
TP-2: Le chauffage de l'océan.

Le but de ce TP est de calculer la variation annuelle de la surface de l'océan, et calculer le le profil vertical de température correspondant. Vos points de départ sont:

1. Le modèle RSPF de la Figure 2.6, avec lequel vous avez déjà travaillé à la partie 3 du TP1. Vos codes tu TP1 pourront être ré-utilisés, youpi !
2. La section 4.2, expliquant comment calculer la moyenne journalière de l'irradiance au sol en fonction du jour de l'année.

1. Développements préliminaires

Votre première tâche sera de calculer une séquence temporelle réaliste pour l'irradiance journalière moyenne au sol (\bar{Q} dans la notation de la §4.2) à la latitude de Montréal ($\phi = 45.5^\circ$). Pour ce faire vous devez écrire un petit bout de code qui calcule le membre de droite de l'équation (4.5). Toutes les infos nécessaires se retrouvent dans la section 4.2. Votre séquence temporelle correspond à une "tranche" horizontale de la Fig. 4.5 à latitude $\phi = 45.5^\circ$ couvrant une année. Vous pouvez la répliquer sur autant d'année que vous voulez, ce signal étant périodique, bien que non-sinusoidal (quoique pas si loin...).

Maintenant on passe au modèle RSPF du TP1, avec le terme source $S(t) \equiv \bar{Q}(t)$ que vous venez de calculer.

1. Généralisez votre modèle RSPF à 10 (oui 10!) couches, chacune d'épaisseur $d = 50$ m; vous simulez ainsi les premiers 500m des océans sous la surface;
2. Utilisez un temps caractéristique d'échange de chaleur $\tau = d^2/\kappa_T$, où $\kappa_T = 3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ est un coefficient de diffusivité thermique effective approprié aux couches superficielles des océans (on reviendra sur ça plus tard dans le cours);
3. Posez $T = 283 \text{ K}$ sur votre dernière couche (valeur tirée empiriquement de la Fig. 3.5 des notes de cours.). Cette valeur peut aussi être utilisée comme condition initiale pour la température de toutes vos couches.

Calculez une solution numérique, couvrant suffisamment d'années pour arriver à un état périodiquement stationnaire, comme au TP1. Maintenant, sur la base de vos résultats,

1. Calculez l'écart annuel min-max en température à chaque profondeur, et portez ça en graphique en fonction de la profondeur.
2. Le pic de température dans votre couche de surface se produit-il exactement au solstice d'été ? La valeur de cette température maximale vous semble-t-elle raisonnable, pour nos latitudes ?
3. Calculez la moyenne annuelle de la température dans chacune de vos couches. Portez ça en graphique en fonction de la profondeur.

4. Comment ce profil vertical se compare-t-il à celui de la Figure 3.5 des notes de cours

3. Un meilleur modèle physique des échanges thermiques (si le temps le permet).

L'utilisation d'une valeur de κ_T indépendante de la profondeur n'est pas une très bonne approximation ici. Comme on le verra plus tard dans le cours, cette diffusivité thermique effective est produite par une turbulence fluide. Dans le cas des couches océaniques, cette turbulence est propulsée par le gradient vertical de salinité, qui varie avec la profondeur (Fig 3.5 encore!). Il est possible d'incorporer cet effet dans le modèle en introduisant un κ_T qui décroît avec la profondeur; on se limitera ici à quelque chose comme

$$\kappa_T(z) = \frac{10^{-4}}{z} \quad [\text{m}^2 \text{s}^{-1}], \quad (1)$$

avec z en mètres.

Répétez votre calcul de la partie 2, en utilisant la prescription ci-dessus pour calculer τ pour chaque couche. Attention, la valeur de τ doit être calculée séparément pour chaque paire de couche, en utilisant le z correspondant à la frontière entre les couches; ceci est nécessaire car si deux couches ont la même température, il ne doit y avoir aucun flux thermique entre ces deux couches!

1. Ce modèle "amélioré" change-t-il significativement la variation annuelle de votre température de surface ?
2. Ce modèle "amélioré" change-t-il significativement votre profil vertical de température moyennée annuellement ?