

AVEC NOS ÉLÈVES

Étude des taches solaires à l'aide de GeoGebra

Sylvie Thiault, s.thiault@orange.fr

Sylvie Thiault nous propose ici une activité classique, la détermination de la période de rotation du Soleil, mais traitée avec ses élèves d'une manière originale, en utilisant un logiciel de géométrie combiné à un tableur.

L'activité solaire a repris début 2011 en même temps que le club astronomie du Lycée Jean-Paul Sartre de Bron (69). Les élèves ont observé chaque semaine le Soleil et ont vu qu'il comportait des taches. Ils ont consulté le site du satellite SDO¹ (<http://sdo.gsfc.nasa.gov>) pour voir le point de vue sans atmosphère. Pas de doute : il y a des taches sur le Soleil, elles semblent se déplacer... Comment pourrait-on évaluer leurs dimensions ? Comment pourrait-on mesurer leurs déplacements ? Un outil nous a permis de répondre avec une bonne approximation à nos questions : le logiciel GeoGebra². Ce travail vient en complément de celui réalisé par l'atelier astronomie du collègue Gérard Philippe de Saint-Priest avec Chantal et Georges Lecoutre (CC n° 120).

Après une observation du Soleil au Solarscope et la comparaison de l'observation directe à l'image diffusée sur SDO, (prise moins d'une heure avant notre observation !), il a été admis que la tache observée est sur le Soleil. Nous avons dans un premier temps suivi la démarche proposée sur papier dans le n° 120 des Cahiers Clairaut (hiver 2007). Mais les autres taches... est-ce qu'elles "font pareil" ? Comment faire pour étudier un grand nombre de taches ?

Il faut avoir recours à un traitement automatisé des images ! Bien sûr Iris est plus adapté au traitement d'images, mais GeoGebra est familier aux élèves et leur permet d'être vite opérationnels.

¹ SDO est un satellite à orbite géosynchrone qui se déplace sur une orbite qui fait un angle de 28° avec le plan de l'équateur terrestre.

² GeoGebra est un logiciel libre utilisé principalement par les enseignants de maths (<http://www.geogebra.org>)

La sélection des images

Le site du satellite SDO (Solar Dynamics Observatory) propose des images du Soleil réalisées à l'aide de différents instruments (figure 1).

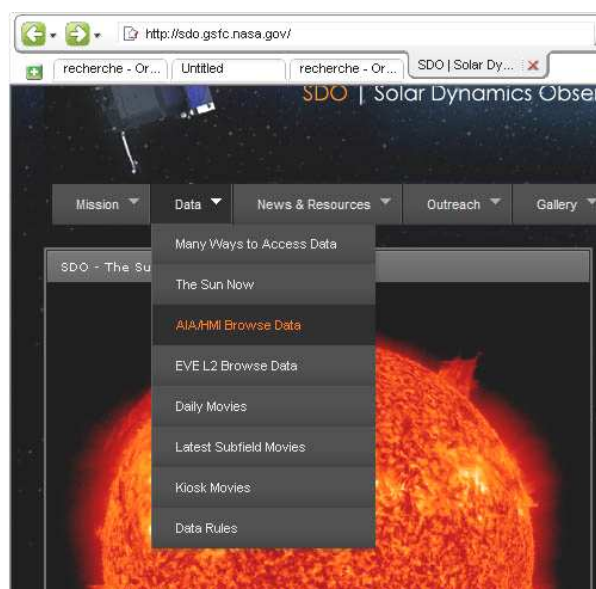


Fig.1. La page d'accueil du site du satellite SDO.

Les images sont carrées, elles ont toutes le même cadrage et l'axe du Soleil est placé verticalement. Nous avons choisi les images fournies par l'instrument AIA4500 qui enregistre dans la longueur d'onde de 450 nm.

On choisit dans les images sélectionnées deux images d'une même tache (comment savoir si c'est bien la même tache qu'on suit ?)

Il faut prendre de préférence des images où les taches ne sont pas trop au bord apparent du Soleil pour éviter les problèmes de déformation trop importante due à la projection.

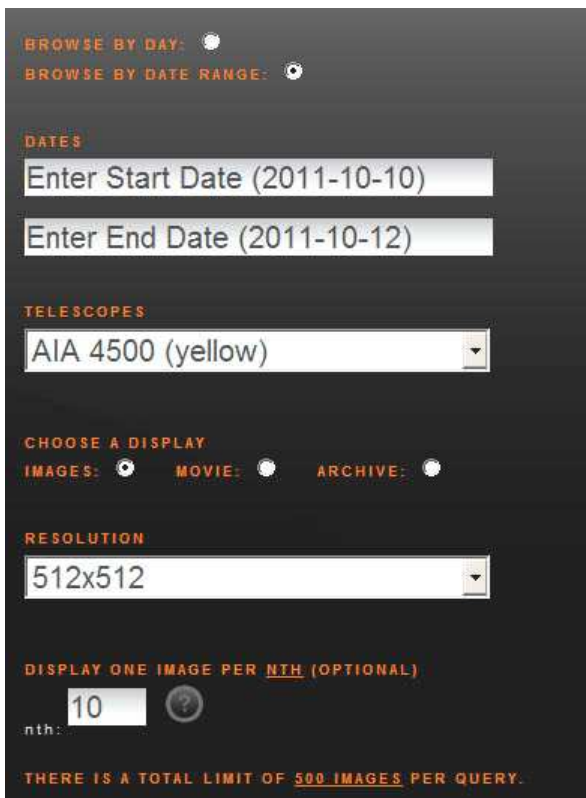


Fig.2. Le choix des images.

Les images sont choisies pour qu'un intervalle entier de jours les sépare, ce qui évitera les calculs d'intervalles de temps complexes.

Les noms de fichiers sont au format : YYYY_MM_DD_HHMMSS_512_4500.jpg.

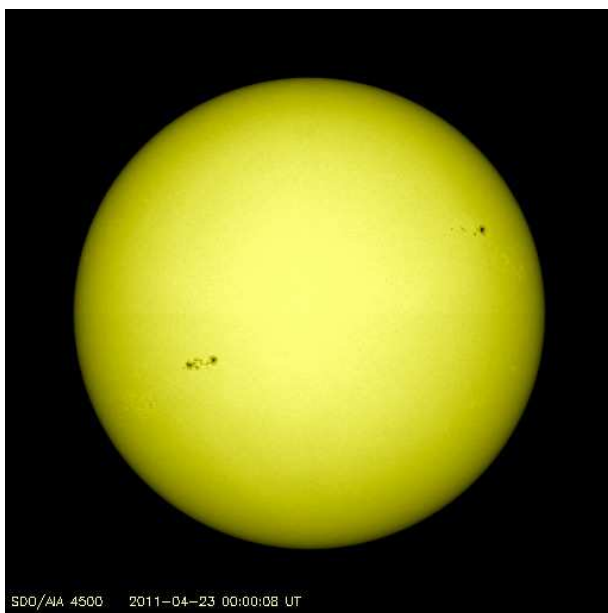


Fig.3. L'image 20110423_000008_512_4500.jpg.

Le traitement des images

Ouvrir une nouvelle fenêtre GeoGebra puis :

- insérer l' image 20110423_000008_512_4500.jpg (voir l' icône figure 4) ;
- faire un clic droit sur l' image et choisir Propriétés / image 1 ;
- cliquer sur l' onglet position et compléter coin 1 (0,0), coin 2(10,0) ;
- dans l' onglet basique, cocher objet fixe.

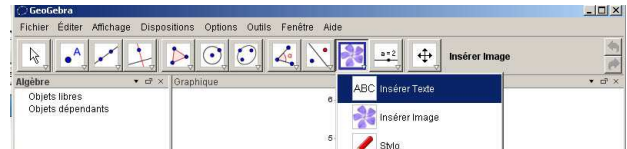


Fig.4. L' icône "Insérer image" représente une fleur (on le trouve avec les icônes curseur, insérer un texte... dans Geogebra 3.2).

Les images resteront carrées, de même dimension et ne bougeront pas avec le zoom.

Une astuce : on peut changer l'aspect du point en un rond vide, plus facile pour cadrer (activer le point et ensuite propriétés / style).

- Construire un cercle correspondant au bord du Soleil (choisir cercle passant par trois points puis cliquer sur trois points du bord du Soleil. GeoGebra nomme les points A, B, C et le cercle c).
- Zoomer et affiner (clic droit sur les points)... on veillera à tenir compte de l'assombrissement du bord.
- Construire le centre du cercle (point, milieu ou centre, cliquer sur le cercle). GeoGebra le nomme D. On peut aussi construire le centre "à l'ancienne" en demandant la construction de deux médiatrices et ensuite leur intersection.
- On construit le segment [DA] en tapant dans la zone de saisie : $r = \text{segment } [D,A]$; sa longueur s'affiche dans la fenêtre d'algèbre. On vérifie que les coordonnées du centre D et que la longueur DA sont cohérentes avec l'équation du cercle. Avec ces images, le centre du cercle est très proche du point de coordonnées (5,5) et le carré du rayon est proche de 14,5 ou 15 suivant les images³.
- On pointe au mieux le centre de la tache (nouveau point puis clic gauche), on obtient le point E. On fixe E (clic droit propriétés/basique/objet fixe) ;
- On clique sur l' image pour choisir propriétés image 1 et on éclaircit l' image au maximum (style / remplissage : le moins possible) .
- On recommence les trois premières opérations (ci-dessus sur fond vert) avec une autre image de la tache : 20110427_000008_512_4500 .jpg.

³ Le diamètre apparent du Soleil varie au cours de l'année (il est plus grand début janvier quand la Terre en est plus proche) mais il varie peu sur quelques jours, on pourra donc garder le même diamètre pour les deux images.



Fig.5. L'image 20110427_000008_512_4500.jpg, prise 4 jours après la précédente.

- On vérifie que le cercle **c** s'ajuste convenablement avec cette image.
- On pointe au mieux le centre de la même tache, ce qui donne le point F. On fixe F (clic droit propriétés objet fixe).
- On trace la parallèle à l'axe des abscisses passant par D (cliquer sur droite parallèle, sur l'axe des abscisses, puis sur D), GeoGebra la nomme **a**. Elle matérialise l'équateur du Soleil.
- On trace la parallèle à l'équateur passant par E. On constate qu'elle passe à peu près par F⁴. GeoGebra la nomme **b**.
- On construit l'intersection de **b** et **c** (points intersection...). GeoGebra nomme les deux points G et H. On tape $e = \text{segment}[G,H]$.
- On trace le cercle de centre D et de rayon $e/2$ (il s'agit du parallèle GH vu "de haut"). GeoGebra le nomme **d**.
- On construit les perpendiculaires à l'équateur **b** en E et F (GeoGebra les nomme f et g) puis leur intersection avec le cercle **d** que l'on nommera I et K (si nécessaire, renommer les points : bouton droit renommer). Dans la vue "de haut", I et K sont les deux positions de la tache sur son parallèle.
- On saisit : écart = angle [I,D,K] (c'est l'angle dont a tourné la tache).
- On construit l'intersection de l'équateur avec le cercle **c**. GeoGebra nomme les points M et N.

⁴ Pour simplifier le problème, on considère ici que l'équateur et les parallèles sont des segments. Ce n'est pas exact, ce sont en général des demi ellipses très aplaties, puisque l'équateur du Soleil est incliné de 7° par rapport à l'écliptique, mais l'erreur est faible.

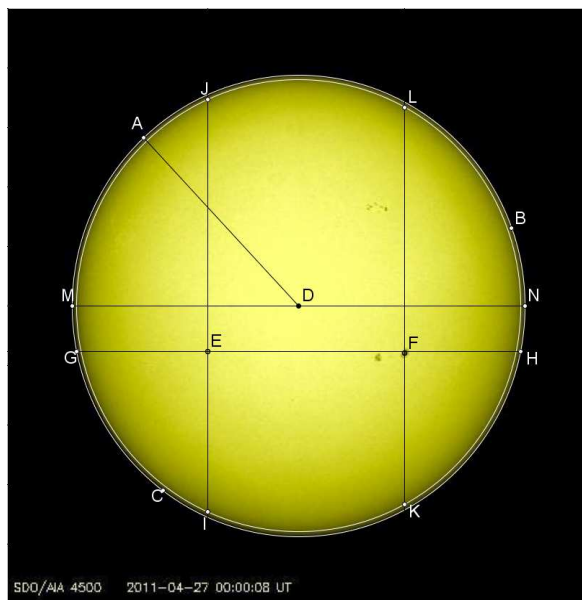


Fig.6. Les tracés de GeoGebra.

- On ouvre le tableur (dans affichage) ;
- En A2 : = Angle[I,D,K]
- En B2, on tape la durée séparant deux images en jours décimaux.
- En A3, on tape 360°. Attention il est indispensable de taper le "°".
- En B3 : = A3*B2/A2
- En B4 : = Angle [M,D,G]
- En B5 : = Si[B4>180°,360°-B4,B4]

	A	B
1	angle en degré	durée en jours
2	52.84°	4
3	360°	27.25
4	"Angle [M,D,G]"	11,34°
5	Latitude	11,34°

On peut refaire la même démarche avec le suivi d'une autre tache située à une autre latitude... Avant, il faut décocher "objet fixe" dans "propriétés" pour image 1, image 2, E et F. Effacer les images 1 et 2. Insérer la première image suivante ; déplacer éventuellement les points A, B ou C pour que le cercle c s'ajuste le mieux possible au bord du cercle ; marquer la tache choisie et fixer image et tache. Rendre l'image transparente. Insérer la deuxième image ; marquer la tache choisie et fixer image et tache.

Dans le tableur, adapter la durée séparant les deux images choisies. Construction et calculs se sont refaits tout seuls !

Remarque : avec les élèves on peut préférer faire tracer le parallèle portant les taches en dessous du cercle contour apparent du Soleil vu par SDO. Mais l'image utile à l'écran est alors plus petite...

Les élèves ont mesuré les images des taches vues entre le 23 avril 2011 0 h et le 27 avril 2011 0 h. Ils ont obtenu à l'aide de GeoGebra une période de rotation de 27,25 j.

Ils étaient habitués à utiliser GeoGebra en mathématiques et le protocole de construction s'est construit assez naturellement.

Mesures et calculs pour différentes taches :

En 2011	du 23 au 27 avril	du 19 au 24 mai
Latitude en °	11,34°	14,5°
Période en j	27,25	27,73

Prolongements possibles

- Il est possible de faire des statistiques sur la vitesse de rotation calculée sur un grand nombre de couples d'images.

- On a déterminé une période synodique, on peut envisager de poursuivre pour calculer la période sidérale. En fait le satellite comme la Terre tourne autour du Soleil en 365 jours...soit environ 1° par jour. Il tourne dans le même sens que le Soleil. Il faut donc ajouter $4 \times 360 / 365^\circ$ à l'angle IDK (4 j entre les deux observations). Dans ce cas en A2 on a : $a := \text{angle [I,D,K]} + B2 \times 360^\circ / 365.25$

On trouve pour les taches étudiées précédemment une période sidérale de 25,36 jours en avril et de 25,78 jours en mai.

- On peut travailler sur l'aire des taches, sur leur déplacement en latitude...

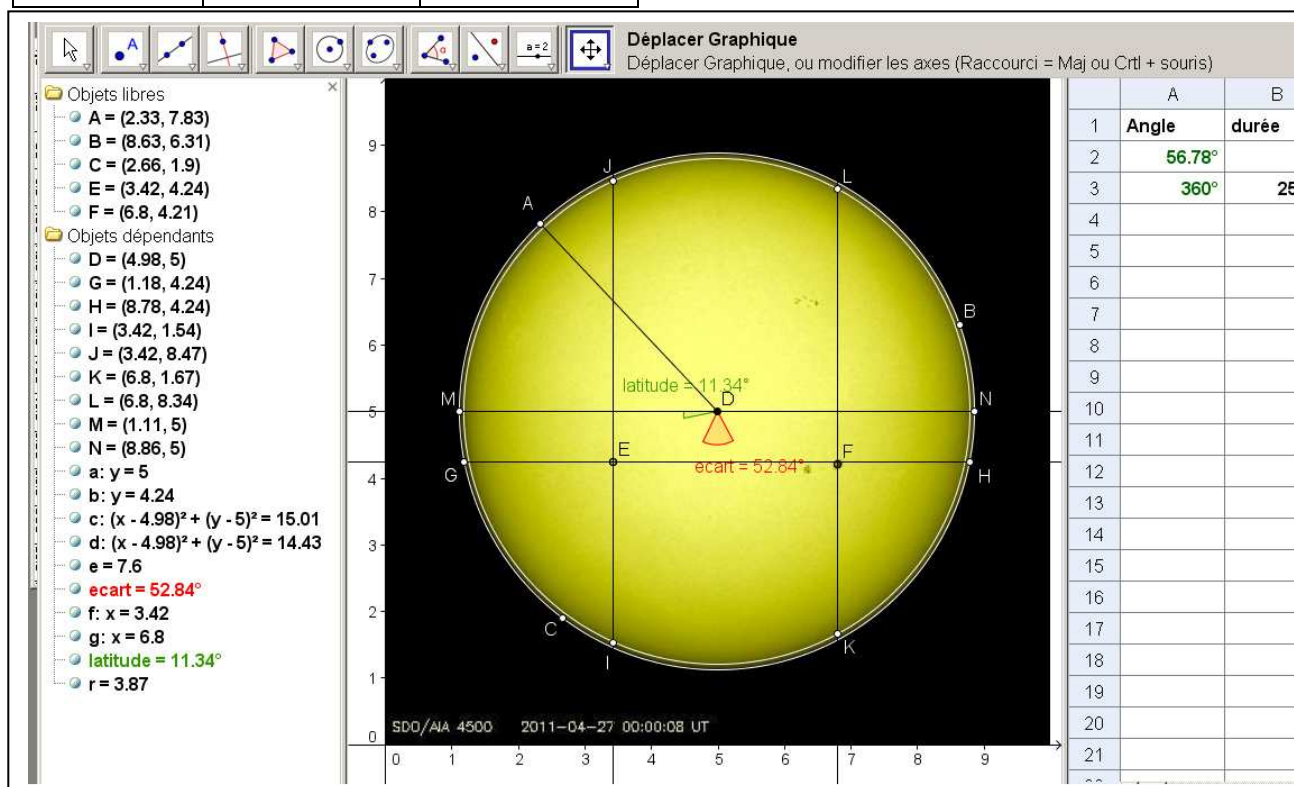


Fig.7. À gauche, la fenêtre Algèbre, au centre l' image du Soleil avec ses tracés, et à droite, le tableur qui donne ici la période sidérale du Soleil.

Réabonnements

Chers amis abonnés aux Cahiers Clairaut, faites un effort pour vous réabonner le plus rapidement possible. Cela simplifie la tâche des bénévoles qui gèrent les réabonnements et la comptabilité de l'association. Nous vous rappelons les tarifs : adhésion seule **5 €** abonnement seul **25 €** adhésion + abonnement **30 €** adhésion + abonnement + abonnement numérique **35 €**