

AVEC NOS ÉLÈVES

Poursuite de l'exploration du Soleil à l'aide de Geogebra

Sylvie Thiault, professeur de mathématiques, Lyon

Dans le numéro 136 des Cahiers Clairaut, vous aviez pu lire un article présentant une mesure de la période différentielle de rotation du Soleil à l'aide du logiciel GeoGebra. Le présent article reprend la méthode pour insérer des images, calibrer puis propose de mesurer des structures remarquables sur le Soleil. Il s'appuie largement sur une activité proposée par Philippe Merlin dans un « atelier du mercredi » à l'observatoire de Lyon.

Les images

Le satellite SDO (Solar Dynamics Observatory) a été lancé par la NASA le 11 février 2010 de Cap Canaveral en Floride. Depuis sa mise en service, sa mission est d'étudier et de comprendre l'activité solaire.

SDO accueille trois programmes scientifiques :

- AIA pour « Atmospheric Imaging Assembly » ;
- HMI pour « Helioseismic and Magnetic Imager » ;
- EVE pour « EUV Variability Experiment ».

AIA est un ensemble de 4 télescopes conçus pour photographier la photosphère et l'atmosphère du Soleil. Ces instruments disposent de différents filtres permettant des prises de vues à 10 longueurs d'onde différentes. En sondant l'atmosphère du Soleil dans différents domaines, les images obtenues donnent des résultats complémentaires.

HMI est un dispositif conçu pour dresser une carte des champs magnétiques à la surface du Soleil.

EVE mesure la variation des émissions en rayonnement « ultraviolet extrême ».

Nous utiliserons ici des images fournies par AIA¹.



Page d'accueil du site de SDO.

Évaluation des dimensions de taches solaires.

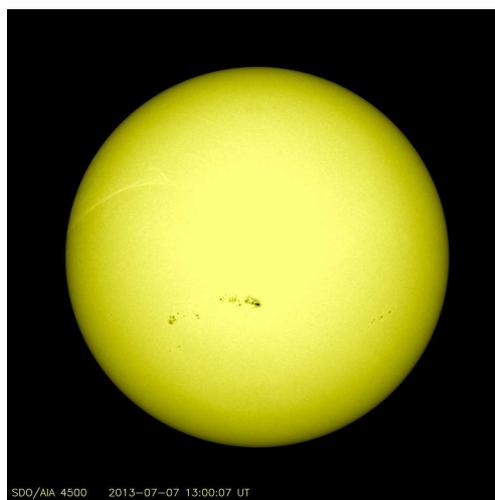
Après observation de taches sur le Soleil au Solarscope, on définit une plage de dates pour que la tache étudiée soit suffisamment éloignée du bord apparent du disque solaire. On choisit des taches qui ont des « bords » le plus nets possibles.

Pour étudier la dimension des taches solaires, nous choisirons les images fournies par l'instrument AIA4500 avec la meilleure définition 4096×4096.

Elles correspondent à des enregistrements à 4500 angströms, c'est-à-dire 450 nm donc en lumière visible. Toutefois le disque solaire est représenté en jaune alors que la « vraie couleur » serait bleu-violet. Ce sont des images en fausse couleur.

Les images sont carrées, elles ont toutes le même cadrage et l'axe du Soleil est toujours l'axe « vertical » de l'image.

Les noms de fichiers sont au format : YYYYMMDD_HHMMSS_4096_4500.jpg.



L' image choisie 20130707_130007_4096_4500.jpg.

¹ Pour en savoir plus sdo.gsfc.nasa.gov/mission/instruments.php

Le traitement des images.

Ouvrir une nouvelle fenêtre GeoGebra

(*)

Insérer image

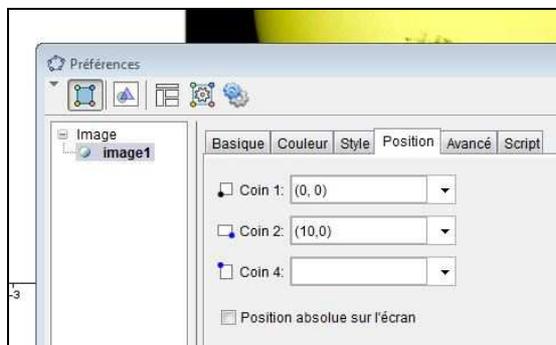
20130707_130007_4096_4500.jpg



Clic droit Propriétés/ image 1

position choisir coin 1 (0,0), coin 2(4096,0);

basique/ objet fixe.



Les images restent carrées, de même dimension et ne bougent pas avec le zoom.

Construire un cercle défini par trois points en cliquant sur le limbe du Soleil. (GeoGebra les nomment A, B et C). GeoGebra nomme le cercle **c**. Zoomer et affiner... On veillera à tenir compte de l'assombrissement du « bord » (astuce, on peut changer l'aspect du point en un rond vide, plus facile pour cadrer dans Éditer/propriétés/style). Un pixel est une unité de GeoGebra).

Construire le centre du cercle **c** : point / Milieu ou centre. 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] ; sa longueur a s'affiche dans la fenêtre d'algèbre. On la renomme r_S (clic droit /renommer).

Pour mieux voir les tracés, on peut modifier le style et la couleur des points et des traits par « clic droit propriétés ... »

On essaie d'avoir une tache proche de l'axe vertical du disque solaire pour qu'elle ne subisse pas de déformation en longitude due à la projection. Pour s'en assurer :

- construire le méridien passant par D : « droite perpendiculaire / passant par D et perpendiculaire à l'axe des abscisses », la renommer m ;
- construire l'équateur : « droite passant par D et parallèle à l'axe des abscisses », la renommer eq.

On zoome sur la tache où l'on veut évaluer une distance entre deux points (ce peut être la taille de la tache, la largeur de la pénombre...).

On construit les deux points E et F.

On construit leur milieu et on s'assure qu'il est proche du méridien a.

(**)

Sinon, on recharge une autre image, un peu plus ancienne ou un peu plus récente, selon la position du milieu.

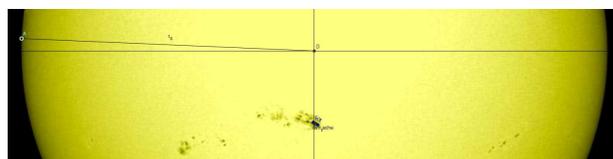
On recommence de (*) à (**) avec cette autre image de la tache. On vérifie que le cercle **c** s'ajuste convenablement avec cette image. Au besoin on rectifie.

Tache proche de l'équateur

Pour une tache proche de l'équateur, on négligera la déformation due à la projection dans le plan perpendiculaire à la ligne de visée.

On construit le segment [EF]. Sa longueur d s'affiche dans la fenêtre « algèbre ».

On la renomme $dim_{\{tache\}}$ et on passe directement au calcul de la taille réelle (page suivante).



Tache plus éloignée de l'équateur

Il est possible de tenir compte de la déformation due à la projection (voir encadré).

On travaille sur une image où la tache est bien axée sur le méridien a.

On construit :

- la parallèle en G à l'équateur eq, on la renomme p,
- l'intersection de p avec le cercle c ; ce sont les points H et I.

Dans la barre de saisie on tape :

- $d_p = \text{segment}[H,I]$
- $c_p = \text{cercle}[D,d_p/2]$.

On construit :

- la parallèle en E à l'équateur eq, on la renomme p_E ,
- la parallèle en F à l'équateur eq, on la renomme p_F ,
- l'intersection de p_E avec le cercle c : ce sont les points J et K,
- l'intersection de p_F avec le cercle c : ce sont les points L et M.

On construit l'arc de cercle défini par son centre D et les points J et L. Attention à l'ordre... arc orienté !

Le renommer « a_1 »

On construit :

- la parallèle en E à l'axe des ordonnées; on la renomme m_E ,
 - la parallèle en F à l'axe des abscisses; on la renomme m_F .
- On construit :
- l'intersection de m_E avec le cercle c_p : ce sont les points N et O,
 - l'intersection de m_F avec le cercle c_p : ce sont les points P et Q.

On construit l'arc de cercle défini par son centre D et les points N et P. on le renomme « a_2 ».

On assimile a_1 et a_2 aux longueurs des deux côtés d'un triangle rectangle d'hypoténuse [EF].

Dans la fenêtre de saisie on calcule :

$$dim_{tache} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

(On pourrait encore améliorer la précision de notre évaluation en ayant recours à la trigonométrie sphérique)

Calcul de la taille réelle de la tache et comparaison au diamètre terrestre

Dans la fenêtre de saisie, on tape $R_S=700000$ (rayon du Soleil en km) et $R_T=6370$ (rayon terrestre moyen en km).

On ouvre une feuille de calcul « fenêtre tableau ».

Dans la feuille de calcul remplie comme ci-dessous

	A	B	C
1		réelles	réduites
2	rayon sol...	700000	1572.86
3			

on tape :

- en B2 : « =R_S »
- en C2 : « =r_S ».
- en C3 : « =dim_{tache} »
- en C2 : « =B2*C3/C2 »
- en B5 : « =R_T »
- en C5 : « =B5*C2/B2 »
- en D3 : « =C3/C5 ».

Pour mieux visualiser, on construit en E un cercle de centre E et de rayon C5. Le renommer t_{erre}

	A	B	C	D
1		réelles en km	réduites	réelle en rayon terrestre
2	rayon solaire	700000	1572.86	100.75
3	tache solaire	8426.43	21.18	1.48
4				
5	rayon terrestre	6370	14.33	
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

L' image de la tache et la feuille de calcul

On peut recommencer en insérant une image d'une autre tache et en ajustant les points E et F.

Pour la tache choisie, on trouve que la distance entre les points E et F qu'on a choisi est d'environ trois rayons terrestres.

Évaluation des dimensions des protubérances

Pour étudier les dimensions de protubérances, nous choisirons les images fournies par l'instrument AIA304 avec la définition 4096×4096.

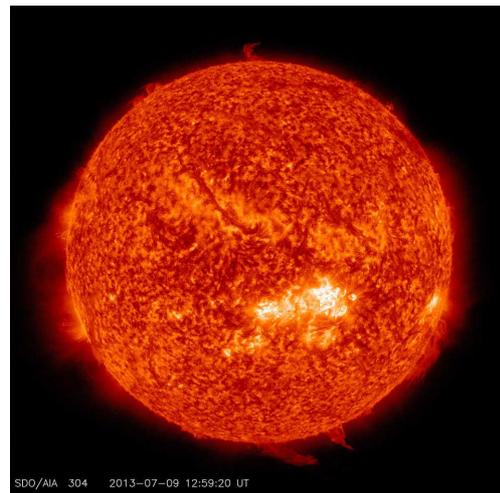
Elles correspondent à des enregistrements à 304 angströms, c'est à dire 30,4 nm (bande de l'HéliumII dans l'extrême ultraviolet). Là encore ce sont des images en fausse couleur !

On choisit une plage de dates qui contient le développement maximum de la protubérance.

Les noms de fichiers sont au format :

YYYYMMDD_HHMMSS_4096_0304.jpg.

On procède comme précédemment pour insérer une image.



L'image choisie 20130709_125920_4096_0304.jpg

On choisit une image dans la plage proche du maximum de développement. On construit le cercle c passant par trois points A, B et C comme précédemment.

On construit le centre D du cercle c .

On construit le sommet de la protubérance E.

On construit [DE] puis son intersection avec c ; c'est le point F.

On construit le segment [DF] ; on le renomme r_S .

On construit le segment [EF] ; on le renomme h .

On pourra tester plusieurs images en les insérant (elles se placent sur l'image insérée précédemment) et choisir celle qui correspond le mieux au maximum de hauteur.

Calcul de la taille réelle de la protubérance et comparaison au diamètre terrestre

On ouvre une feuille de calcul « fenêtre tableau » et on effectue exactement les mêmes opérations que pour une tache solaire en remplaçant simplement $\text{dim}_{\text{tache}}$ par h en C3 (voir encadré colonne de gauche).

	A	B	C	D
1		réelles en km	réduites	réelle en rayon terrestre
2	rayon solaire	700000	1572.86	100.75
3	tailleur prot.	60000.00	146.07	10.10
4				
5	rayon terrestre	6370	14.33	
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Pour la protubérance choisie on trouve environ 10 rayons terrestres.

D'autres études sont possibles :

- évaluation de la vitesse d'expansion de structures au limbe en calculant la vitesse moyenne d'expansion entre deux prises de vue ;
- comparaison des images obtenues à la même date mais avec des instruments différents.

(Le programme des ateliers du mercredi de l'observatoire de Lyon s trouve sur www-obs.univ-lyon1.fr/spip.php?article429)