôle de la formation de la banquise Arctique par les paramétrisations atmosphériques

Cours M2 Modélisation numérique, Frédéric Hourdin

12 février 2021

1 Positionnement du sujet

L'accumulation de glace sur la banquise dans la nuit polaire est contrôlée par le refroidissement de la surface, notamment radiativement. Ce refroidissement radiatif est en partie compensé par un chauffage par l'atmosphère. Le couplage entre l'atmosphère et la surface se fait par turbulence (flux sensibles) et rayonnement (dans l'infra-rouge thermique). Une fois la banquise formée, la glace continue à se former par en dessous, à l'interface avec l'océan, pour compenser le refroidissement de la surface, transmis par conduction au travers de la glace.

Le dégagement de chaleur latente lors de la condensation de l'eau permet de maintenir l'eau à l'interface avec la glace à une température de -2°C environ.

Dans ce mini-projet, on s'intéresse à la formation de banquise en hiver sous trois aspects :

2 Un modèle d'épaississement de la glace forcé par les flux atmosphériques

On développera tout d'abord sous matlab ou python un petit modèle à deux couches (neige et glace) de banquise en suivant la description données par Martin Vancoppenolle. Ce modèle sera alimenté par des flux radiatif et turbulents provenant du modèle LMDZ.

3 Sensibilité des flux de surface à la physique atmosphérique

2/ On regardera comment différents choix dans la physique atmosphérique peuvent moduler les flux de surface. On s'intéressera en particulier au paramètre 'ffallv_lsc/con' appliqué à la vitesse de chute des cristaux de glace. Ce facteur est appliqué sur une formule théorique de vitesse terminale de chute, et peut rendre compte des incertitudes sur les vitesses de chutes effectives dans les modèles. Augmenter ce facteur accroît le principal puits d'eau (à la fois vapeur et nuageuse) et tend donc à réduire l'effet de serre dans la nuit polaire. On pourra également modifier la plage de température sur laquelle on admet la coexistence de glace et d'eau liquide dans les nuages. En effet, la glace étant plus difficile à former que l'eau liquide, les cristaux sont souvent formés à partir de gouttes d'eau, et on peut donc observer de la persistance d'eau liquide jusqu'à des températures de -30 ou -40°C . Dans le modèle, cette température minimum de persistance de phase mixte liquide/solide est contrôlée par le paramètre `t_glace_min`. On testera pour finir de changer un seuil minimum sur la longueur de mélange de la turbulence. Ce seuil, appelé `lmixmin`, est à choisir typiquement entre 0.1 et 10 m. Plus la valeur est élevée et plus on maintient de transfert turbulent entre l'atmosphère et la surface dans la nuit polaire.

On pourra effectuer ces tests à la fois en mode libre, et en mode guidé par les "réanalyses" du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme ERAI. Pilotage par le fichier `guide.def` à récupérer en même temps que les fichiers de guidage 'u.nc' et 'v.nc' sur

Il faut ajouter la ligne

```
INCLUDEDEF=guide.def
```

dans 'run.def'. On peut alors activer ou non le guidage à partir de guide.def avec la clé

```
ok_guide=y/n
```

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 :

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

Avec le 'guide.def' proposé on guide les deux composantes horizontales du vent avec une constante de temps de 3 heures.

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.

4 Calcul interactif de l'épaississement de la glace dans LMDZ

Dans la troisième partie, on codera dans le modèle LMDZ un modèle simplifié de formation de banquise, déduit de la question 1. Ce codage s'effectue dans le module 'surf_seaice_mod.F90'. Ce sous-programme étant appelé sur une restriction de la grille à la sous-surface 'glace' les sorties doivent s'effectuer avec une procédure particulière. Pour cela, il faut ajouter dans 'physiq_mod.F90' après la ligne

```
IF (debut) THEN
```

l'appel à l'initialisation des sorties :

```
CALL iophys_ini
```

Puis, pour sortir une variable (par exemple le flux ondes longues (LW pour long-wave) à la surface, on appellera dans 'surf_seaice' :

```
CALL iophys_ecrit_index('SW',klev,'SW','W/m2',knon,knindex,swnet)
```

Il faut pour se faire récupérer une version modifiée de iophys.F90 disponible sur

<http://www.lmd.jussieu.fr/~hourdin/COURS/MINI/>

Le modèle ainsi modifié permettra de calculer en direct l'impact de changement de physique atmosphérique sur l'épaississement de la glace l'hiver.

Cet épaississement doit faire typiquement un bon mètre pour permettre à la glace formée de ne pas être complètement détruite l'été suivant. On pourra se contenter de regarder cet épaississement sur le premier mois (un mois de Janvier).