

Question 1

En modélisant la source journalière de l'énoncé selon plusieurs latitudes, on obtient la figure 1.

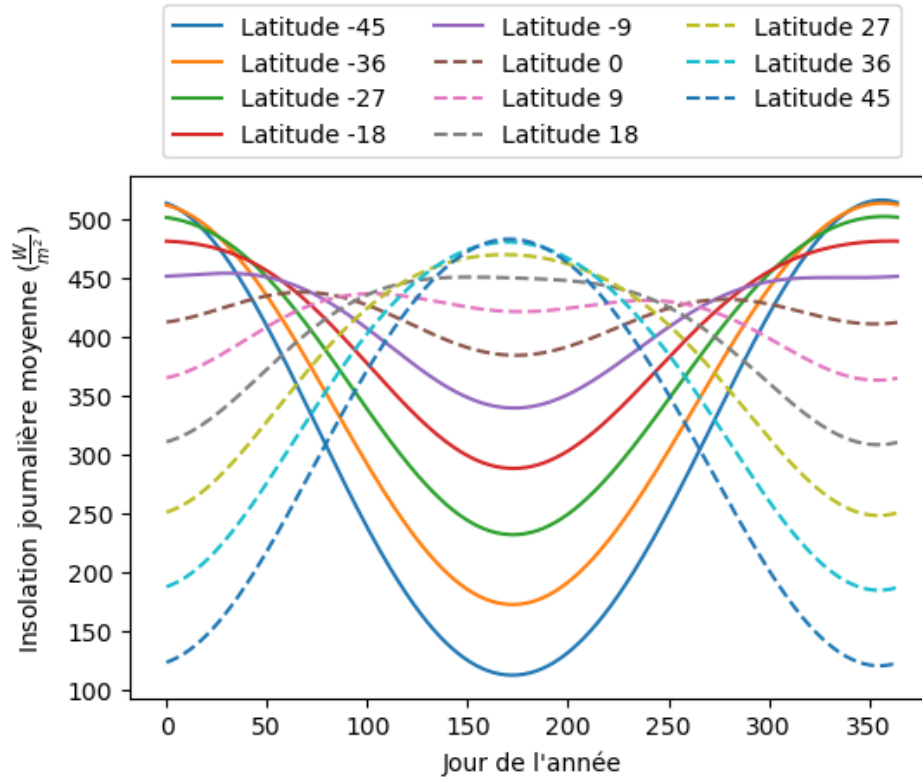


FIGURE 1 – Insolation journalière moyenne en fonction du jour pour plusieurs latitudes.

Cette figure est cohérente lorsqu'on l'analyse : Tout d'abord, à la latitude de Montréal (45.5°), on obtient une valeur maximale et minimale à l'année d'environ 121 et 483 W/m^2 , comme mentionné dans les notes de cours. De plus, lorsqu'on compare les latitudes ensemble, on remarque que plus qu'on est proche de l'équateur (0°), plus la saison hivernale est moins affectée par une insolation journalière diminuée. D'ailleurs, on remarque également la variation de la période hivernale entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud.

Sachant que la modélisation de la source fonctionne, on peut reprendre le code du TP1 et l'adapter pour qu'il puisse modéliser n couches de l'océan avec une température variable en profondeur. Lorsque la modélisation est bien faite, on observe que la température d'équilibre est légèrement plus basse et prend beaucoup plus de temps à atteindre plus on ajoute des couches.

Maintenant qu'on sait que notre modèle à n couches avec température en profondeur variable fonctionne pour la source du TP1, on a qu'à modifier le code pour qu'il prenne en argument la source du TP2. Le résultat est présenté dans la figure 2.

Logiquement, on arrive à une température finale équivalente pour toutes les couches puisque si on ne fixe pas la température en profondeur, la dernière couche va constamment perdre l'énergie qui lui est donné par les couches supérieures jusqu'à atteindre un équilibre

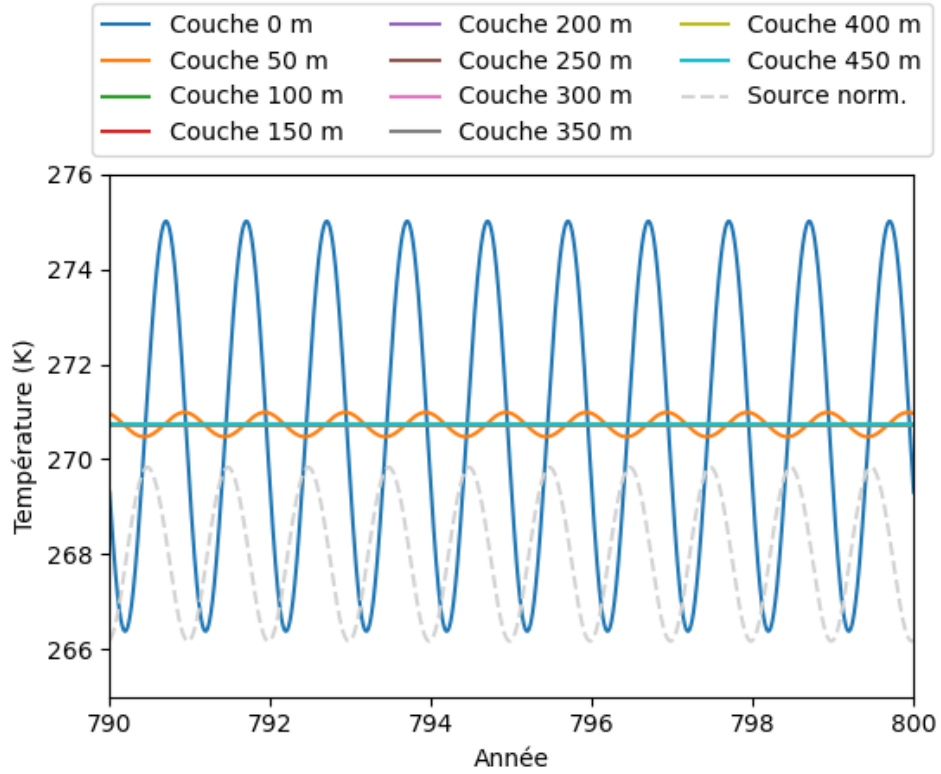


FIGURE 2 – Température en fonction de l’année pour le modèle avec couche en profondeur variable en température.

déterminé par la source. Si la température en profondeur est fixe, on obtient alors la figure 3.

Comparant la figure 2 à la figure 3, on peut faire plusieurs constats : Premièrement, les températures de la figure 3 sont toutes différentes et la température de surface de cette dernière est légèrement abaissée comparée à celle de la figure 2. Évidemment, la température de la couche la plus profonde est maintenue à 283 K. On peut regarder plus en détails le comportement de la température en fonction de la profondeur à la figure 4.

2)

On remarque ici que le comportement en fonction de la profondeur est linéaire, impliquant ainsi que ce comportement se maintiendrait peu importe le nombre de couches dans notre modèle : varier le nombre de couches n’affecterait que la température d’équilibre (plus de couches implique une température d’équilibre plus faible pour la latitude 45.5°) et retarderait/accélérerait l’atteinte à l’équilibre (ajouter des couches rend l’atteinte à l’équilibre plus long).

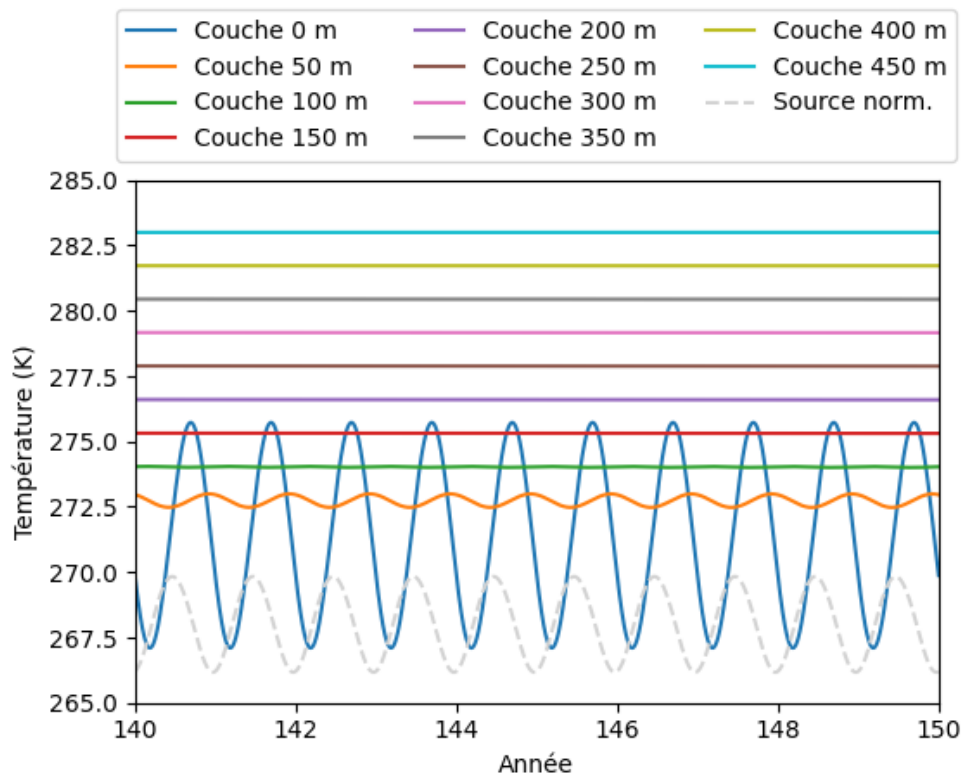


FIGURE 3 – Température en fonction de l'année pour une diffusivité fixe et une température de profondeur de 283 K.

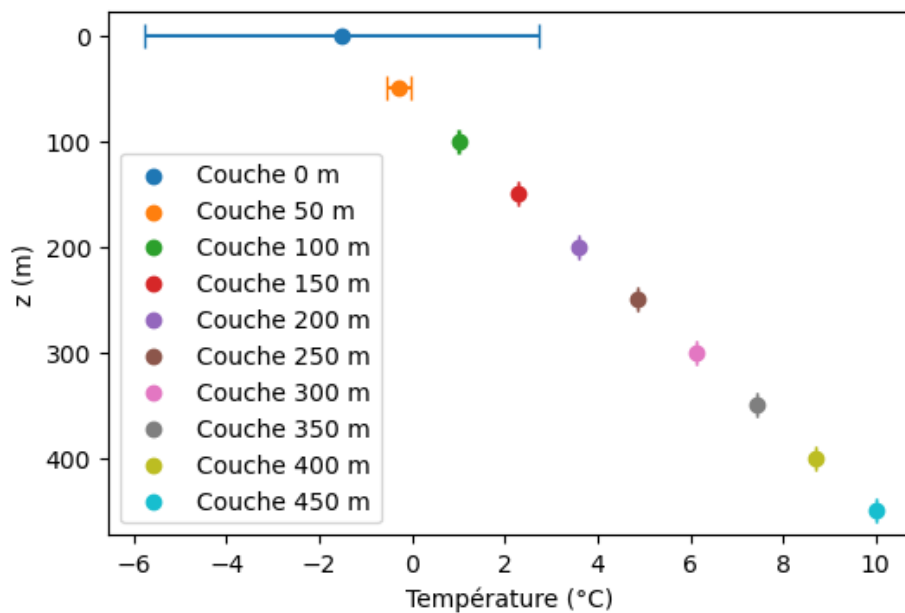


FIGURE 4 – Profondeur en fonction de la température pour la latitude 45.5° avec une température de profondeur de 283 K et une diffusivité fixe.

1), 3), 4)

En réponse aux 3 autres sous-questions de la question 1, on remarque d'abord que la température varie significativement plus à l'équilibre pour les couches de surface plutôt que les couches de profondeur (tel qu'indiqué par les barres d'erreurs de la figure 3). Diminuer l'épaisseur des couches affecterait cette variabilité en l'augmentant plus on s'approche de la surface. En comparant à la figure 3.5 des notes de cours, on remarque que le comportement de notre modèle semble inverse à celui de la figure : cela est justifiable par le fait qu'à une latitude trop loin de l'équateur, l'irradiation solaire est trop faible pour réchauffer la surface de l'océan par rapport à la température en profondeur. Ainsi, on obtient un profil similaire à la figure des notes de cours si on rapproche la latitude vers 0° , comme le montre la figure 5. Notre modèle montre également une décroissance strictement linéaire alors que ce n'est pas le cas de la figure 3.5 : ceci est normal, et un meilleur modèle est présenté à la question suivante en ayant un temps caractéristique qui varie en fonction de la profondeur.

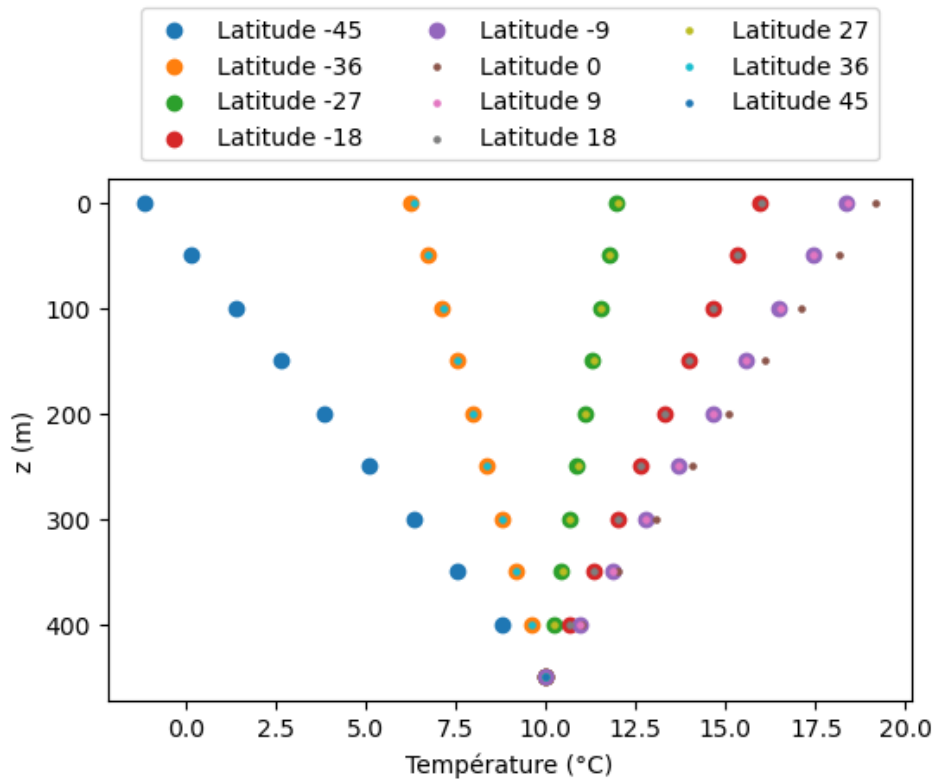


FIGURE 5 – Profondeur en fonction de la température pour plusieurs latitudes avec une température de profondeur de 283 K et une diffusivité fixe.

Question 3

En modélisant un temps caractéristique variable en fonction de la profondeur, il est possible de se rapprocher davantage du comportement des couches en fonction de la profondeur de la figure 3.5 des notes, particulièrement pour les couches de surface. Le résultat de ce changement est présenté à la figure 6.

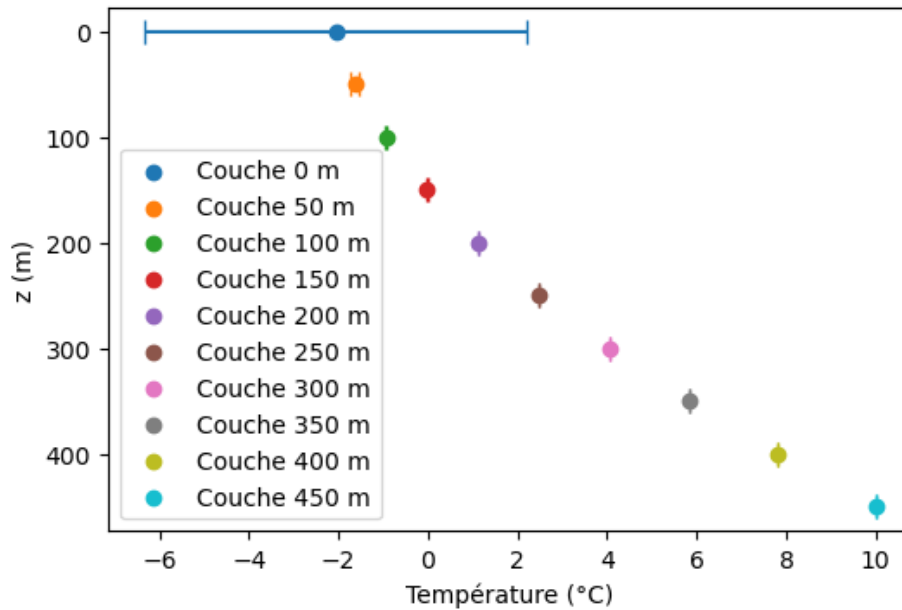


FIGURE 6 – Profondeur en fonction de la température pour la latitude de 45.5° avec une température de profondeur de 283 K et une diffusivité variable.

1), 2)

Ce modèle amélioré change légèrement les variations de température, mais a surtout comme effet de changer la linéarité de la température en fonction de la profondeur pour ainsi mieux suivre le comportement de la figure 3.5 des notes de cours. Si on regarde pour plusieurs latitudes, on obtient la figure 7.

On observe un comportement très similaire à celui de la figure 3.5 des notes pour les latitudes près de 0° . La température descend d'abord rapidement en surface, puis le comportement devient linéaire pour des profondeurs plus grande. Cela est explicable par le fait que si on augmente le temps caractéristique du flux entre une couche A et B comparé à celui entre la couche B et C (on divise τ par $1/z$ donc ça l'augmente avec l'augmentation de la profondeur), cela a comme effet de refroidir les couches près de la surface puisque la différence de temps caractéristique pour 2 couches successives près de la surface, par exemple couche A à 50 m et couche B à 100 m, est de $100 / 50 = 2$ alors que pour des couches profondes, comme celle à 400 m et 450 m, la différence est alors de $450 / 400 = 1.125$ et donc plus on va profond, plus on tend vers un profil linéaire où les temps caractéristiques sont les mêmes.

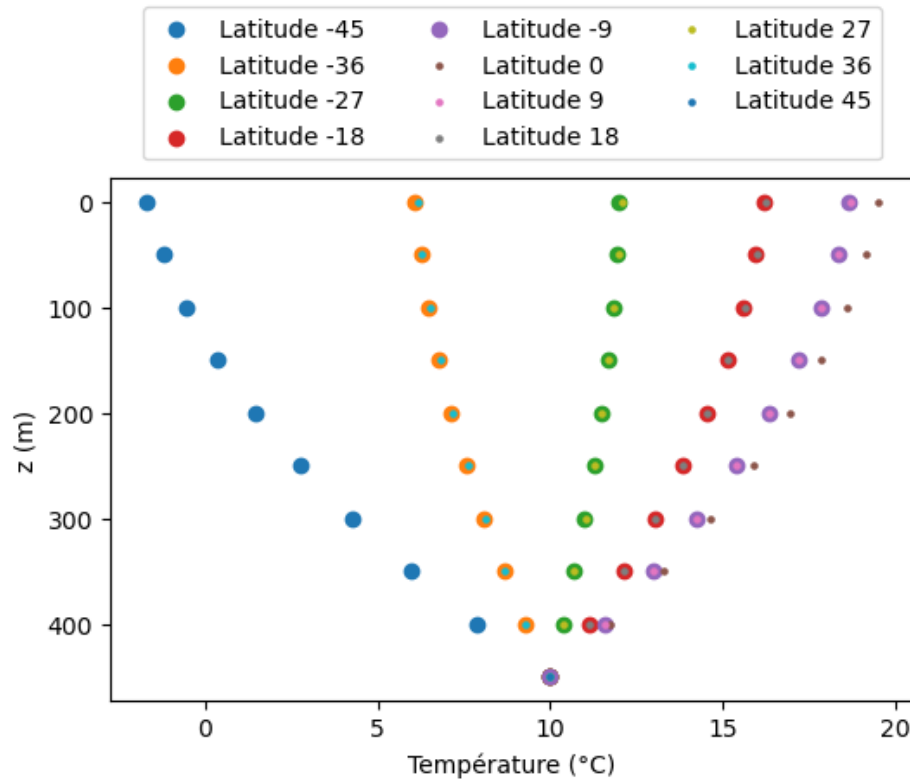


FIGURE 7 – Profondeur en fonction de la température pour plusieurs latitudes avec une température de profondeur de 283 K et une diffusivité variable.