



Et pourtant, il tourne !

Exploitation de relevés de taches solaires à l'aide d'un logiciel

Bernard Lacour

BUT : Ce travail a pour objet de mesurer la période de rotation synodique du Soleil par exploitation de relevés de taches solaires mais avec un large éventail d'activités possibles à choisir selon l'état du ciel et le temps dont on dispose avec les élèves.

Il permettra aussi de comprendre la variation de l'orientation du Soleil vu depuis la Terre et les causes associées.

Je vais donc décrire le travail possible dans les meilleures conditions qui soient, puis après dans de moins bonnes...

Si tout va pour le mieux

1 - Technique de projection

L'idéal est évidemment de commencer par observer réellement le Soleil et de faire des relevés avec les élèves. Pour cela, on doit disposer d'une modeste lunette ou d'une paire de jumelles (ou même un télescope) et installer derrière l'oculaire un écran pour projeter l'image solaire. Un oculaire donnant un grossissement de 30 convient bien. On supposera que l'instrument est sur monture azimutale, cela est suffisant.

On dirige l'instrument (sans aucun filtre) vers le Soleil et on ajuste (**sans jamais mettre l'oeil à l'oculaire**) en réduisant l'ombre du tube de la lunette à un disque centré sur le corps de la lunette elle-même.

Pour savoir à quelle distance placer l'écran derrière l'oculaire, il suf-

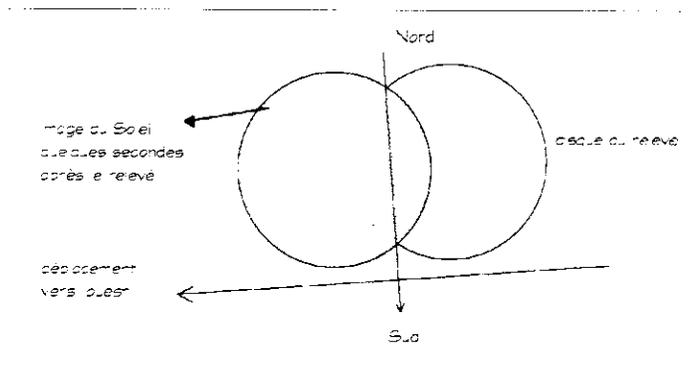
fit de placer une feuille avec un cercle tracé à la taille souhaitée et d'y centrer l'image du Soleil. La netteté s'obtient en jouant sur le tirage de l'oculaire. Si on n'a pas acheté l'écran de projection avec l'instrument, on peut en réaliser un assez facilement pour pas cher. Il est préférable de disposer d'un système permettant un changement aisé des feuilles de relevés sur un fond quadrillé pour faciliter le relevé (avec des petits aimants par exemple).

2 - Relevé de taches

Une fois l'image du Soleil centrée sur la feuille, on relève l'emplacement des taches au crayon à papier (il faut être assez rapide, ce qui n'est pas trop difficile s'il y a peu de taches et si l'on s'est exercé de nombreuses fois avant).

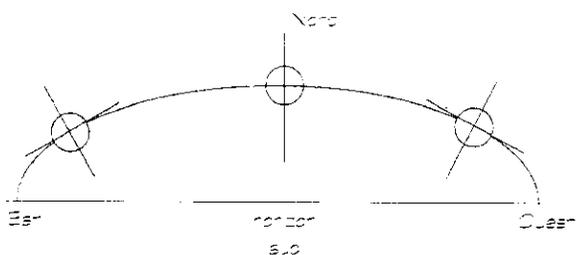
3 - Orientation

La terre tournant, l'image du Soleil se déplace lentement sur l'écran (d'Est en Ouest) et on peut ainsi repérer précisément la direction Nord-Sud céleste : c'est la corde d'intersection



de deux images du disque solaire à quelques secondes d'intervalle (avec une monture fixe sans suivi). C'est fondamental pour le repérage futur des taches. En traçant une parallèle à cette droite passant par le centre du disque et sa perpendiculaire, on obtient une orientation complète du relevé.

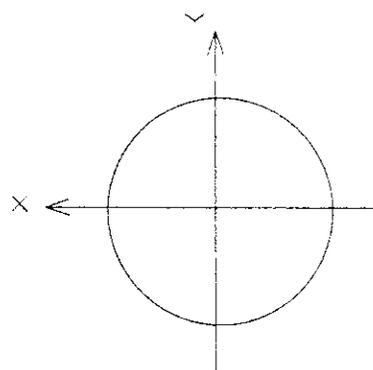
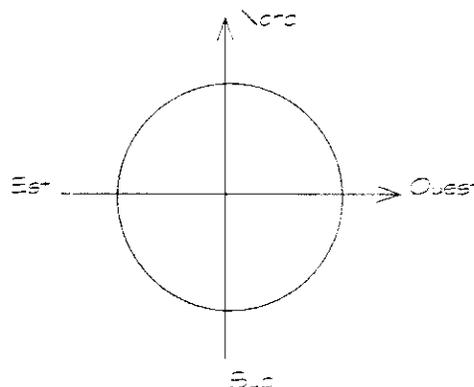
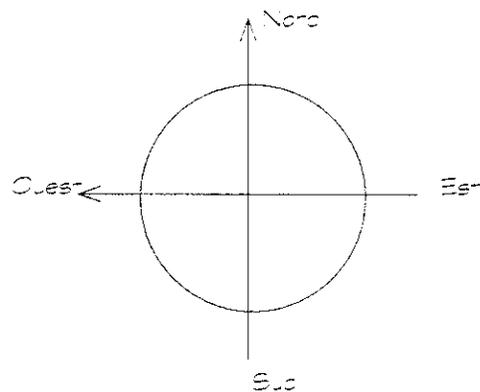
Rapide sur l'orientation en coordonnées équatoriales



L'image du Soleil avec le système de projection utilisé sur un verre dépoli ne subit aucun renversement si l'on regarde derrière l'écran dépoli, mais on aura une inversion droite-gauche (Est-Ouest ici) sur le relevé de papier.

4 - Repérage des taches et données pour le logiciel

On utilise les axes d'orientation sur le relevé comme axes d'un repère cartésien pour déterminer les coordonnées (x et y) en mm de chaque tache. Chaque coordonnée sera ensuite entrée au clavier de l'ordinateur pour le traitement des données avec le logiciel. Attention : celui-ci calcule sur un gabarit de 57 mm de rayon, si le cercle de relevé a un rayon différent, il faudra faire une règle de trois.



Attention à l'orientation de l'axe des abscisses :

5 - Travail avec le logiciel

Il permet avant tout de visualiser le Soleil en 3 dimensions (avec parallèles, méridiens et axe de rotation) avec la compilation de relevés successifs (sur quelques jours) pour mettre en évidence le mouvement des taches.

Voir la partie « Exemple » dans le menu du logiciel

Pour obtenir cette représentation, deux données sont nécessaires :

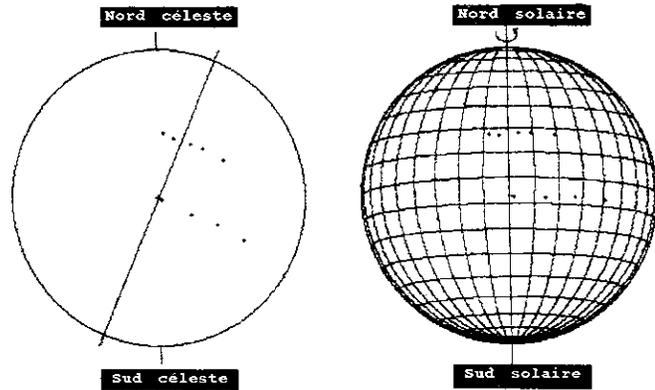
P inclinaison de l'axe de rotation du Soleil par rapport à la direction Nord-Sud céleste.

La donnée de **P** place l'axe de rotation sur le disque de relevés.

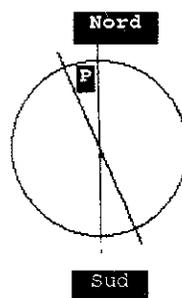
B latitude du point central du Soleil

La donnée de **B** permet d'obtenir l'inclinaison de l'équateur par rapport à notre ligne de visée depuis la terre.

Voir la partie « Animation » dans le menu du logiciel.

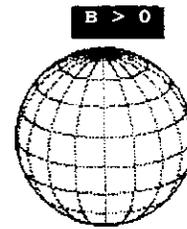
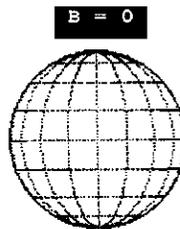


P angle d'inclinaison de l'axe de rotation solaire par rapport à la direction



Nord-Sud céleste

B la latitude héliographique du centre du disque solaire



Le logiciel donne les valeurs de P et B dans la partie « Ephémérides » pour une date donnée. La précision est de l'ordre de 0,5° ce qui est tout à fait suffisant car il faudra rentrer une valeur moyenne (puisque les relevés s'étalent sur quelques jours pour apprécier la rotation). On peut alors vérifier la qualité de ses propres relevés : si une tache traverse un parallèle, c'est mauvais signe !

Le logiciel permet également une mesure (au degré près) de l'angle en longitude parcouru par une tache pendant une durée donnée. On peut ainsi trouver la période synodique à cette latitude.

Le logiciel permet enfin de voir l'évolution de l'orientation solaire sur une année et d'en comprendre les causes. Cette partie (s'adressant plutôt à un niveau Terminale) se propose de modéliser la variation de P et B dans l'approximation d'un mouvement circulaire uniforme de la Terre autour du Soleil.

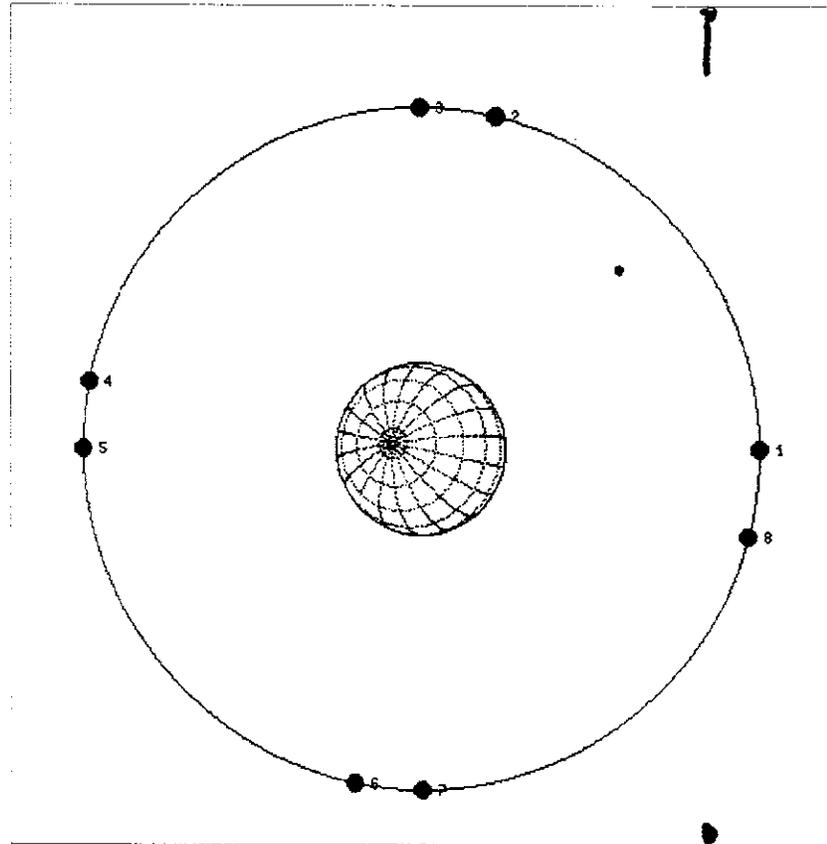
Sachant que l'axe de rotation du Soleil fait un angle de 7, 25° avec la perpendiculaire à l'écliptique et qu'il s'incline vers la position du 8 septembre de notre planète sur son orbite et connaissant l'obliquité de l'axe terrestre soit 23, 5° on peut proposer comme formules d'approximation :

$B = 7, 25 \sin [2\pi (J - J_0) / 365]$ et
 $P = 7, 25 \sin [2\pi 125 (J - J_1) / 365]$
 $+ 23, 5 \sin [2\pi (J - J_2) / 365]$
 avec J = énième jour de l'année
 (J = 1, le 1^{er} janvier et
 J = 365, le 31 décembre)

J₀, J₁ et J₂ les jours de phase à l'origine à identifier et les différentes positions clés durant l'année :

- 1 le 21 mars, J = 80 , équinoxe de printemps
- 2 le 7 juin, J = 158 , B est nul
- 3 le 21 juin, J = 172, solstice d'été
- 4 le 8 septembre, J = 251, B maximal

- 5 le 23 septembre, J = 266, équinoxe d'automne
- 6 le 8 décembre, J = 342, B est nul
- 7 le 21 décembre, J = 355, solstice d'hiver
- 8 le 6 mars, J = 65, B minimal



Dans la partie « Données, Recherche sur P ou B », des courbes de référence de la variation annuelle des deux grandeurs sont représentées et l'on peut alors proposer les bons paramètres à entrer dans les formules : exemple de travail de modélisation et exercice de repérage dans l'espace ...

On déduit alors :

$B = 7, 25 \sin [2\pi (J - 158) / 365]$
 et $P = 7, 25 \sin [2\pi (J - 251) / 365]$
 $+ 23, 5 \sin [2\pi (J - 172) / 365]$

Remarque : on pourra faire l'usage du CD Rom « Redshift2 » tout à fait excellent pour visualiser les corps du système solaire et leurs positions relatives.

Si l'on ne dispose que d'une heure...

Après une présentation du système de projection de l'image solaire et de l'orientation du Soleil dans l'espace (transparent avec méridiens et parallèles en superposition au disque solaire au rétroprojecteur par exemple), on peut proposer un travail sur le logiciel avec un questionnaire du type ci-dessous, sans avoir fait de relevés soi-même car il contient des fichiers de relevés directement utilisables :

Exploitation de relevés de taches solaires
Travail sur logiciel

- a) Lecture de la **Présentation** pour comprendre les données rentrées à l'ordinateur.
- b) Partie **Ephémérides** pour avoir une représentation de l'orientation du Soleil à une date de l'année.
- c) Pour comprendre les deux grandeurs P et B caractérisant cette orientation, regarder l'**Animation**.
(prendre un pas de 10 jours par exemple).
- d) Aller à **Exemple** pour visualiser une compilation de relevés sur une période de 3 jours.
- e) Estimation de la période de rotation du Soleil sur lui-même (vue depuis la Terre soit sa période de rotation synodique) :

Dans la partie **Données, Traitement des mesures**, ouvrir le fichier n°1 du relevé du 8 mars 1994 pour exploiter

Mesurer la latitude et la longitude de la tache n°1 : lat. = long. =

Dans la partie **Mesures**, ouvrir le fichier n°2 des relevés du 13 au 16 juin 1994 pour exploiter la tache n°3 : mesurer sa latitude : lat. =

Mesurer la différence de longitude entre le 13 et le 16 juin : Δ long. =

En déduire la période de rotation T à cette latitude : T = jours

Pour se procurer le logiciel, écrire à
Bernard Lacour, 6 rue Michelet, 71100 Châlon sur Saône
(Joindre 25F pour les frais)

