

École normale supérieure  
L3 sciences de la planète Terre  
Travaux dirigés sur NetCDF

21 juin 2022

**Table des matières**

<b>1</b>	<b>Contenu d'un fichier NetCDF</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NetCDF et shell, xarray, Fortran</b>	<b>2</b>

## 1 Contenu d'un fichier NetCDF

Le fichier `cira.nc` est au format NetCDF.

Affichez son contenu avec la commande `ncdump`, puis avec `ncdump -h`. Quelles données physiques contient ce fichier ? De quelle origine ? Quelles sont les dimensions ? Quelles sont les coordonnées ? Affichez les valeurs des coordonnées avec la commande `ncdump -ct`, puis avec `ncdump -c`.

Quelles sont les variables primaires ?

Affichez le profil vertical de température à l'équateur en janvier avec la commande `ncks` et les options `-v` et `-d`.

Visualisez les champs avec le logiciel `ncview`.

## 2 Traitement de données NetCDF depuis le shell, visualisation avec `xarray`, lecture en Fortran

Un modèle de circulation générale de l'atmosphère a été lancé sur une durée de plus de 85 ans et a fourni, mois par mois, la moyenne mensuelle du champ de vent zonal  $u$  dans toute l'atmosphère. Dans cet exercice, vous partez d'un fichier NetCDF `ua.nc` contenant, pour chaque mois, la moyenne zonale et mensuelle de  $u$ .

- Regardez l'en-tête du fichier.
- Visualisez le vent en fonction de la latitude et du niveau de pression avec `ncview`. Pensez à inverser l'axe vertical pour avoir les hautes pressions en bas du graphique. Diminuez l'intervalle de valeurs du vent représentées à  $[-35, 35]$   $\text{m s}^{-1}$  (bouton "Range"). Vous pouvez choisir la palette de couleurs "jaisnb" par exemple pour mieux visualiser les valeurs très négatives, proches de 0 et très positives. Faites évoluer le champ de vent avec le temps (bouton  $\triangleright$ ). Vous pouvez diminuer la vitesse d'affichage avec le curseur "Delay". Repérez l'alternance de valeurs positives et négatives du vent dans la basse stratosphère, vers 40 hPa, vers l'équateur, avec un intervalle de temps d'environ deux ans. Vous devez voir la phase positive du vent descendre vers la tropopause puis disparaître. C'est l'oscillation quasi-biennale de la stratosphère.
- Essayez maintenant de visualiser plus précisément cette oscillation. Avec le logiciel de votre choix (suggestion : Python avec `xarray`), tracez la moyenne entre les latitudes  $5^\circ$  sud et  $5^\circ$  nord du vent zonal en fonction du niveau de pression et du temps. Pour mieux voir la stratosphère, prenez un axe de pression logarithmique. Les valeurs extrêmes du vent zonal se produisent dans la mésosphère et nous intéressent moins. Concentrez la palette de couleurs sur les valeurs de vent entre -35 et 35  $\text{m s}^{-1}$ . Choisissez une palette de couleurs centrée avec du blanc en 0, pour mettre en évidence le signe du vent. Pour que le graphique soit lisible, restreignez-le à une période de 10 ans seulement, par exemple les 120 premiers mois. Tracez aussi la moyenne entre les latitudes  $5^\circ$  sud et  $5^\circ$  nord du vent zonal vers 40 hPa en fonction du temps. Vous devriez obtenir des figures analogues aux figures 1 et 2.

Dans la suite de cet exercice, vous allez écrire un programme en Fortran qui trouve les intervalles de temps entre deux phases positives du vent. Au lieu de faire la moyenne latitudinale entre  $-5$  et  $5^\circ$  et de chercher le niveau de pression 40

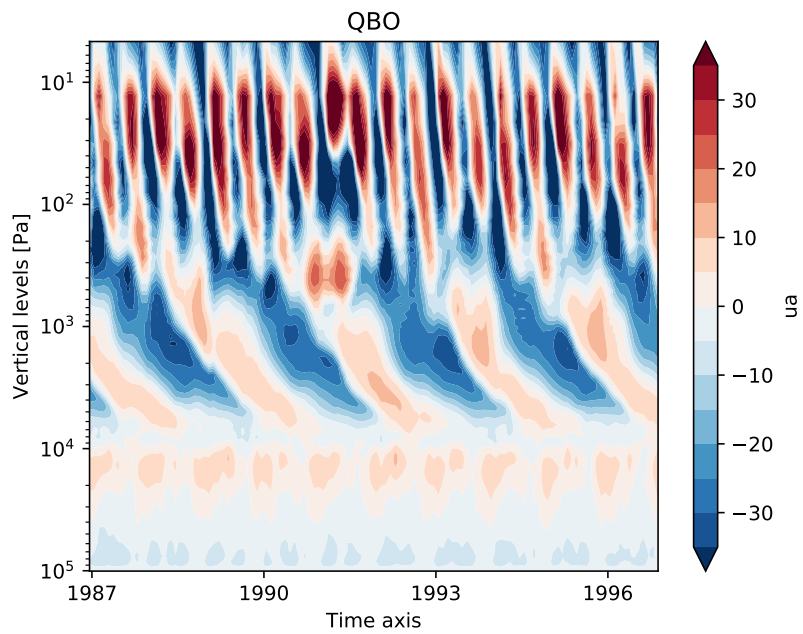


FIGURE 1 – Exercice 2. Moyenne du vent zonal entre 5° sud et 5° nord, dans le modèle atmosphérique.

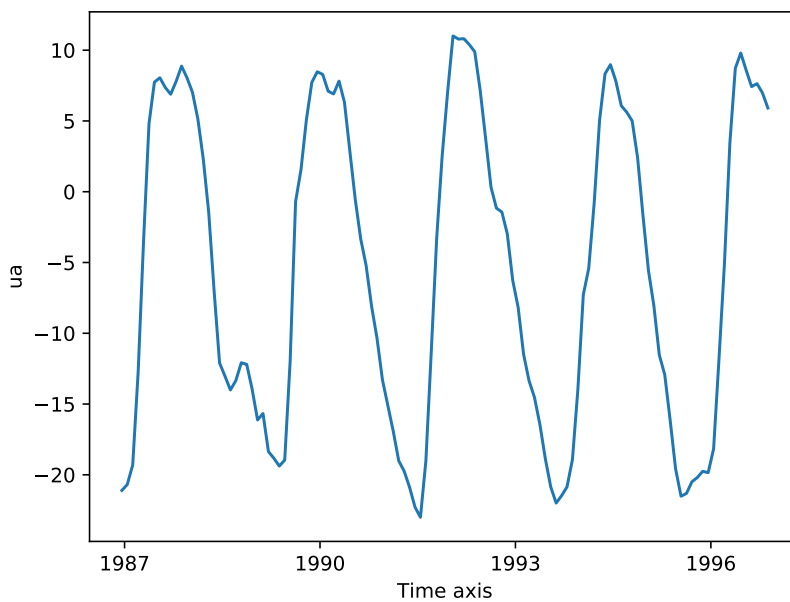


FIGURE 2 – Exercice 2. Moyenne du vent zonal entre 5° sud et 5° nord, vers 40 hPa, dans le modèle atmosphérique.

hPa dans le programme en Fortran, créez un nouveau fichier NetCDF contenant la moyenne latitudinale du vent à 40 hPa avec un opérateur NCO : `ncwa`. Vous aurez à utiliser les options `-a` et `-d` de `ncwa` (avec les bons arguments). Regardez la documentation de cette commande sur le site de NCO. Vérifiez le résultat de la commande avec `ncdump -ct` (et avec `ncview`, par exemple, si vous voulez). Éliminez les dimensions dégénérées (c'est-à-dire de taille 1) en les moyennant avec `ncwa`.

Écrivez le programme en Fortran qui lit le fichier créé par `ncwa` dans l'étape précédente et cherche les inversions du vent. Vous définirez les mois d'inversion du vent comme les mois où le vent passe d'une valeur négative à une valeur positive. Pour éviter de compter comme inversion une petite oscillation rapide du vent au voisinage de 0, vous ajouterez comme critère que le vent doit repasser par une valeur inférieure à  $-5 \text{ m s}^{-1}$  entre deux inversions. Le programme en Fortran doit :

- afficher le nombre d'inversions ;
- afficher l'intervalle moyen, en mois, entre deux inversions ;
- écrire un fichier texte contenant en colonne 1 les indices des inversions (c'est-à-dire les numéros des mois, 1 pour le premier mois du fichier, nombre total de mois du fichier pour le dernier mois du fichier) et en colonne 2 les intervalles successifs entre les inversions ;

Pour lire le vent dans le fichier NetCDF, installez la bibliothèque `NetCDF95`. Vous utiliserez les procédures suivantes :

```
nf95_open
nf95_inq_varid
nf95_gw_var
nf95_close
```

Cf. la documentation. Pour l'argument `mode` de `nf95_open`, utilisez `nf90_nowrite`, qui est une variable du module `netcdf`.

Pour chercher les inversions du vent, vous aurez avantage à utiliser la procédure `ifirstloc`, de la bibliothèque `Jumble` (module `jumble`).

Avec le logiciel graphique de votre choix, tracez l'histogramme des intervalles. Vous devriez obtenir un intervalle moyen de 25,9 mois environ et une figure analogue à la figure 3.

Le fichier `QBO_observations.nc` contient des valeurs observées du vent zonal. Lisez l'en-tête du fichier. Extrayez dans un nouveau fichier NetCDF le vent zonal à 40 hPa (utilisez la commande `ncwa` avec les options `-a ... -v ... -d ...`). Relancez votre programme en Fortran sur ces observations pour obtenir les intervalles entre les oscillations. Vous devriez obtenir un intervalle moyen de 28,0 mois environ. Tracez l'histogramme avec le logiciel de votre choix, comparez à l'histogramme des résultats du modèle de circulation générale de l'atmosphère. Cf. figure 4.

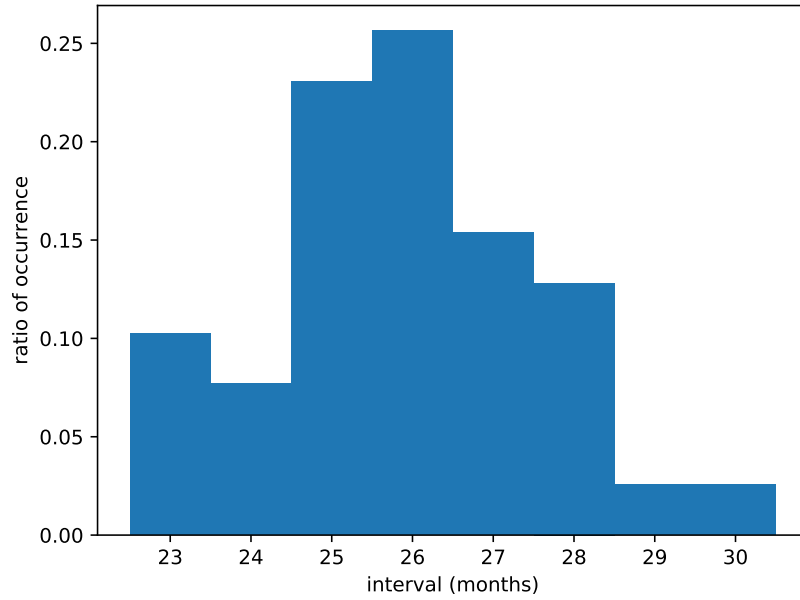


FIGURE 3 – Exercice 2. Durée entre deux inversions du vent zonal à 40 hPa entre 5° sud et 5° nord, dans le modèle atmosphérique.

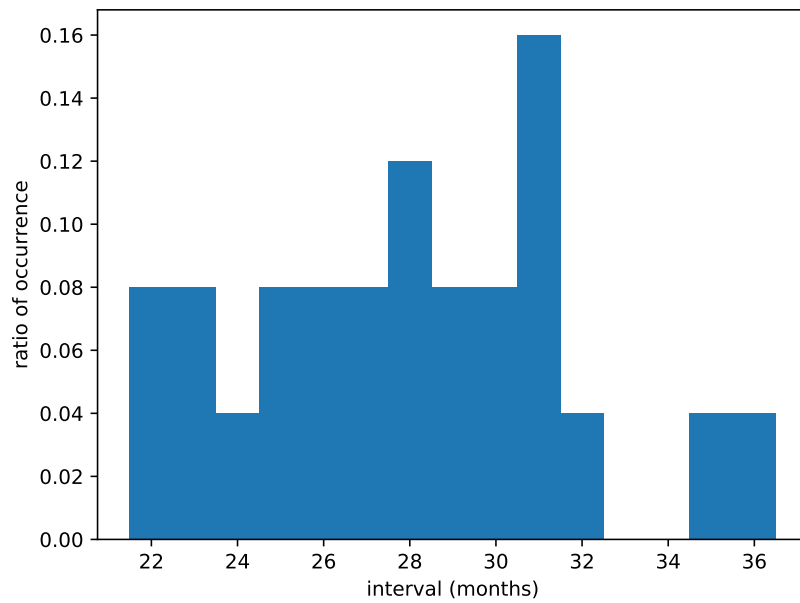


FIGURE 4 – Exercice 2. Durée entre deux inversions du vent zonal à 40 hPa entre 5° sud et 5° nord, dans les observations.