

**TP 5**

Analyse de séries temporelles sur le climat

Le but du TP est d'étudier des corrélations entre des séries temporelles liées à la température, au flux solaire irradiant ainsi qu'aux variations magnétiques.

Pour cela, on mesurera sur un siècle trois paramètres :

T_n : température globale du globe selon [1]

S_n : irradiation solaire corrigée de l'effet Albedo et de la rotondité de la Terre

B_n : indice mesurant l'activité magnétique de la Terre selon [2]

avec n l'indice de l'année considérée.

L'intérêt d'étudier simultanément ces trois paramètres est le suivant :

- Lorsque l'activité solaire augmente induisant une activité magnétique solaire plus intense (et visible par la présence de plus de taches solaires), il y a moins de flux de rayons cosmiques sur Terre car l'activité magnétique du Soleil les dévie en partie.
- Une grande activité magnétique sur la Terre diminue la quantité de rayons cosmiques arrivant sur Terre.
- Enfin une arrivée décroissante de rayons cosmiques sur la Terre induit une couverture plus faible de nuages bas. Ceci a pour effet de diminuer l'effet Albedo et donc d'augmenter la température.

Questions :

- 1.1 Dessiner un diagramme du système dont les boîtes sont l'activité solaire, l'activité magnétique sur Terre, le flux de rayons cosmiques et la température sur Terre. Bien mettre les boucles de rétro-action positives et négatives.
- 1.2 Toute chose égale par ailleurs, peut-on en conclure une relation croissante entre S et T ?

Examinons maintenant les données utilisées dans [3].

- 2.1 Tracer les différentes données T_n, S_n, B_n en fonction du temps sur une même figure
- 2.2 On va établir ou non des corrélations entre les différents couples de paramètres. Par corrélation, on considérera le terme suivant défini pour le couple de données $(x_n, y_n)_{n=1, \dots, N}$

$$C_{x,y} = \frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2 \cdot \sum_{n=1}^N (y_n - \bar{y})^2}}$$

où $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n$ et $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_n$ sont les moyennes empiriques.

- Prenons (S_n, B_n) . Qu'en conclure ? Auriez-vous envie de changer le diagramme de la question 1.1 ? Prendriez-vous B_n comme un marqueur (*proxy*) de l'activité solaire ?
 - Prenons (S_n, T_n) . Calculer les corrélations sur trois durées : 1900-2000, 1900-1950 et 1950-2000. Qu'en conclure ?
- 2.3 On va procéder à une régression linéaire entre les différents couples de paramètres. Une régression linéaire entre $(x_n)_{n=1, \dots, N}$ et $(y_n)_{n=1, \dots, N}$ induit le calcul des termes α et β minimisant la fonction

$$g(\alpha, \beta) := \sum_{n=1}^N (y_n - \alpha x_n - \beta)^2.$$

Ainsi les termes optimaux α^* et β^* sont obtenus selon

$$(\alpha^*, \beta^*) = \arg \min_{\alpha, \beta} g(\alpha, \beta).$$

Par conséquent y sera prédit par x à travers la fonction suivante

$$f(x) = \alpha^*x + \beta^*$$

Trouver la formule analytique pour α^* et β^* .

- Prenons (B_n, S_n) . Evaluer les termes de régression et valider la régression ou non avec le critère R^2 lorsqu'on souhaite prédire S par le biais de B .
- Faire de même avec (S_n, T_n) ? Qu'en conclure sur le lien actuel entre S_n et T_n ?

Bibliographie :

1. P. Brohan et al., « Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes : a new dataset from 1850 », *Journal of Geophysical Research*, 2006.
 2. E. Cliver et al., « Solar variability and climate change : geomagnetic aa index and global surface temperature », *Geophysics Research Letters*, 1998.
 3. E. Bard et G. Delaygue, « Comment on “Are there connections between the Earth’s magnetic field and climate ?” », *Earth and Planetary Science Letters*, 2008.
-