

Les taches solaires : mesurer la période de rotation du Soleil

1. Situation déclenchante : observation du Soleil

L'observation du Soleil avec les élèves se par projection (par exemple avec un Solarscope <http://www.solarscope.com/fr/> ou avec un instrument muni d'un filtre adapté (filtre pleine ouverture ou lunette de type Coronado).

Les élèves relèvent leurs observations (dessins ou photos).

Les observations peuvent se faire ponctuellement (choisir de préférence un jour où il y a des taches sur le Soleil) ou régulièrement.

Faire émerger les représentations des élèves.

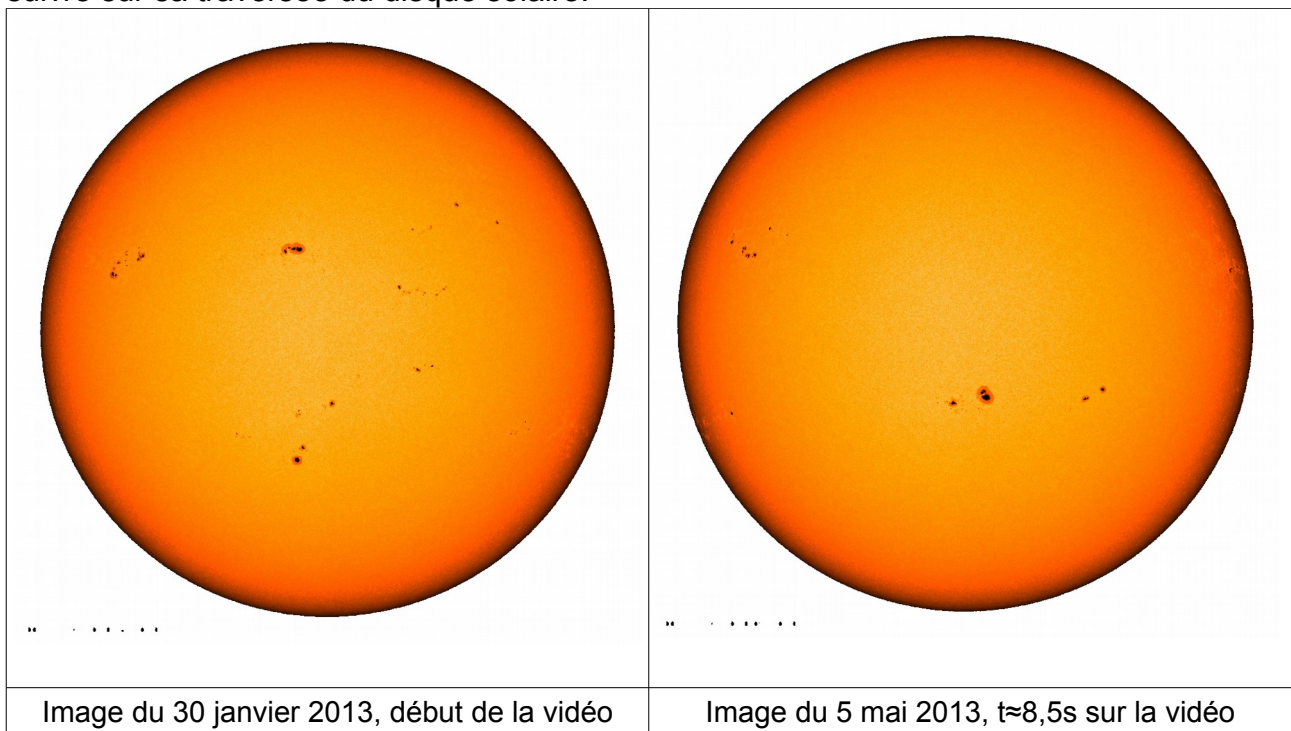
Montrer les dessins de Galilée (1612) et les films des taches observées par le satellite SDO (instrument HMI) en 2013 (fichiers à télécharger). Remarquer que les taches se déplacent toutes dans la même direction (gauche droite) avec à priori la même vitesse. Recueillir les hypothèses des élèves quant au déplacement des taches.

Au début du 17^{ème} siècle, pour Apelle, les taches solaires n'étaient rien d'autre qu'une multitude de petites étoiles tournant autour du Soleil tandis que pour Galilée : « *dans leur mouvement, les taches ont même latitude, mais sont de longitude variable, ce qui montre la conversion du Soleil sur lui-même et la proximité des taches du globe solaire.* »

(http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rhs_0048-7996_1966_num_19_4_2508)

2. Déplacement des taches

A partir des images HMI de 2013, choisir une tache ou un groupe de tache que l'on peut suivre sur sa traversée du disque solaire.



2.1 Traversée du disque solaire

Relever les positions successives d'une tache ou d'un groupe de tache d'un côté à l'autre du Soleil. On peut le faire directement en se repérant sur la ligne de déplacement des taches (utilisation collective du TBI, ou placer un calque ou un transparent sur l'écran de l'ordinateur et repérer les différentes positions).

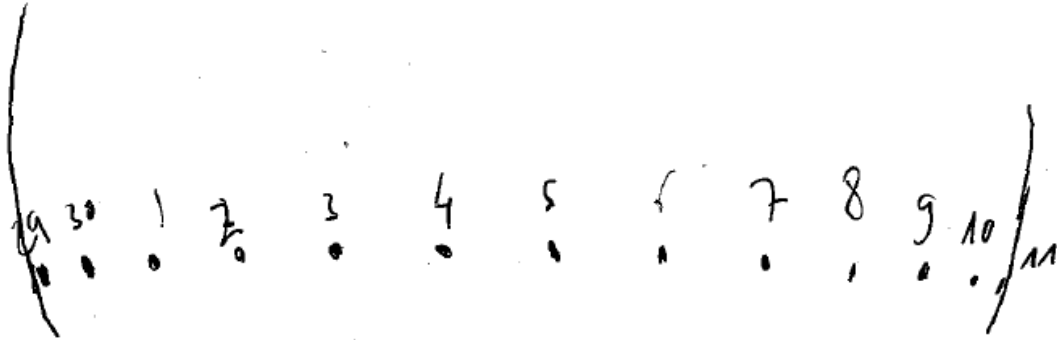


Fig.1 : relevé de taches par transparence sur écran du 29 avril au 11 mai.

On peut le faire aussi en repérant à l'aide d'un logiciel de traitement d'images (par exemple AstrolmageJ) les positions successives des taches (en pixels). Les mesures sont ensuite reportées sur un tableur et on obtient le graphique ci-dessous donnant le déplacement en fonction du temps.

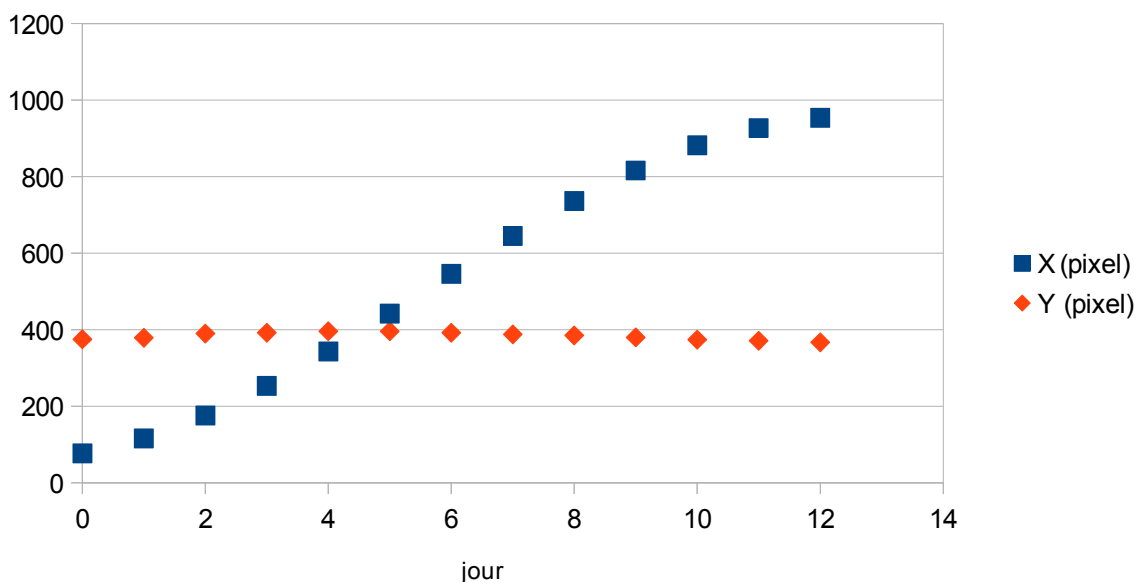


Fig. 2 : Positions successives horizontales (X) et verticales (Y) de la tache centrée le 5 mai 2013. La tache met un peu plus de 12 jours pour traverser le disque solaire.

2.2 Mise en évidence de la rotation

Remarquer que les taches se déplacent plus vite lorsqu'elles sont proche du centre du disque plutôt qu'au bord (limbe). Comme toutes les taches se déplacent de la même manière, on peut alors émettre l'hypothèse que les taches se situent à la surface d'une sphère qui tourne sur elle même.

2.2.1 Modélisation

Vérifier cette hypothèse en modélisant le soleil avec une balle ou une boule de polystyrène et la tache par une marque sur celle-ci. Faire tourner la boule sur elle même et remarquer que l'observateur voit la tache se déplacer plus rapidement lorsqu'elle est face à lui. Pour un observateur situé au dessus de l'axe de rotation, la tache se déplace à vitesse régulière.

2.2.2 Calcul du rayon de la sphère des taches

Construire le cercle sur lequel se déplace la trace à partir des positions relevées.

Pour cela tracer sur un axe les différentes positions de la tache, et estimer la distance parcourue en une journée lorsque la tache est face à l'observateur, c'est à dire lorsqu'elle traverse le milieu du disque. Dans notre exemple, il s'agit de la distance parcourue entre le 4 et le 5 mai. Reporter cette longueur entre chaque position, chaque mesure correspond alors à une projection de la tache sur une droite perpendiculaire à la ligne de visée.

Déterminer le centre du cercle passant par les points (intersection de deux bissectrices de deux couples de points, cf. figures 3 et 4).

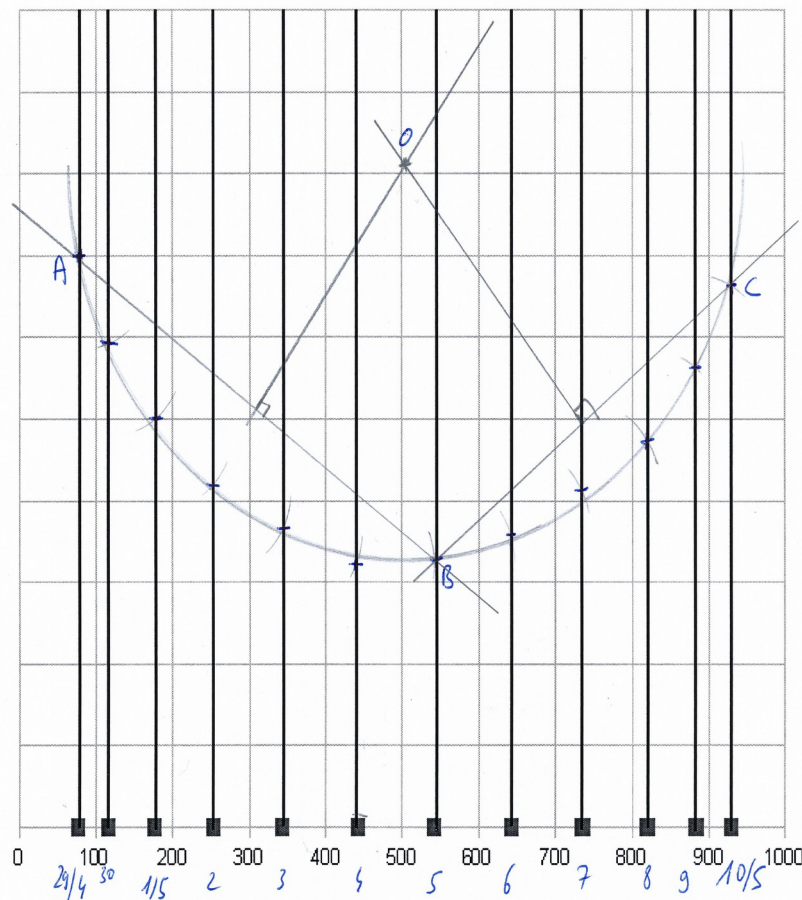


Fig. 3 : Construction du cercle. Sur l'axe gradué de 0 à 1000 (pixels) sont reportées les positions de la tache du 29 avril au 10 mai relevées à l'aide d'un logiciel de traitement d'images donnant la position du curseur en pixels.

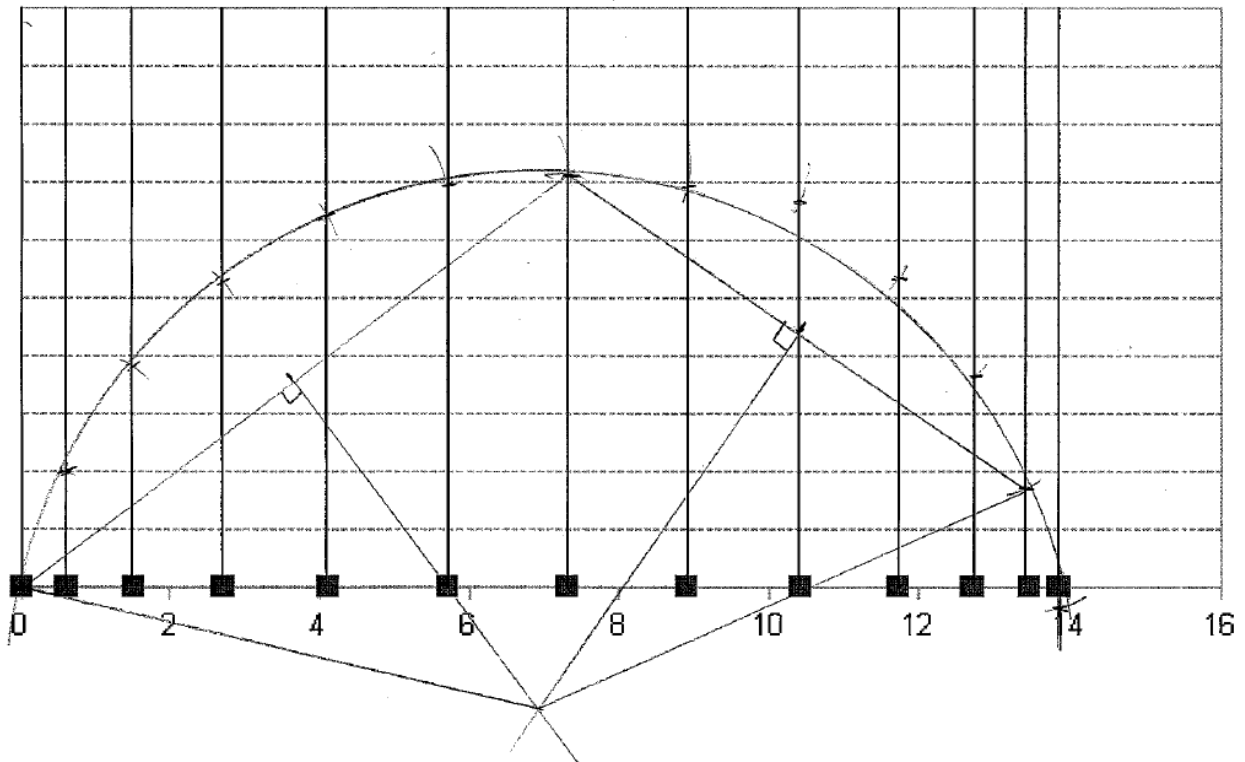


Fig. 4 : Construction du cercle à partir des relevés effectués « à la main » du 29 avril au 11 mai (cf. figure 1). Le centre du cercle est obtenu selon la même méthode qu'à la figure 3.

A partir de la position du centre du cercle, comparer le rayon du cercle sur lequel circulent les taches avec le rayon du Soleil. On trouve que les deux rayons ont le même ordre de grandeur. En comparant avec les résultats obtenus avec d'autres taches, on peut en déduire que c'est l'hypothèse formulée par Galilée qui est la bonne.

2.2.3 Utilisation d'une grille solaire.

On peut aussi utiliser une grille sphérique à l'échelle du Soleil, y repérer les taches et en déduire qu'elles se trouvent à sa surface. Ces grilles sont disponibles en fonction de la période d'observation sur la page <http://solaire.obspm.fr/pages/grilles/grilles2013.html>.

Choisir une grille correspondant à la période d'observation, l'afficher à l'écran et la redimensionner pour qu'elle se superpose en mode plein écran au relevé effectué avec le transparent (figure 1). Par exemple, en utilisant le logiciel photofiltre, la taille de l'image sera redimensionnée à 740x740 pixels au lieu de 640x640 (taille d'origine).

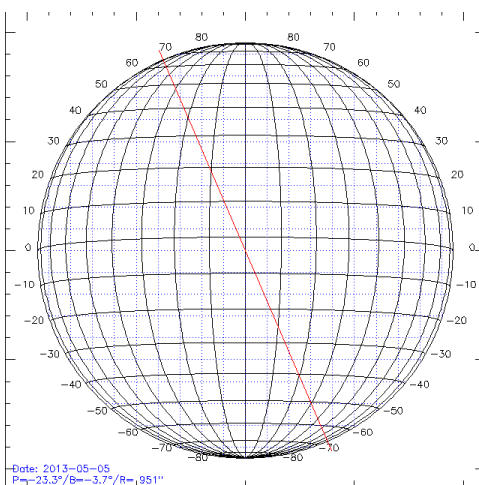


Fig. 5. Les parallèles et méridiens sont tracés sur cette grille solaire. Le groupe de taches que l'on suit se trouve proche du parallèle situé à -20° et le suit tout au long de la traversée du disque solaire..

Comme la dimension de la grille est la même que celle du Soleil et que les taches se déplacent suivant les parallèles, les taches se trouvent à la surface du Soleil, l'hypothèse de Galilée est donc vérifiée.

2.2.4 Calcul de la période de rotation.

Calculer l'angle AOC des figures précédentes et en déduire la période de rotation.

Sur la figure 3, on mesure que tache a parcouru 147° en 11 jours, la période de rotation du Soleil est donc de 26,9 jours. Le relevé effectué par transparence donne par la même méthode un angle de 144° , soit une période de rotation de 27,5 jours.

En repérant la position des taches sur la grille (chapitre précédent), on voit que la tache a parcouru environ 150° en 11 jours, soit une période de rotation de l'ordre de 26,4 jours.

La période de rotation des taches est beaucoup plus rapide que la durée de la révolution de la Terre autour du Soleil. Le mouvement des taches à la surface du Soleil ne peut donc être dû au fait que la Terre se déplace autour du Soleil. C'est donc le Soleil qui tourne sur lui-même avec une période d'environ 27 jours pour les taches se trouvant à une latitude d'environ -20° ;

En suivant des taches situées à différentes latitudes, montrer que la période de rotation diminue lorsqu'on s'éloigne de l'équateur (rotation différentielle).

2.3 Inclinaison de l'angle de rotation

La Terre n'est pas forcément perpendiculaire à l'axe de rotation du Soleil. On peut calculer l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil à partir des mesures.

3. Diamètre du Soleil

En visionnant en boucle le film des taches solaires du premier semestre 2013, on peut remarquer que le Soleil n'a pas le même diamètre entre les mois de janvier et de juin. Est-ce une variation régulière ? Quelle peut-être la cause de cette variation ?...