

Autour de la Semaine européenne de la météo de l'espace



Le Soleil au collège

Frédéric Pitout

frederic.pitout@irap.omp.eu

Sommaire

- Le Soleil, qu'est-ce que c'est ?
- Pourquoi les scientifiques s'intéressent-ils (encore) au Soleil et qu'entend-on par « météo de l'espace » ?
- Pourquoi parler du Soleil en classe ? Les points des programmes des cycles 3 et 4 en lien avec le Soleil.
- Qu'observer et comment observer ? Exemples d'activités
- Quelques mots sur le concours « L'espace fait sa météo »
- Ressources

Le Soleil est une étoile

Définitions d'étoile :

- (Larousse) Astre doué d'un **éclat propre**, dû aux **réactions thermonucléaires** dont il est le siège ;
- (CNRTL) Astre brillant de sa **propre lumière**, observable sous la forme d'un point scintillant, **sans mouvement apparent** ;
- (CNRTL) Usuel, par extension : tout astre brillant (étoile ou planète) autre que le soleil et la lune ; **NON !**
- (Robert) Astre producteur et émetteur d'énergie ;
- (Robert) courant : tout astre visible, excepté le Soleil et la Lune ; point brillant dans le ciel, la nuit ; **NON !**
- (Wikipedia) Une étoile est un corps céleste **plasmatique** et **autogravitant** qui rayonne sa **propre lumière** par réactions de **fusion nucléaire**, ou des corps qui ont été dans cet état à un stade de leur **cycle de vie**.

Discussion sur les termes :

- **Éclat propre, rayonne sa propre lumière** : oui mais... C'est valable pour la lumière dite « visible » ;
- **Réactions thermonucléaires, fusion nucléaire** : source d'énergie des étoiles, des petits atomes fusionnent pour donner des plus gros ce qui s'accompagne d'une libération d'énergie (lumineuse entre autres) ;
- **Sans mouvement apparent** : oui mais... De quel mouvement parle-t-on ? Au mieux, c'est valable aux petites échelles de temps ;
- **Plasmatique** : fait de plasma (un gaz très chaud aux propriétés particulières) ;
- **Autogravitant** : qui se maintient sous l'effet de son propre poids ;
- **Cycle de vie** : le « carburant » peut changer au cours de l'évolution d'une étoile et quand il n'y a plus de carburant elle s'éteint de manière plus ou moins cataclysmique.

Soleil et météorologie de l'espace

Le Soleil, ce n'est pas seulement une source de lumière et de chaleur



Image: Burkhard Mücke (CC BY-SA 4.0)



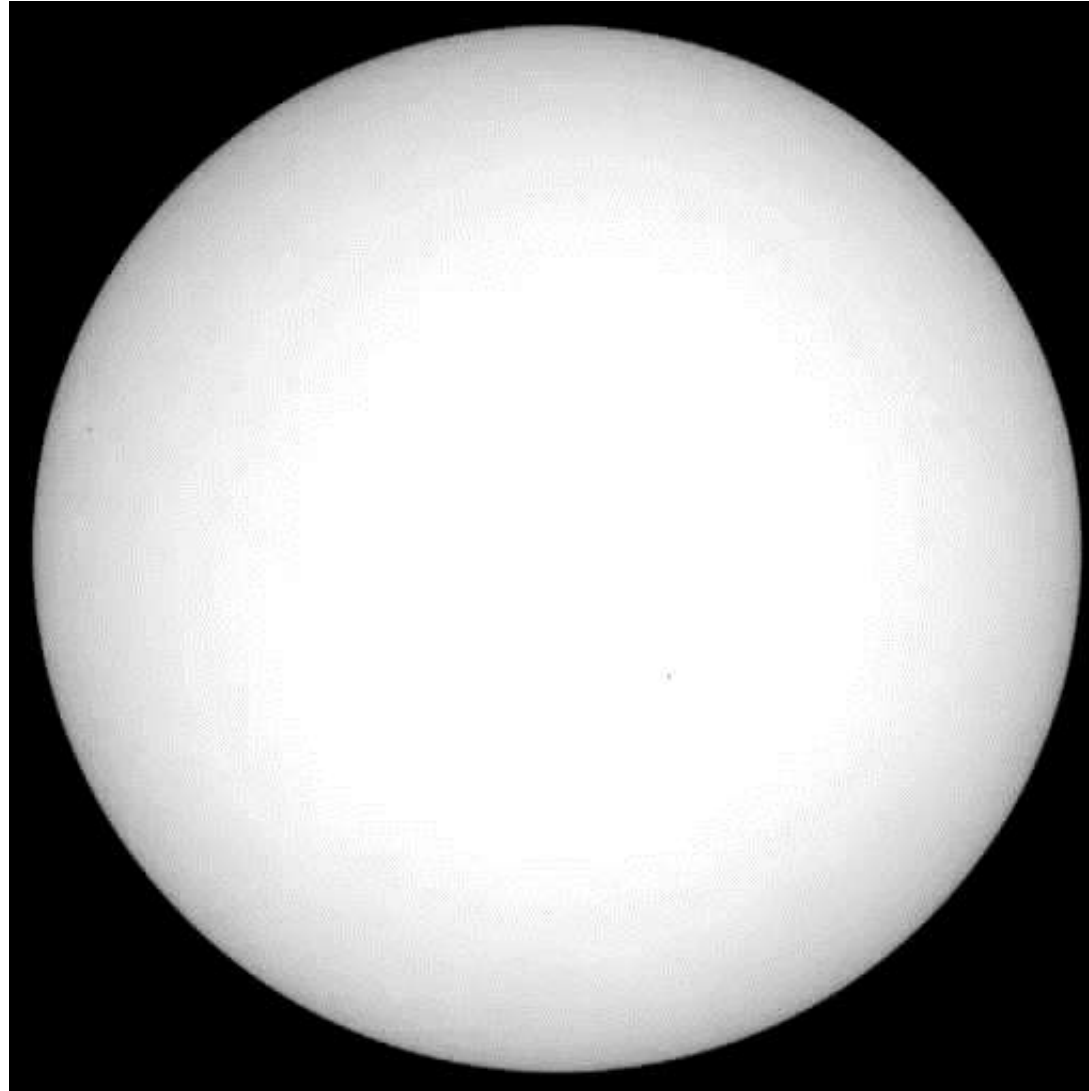
Image: Shailsh Telang (CC BY-SA 4.0)



Image: Guilhem Vellut (CC BY-SA 4.0)

Soleil et météorologie de l'espace (2)

Le Soleil, c'est aussi une étoile active qui éjecte continuellement de sa propre matière (vent solaire) de manière plus ou moins « calme ».

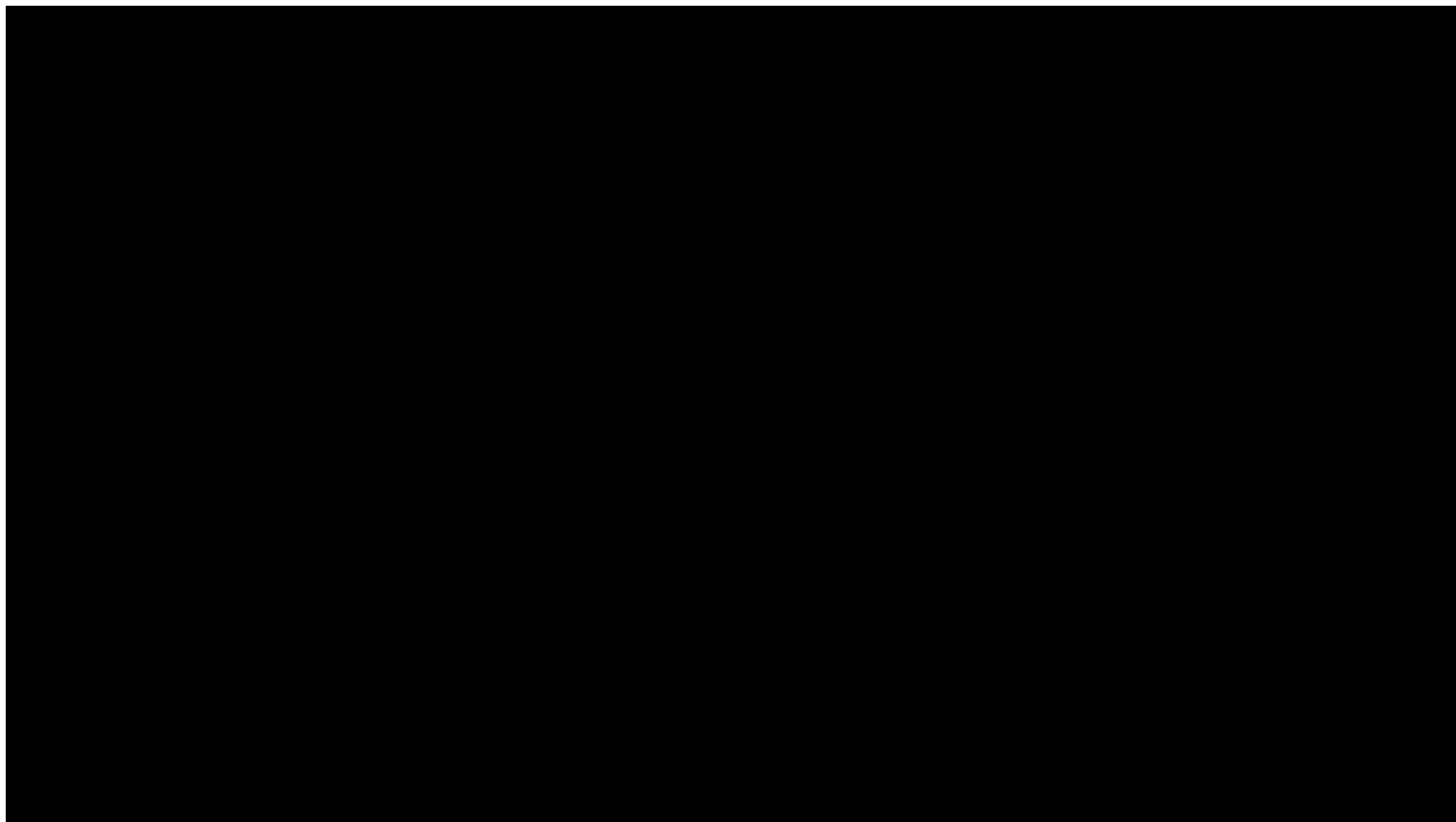


Compilation d'images de l'observatoire spatial SoHO (Esa/Nasa)

<https://soho.nascom.nasa.gov/gallery/Movies/10th/Spectacular.mpg>

Soleil et météorologie de l'espace (3)

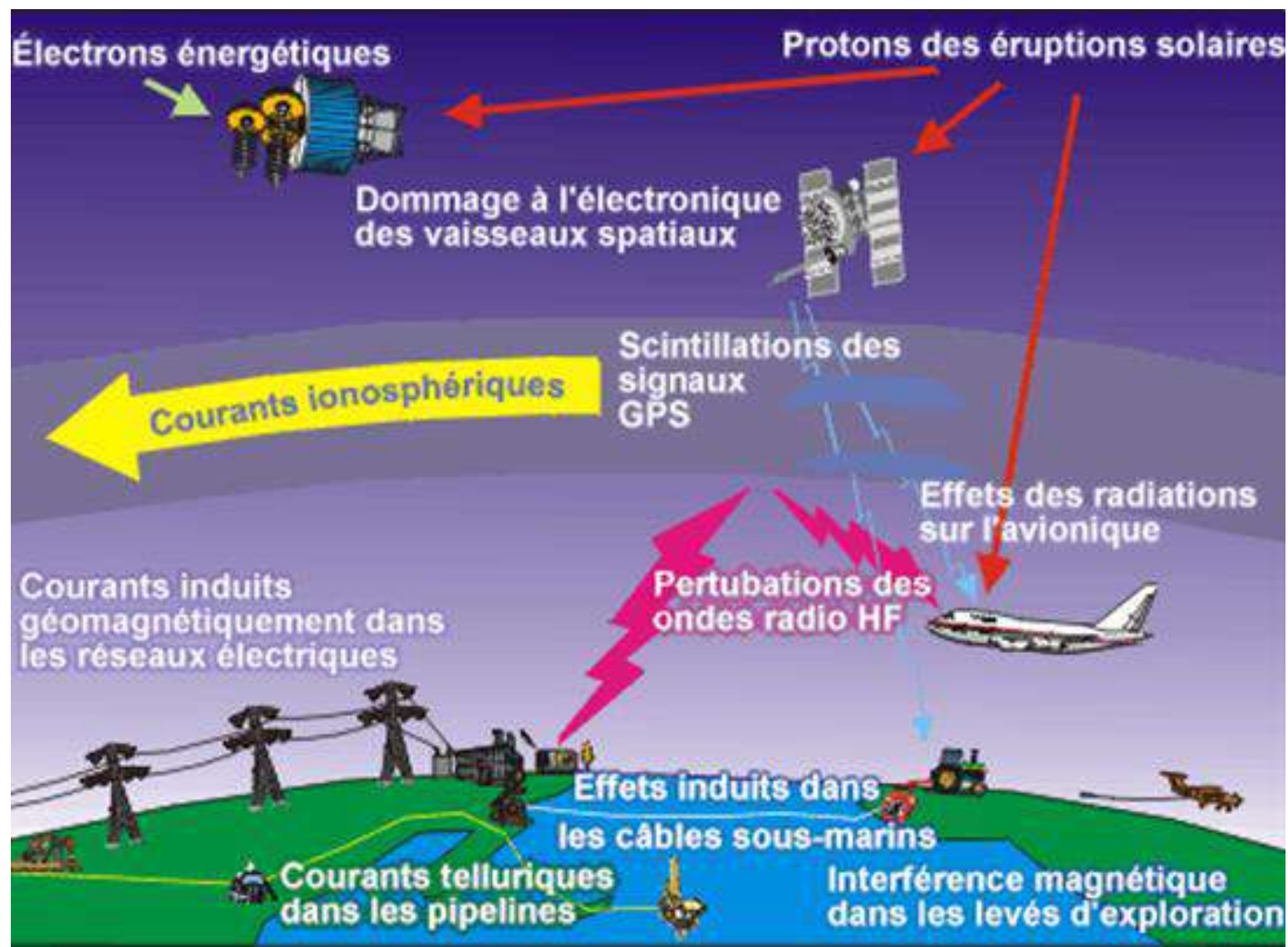
Vent solaire qui affecte tout l'environnement solaire (héliosphère), dont la Terre. Il provoque les belles aurores polaires...



Soleil et météorologie de l'espace (4)

... et des conséquences moins désirables !

D'où un besoin de prévoir l'activité solaire et ses effets.



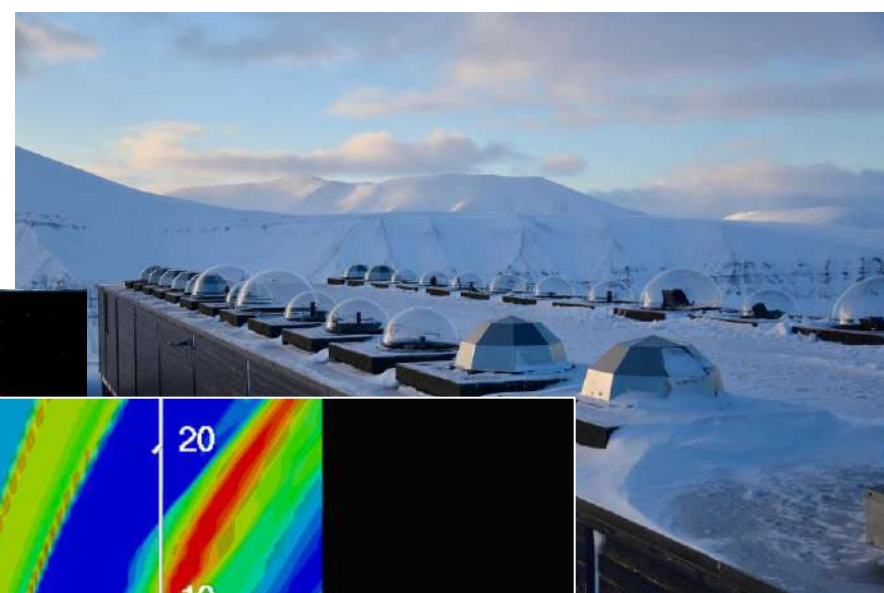
Soleil et météorologie de l'espace (5)

Comment étudie-t-on le Soleil et ses effets ?

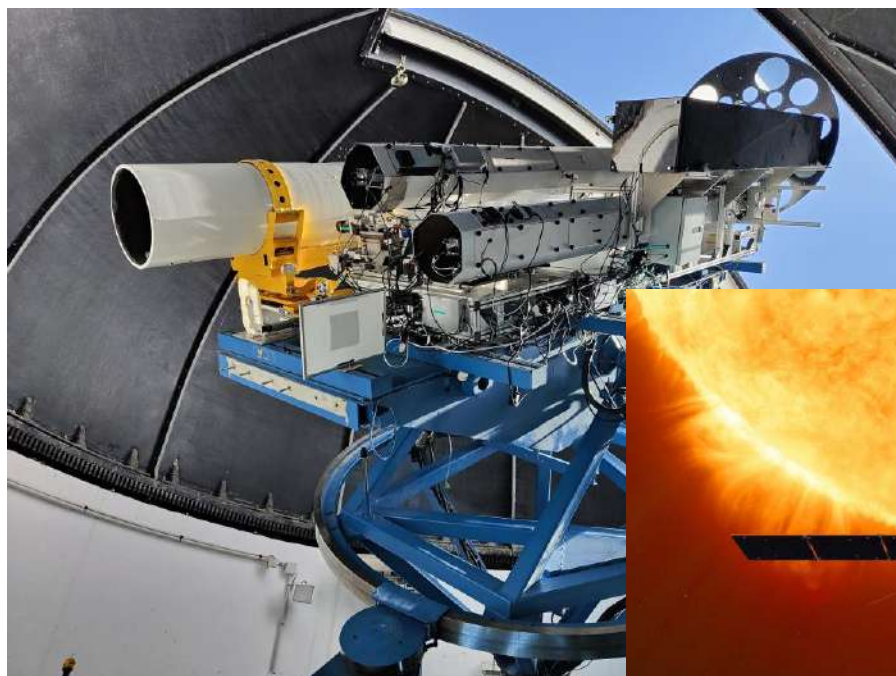
En observant le Soleil

En observant l'environnement spatial

Par la modélisation numérique



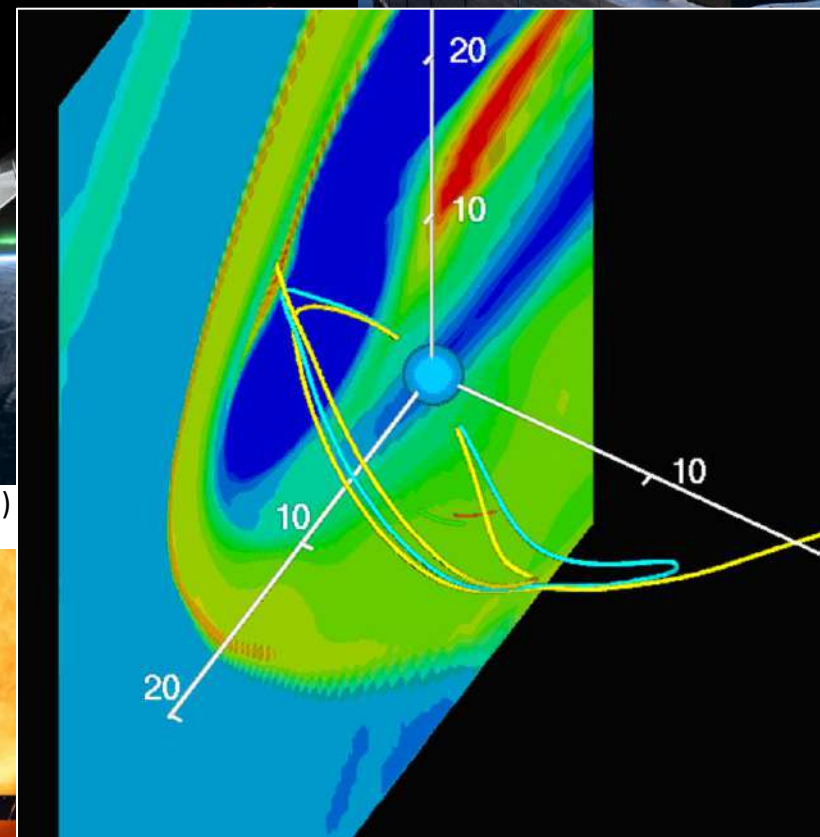
au Svalbard (KHO/UNIS)



Climso au pic du Midi (image : F. Vaissière)



Satellites Swarm (Esa)



Simulation MHD (Pitout et al. 2020)



Solar orbiter (Esa)



Radars Eiscat au Svalbard (image : C. Heinselmann)

Soleil et météorologie de l'espace (6)

Quels effets ? Quelques exemples concrets.

The image displays three overlapping web pages related to space weather. The leftmost page is from 'Ciel & espace' and shows a large image of a solar flare with the text 'SpaceX' and 'Le lancement de...'. The middle page is from 'THE LOCAL se' and features an article titled "'Solar storm' grounds Sweden's planes" dated 4 November 2015. The article text includes: "Planes were grounded at some of Sweden's busiest airports because of a 'solar storm' interfering with air traffic control, a spokesman for the Swedish Transport Agency said. No aircraft were allowed to take off from airports in the region to a massive geomagnetic solar flare storm caused by a coronal mass ejection (CME) from the sun. Ulf Wallin, press spokesperson at Swedavia, the Swedish Transport Agency, told TT that airports at Landvetter in Gothenburg and Stockholm were affected." The rightmost page is from 'The Washington Post' and features an article titled "The scary Halloween solar storm of 2003: a warning for today's space weather" by Steve Treloar, dated October 31, 2015. The article includes a photograph of a witch silhouette flying against a background of the aurora borealis. The text states: "Ten years ago, the sun provided an unexpected extra dimension to the tricks and treats of Halloween. The trick was a solar-terrestrial nightmare coming to life. The treat was a spectacular aurora 'with green phantom 'northern lights' seen as far south as Texas and Florida'." A quote from 1935 is also visible: "The Halloween magnetic storm in 2003 produced spectacular aurora, with green 'phantom' northern lights seen as far south as Texas and Florida".

Activité solaire et climat

L'activité solaire n'explique pas le changement climatique actuel.

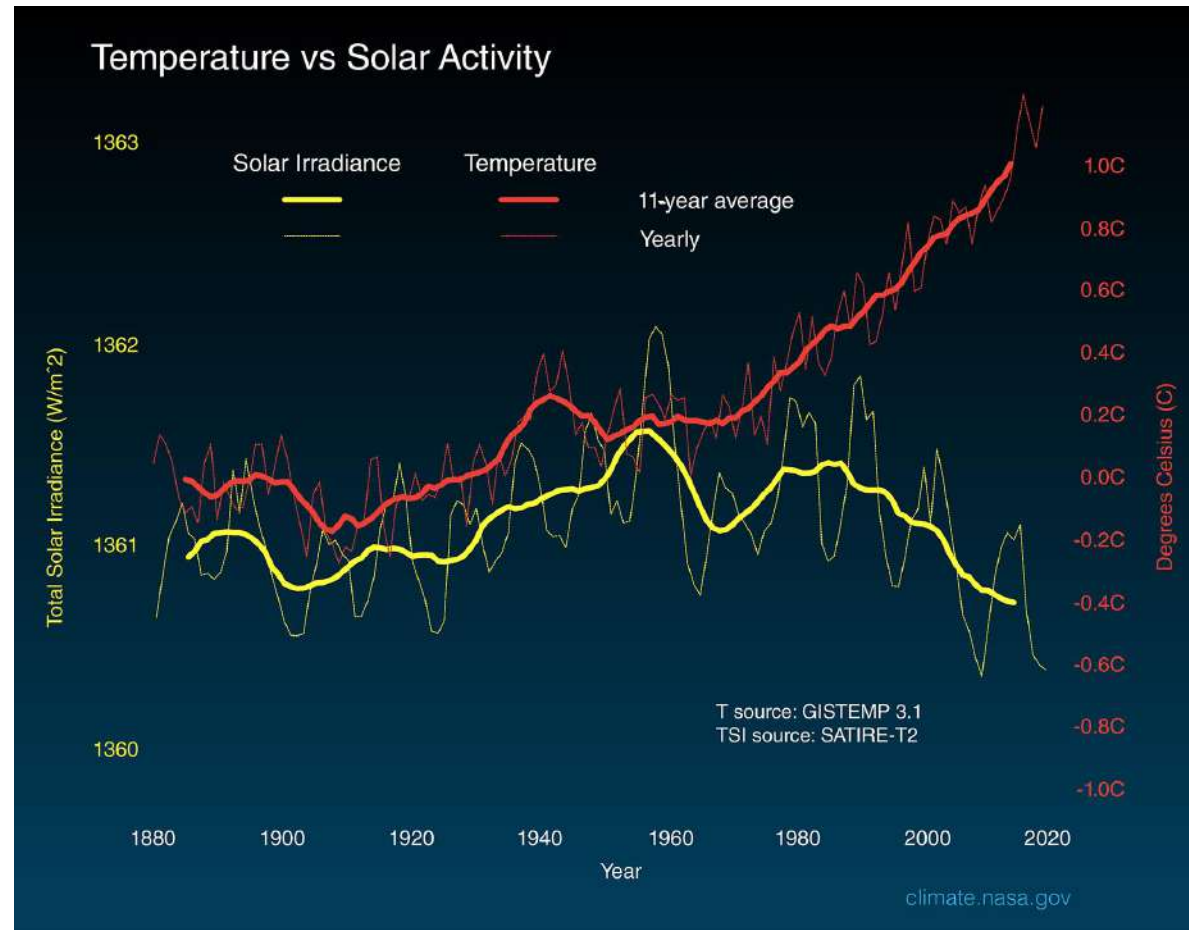


Image : Nasa

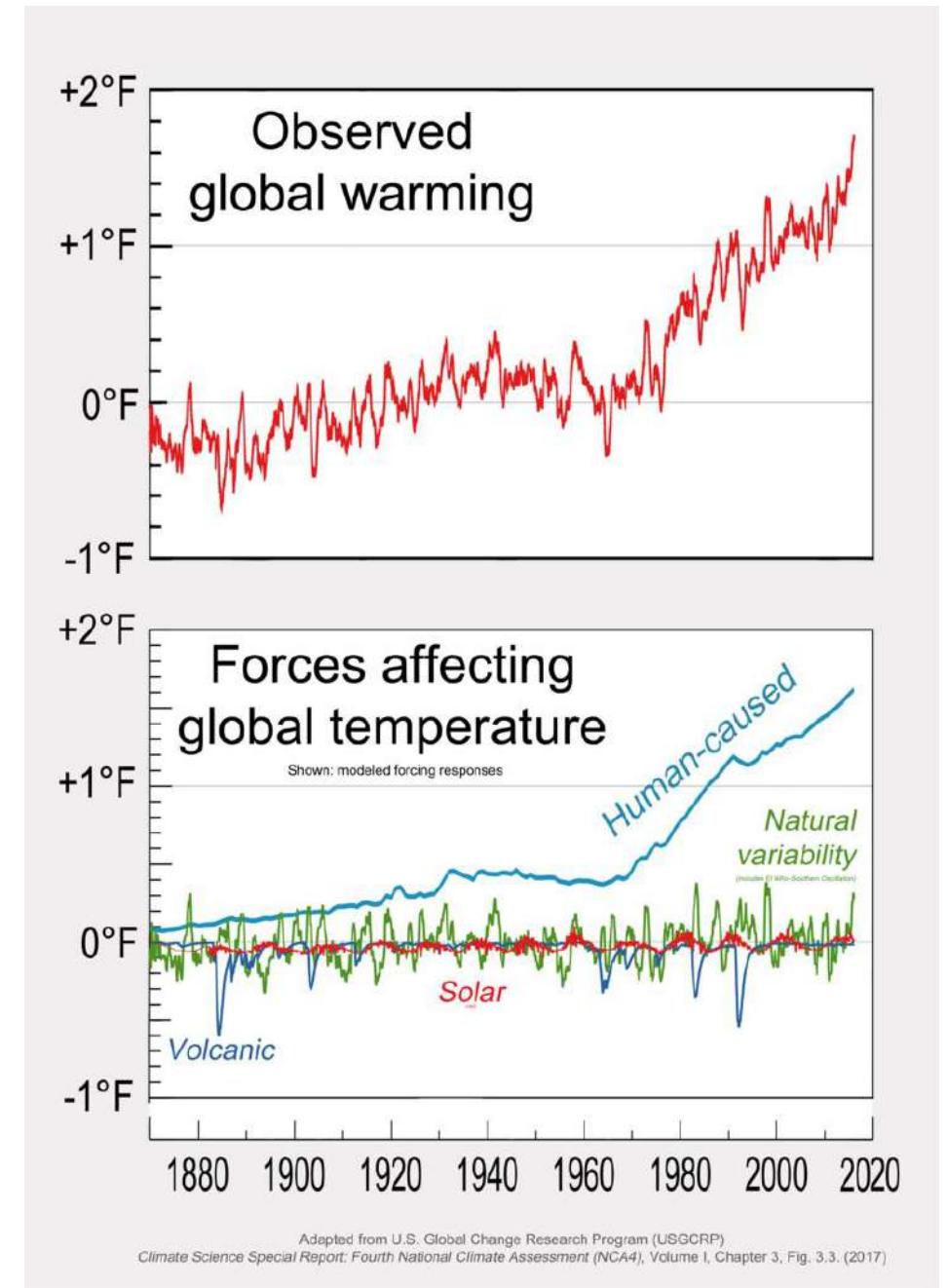


Image : US Global Change Research Program

Le Soleil au cycle 3 (6^e)

Document de référence : <https://eduscol.education.fr/document/50990/download>

- Différents types de mouvement

- Calcul de vitesse (par rapport à...) : exemple des éjections solaires. Comparaison avec la vitesse de la lumière et temps de parcours Soleil-Terre.

- Le Soleil, référence pour le calcul de la durée du jour et de l'année.

- Ressources en énergie et conversions d'énergie

- Le Soleil comme source d'énergie et transformation de l'énergie solaire (lumineuse) en d'autres formes d'énergie (thermique, cinétique, électrique)

- Signal et information

- Alternance jour/nuit

- Saisons (durée des journées en fonction de la latitude, hauteur du Soleil dans le ciel à midi solaire, effet sur la température)

- La Terre, une planète singulière et active

- Décrire les conditions qui permettent la présence de la vie sur Terre (atmosphère et température compatibles avec la vie, présence d'eau liquide) en lien avec la place de la Terre dans le Système solaire.

Le Soleil au cycle 4

Document de référence : <https://eduscol.education.fr/document/621/download>

- Organisation et transformations de la matière

- Structure de l'Univers et du Système solaire
- La matière dans l'Univers (par ex. : de quoi est fait le Soleil ?)
- Formation du Soleil et du Système solaire
- Les éléments dans l'Univers

- Mouvement et interactions

- Caractériser le mouvement d'un objet
- Forces (et équilibre de forces)
- Pesanteur (Terre, Lune, Soleil)

- L'énergie, ses transferts et ses conversions

- Différentes formes d'énergie et conversion
- Émission et absorption de rayonnement
- Effet de serre

- Des signaux pour observer et communiquer

- Distinguer une source primaire (objet lumineux) d'un objet diffusant (attention à la distinction étoile/planète).
- Exploiter expérimentalement la propagation rectiligne de la lumière dans le vide et le modèle du rayon lumineux (réflexion, mesure de distance, principe du télescope).
- Unité année-lumière (ou minute-lumière dans le Système solaire).

- Enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI)

- Histoire des représentations de l'Univers
- Expérience d'Eratosthène
- Instruments (astrolabe, sphère armillaire)
- Changements climatiques passés et actuel (rôle du Soleil)

Activité : courses du Soleil et saisons avec maquette

Pourquoi les journées sont plus longues en été qu'en hiver ? (Observation ou calendrier)

Pourquoi le Soleil ne se lève pas toujours exactement à l'est et ne se couche pas toujours exactement à l'ouest ?

Pourquoi est-il plus haut dans le ciel en été qu'en hiver ?

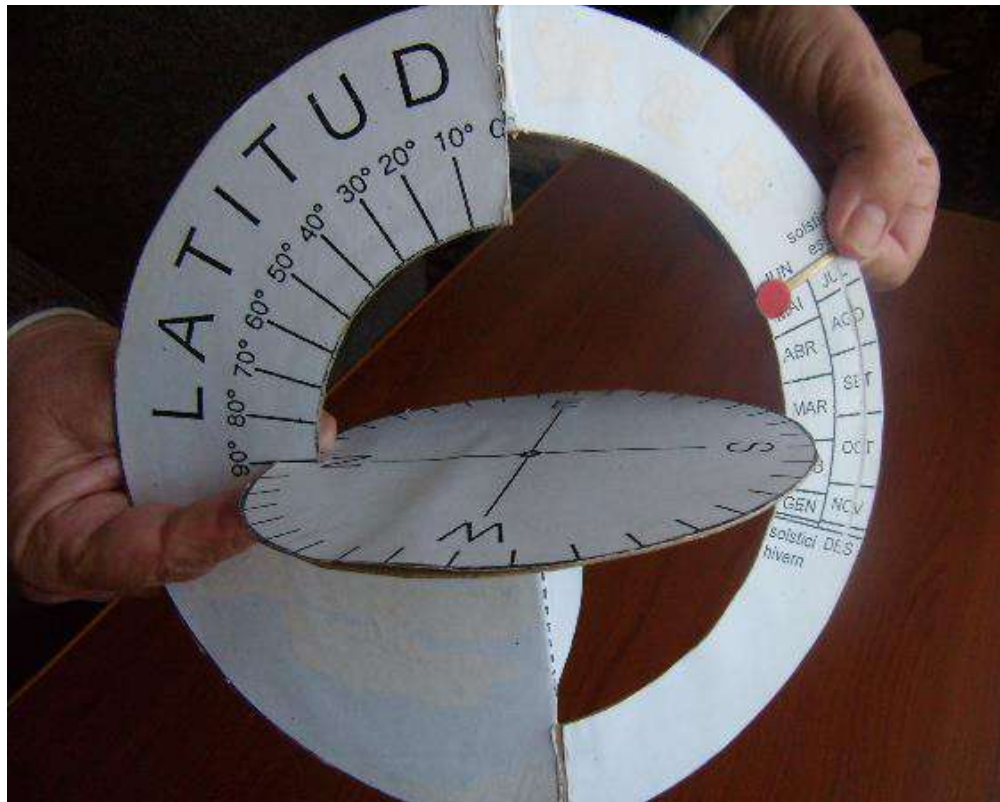


Image : Nasé



Photos : P. Causeret (Clea)

Démonstrateur du Nasé
(sphère armillaire simplifiée)
Facile à fabriquer et à utiliser.

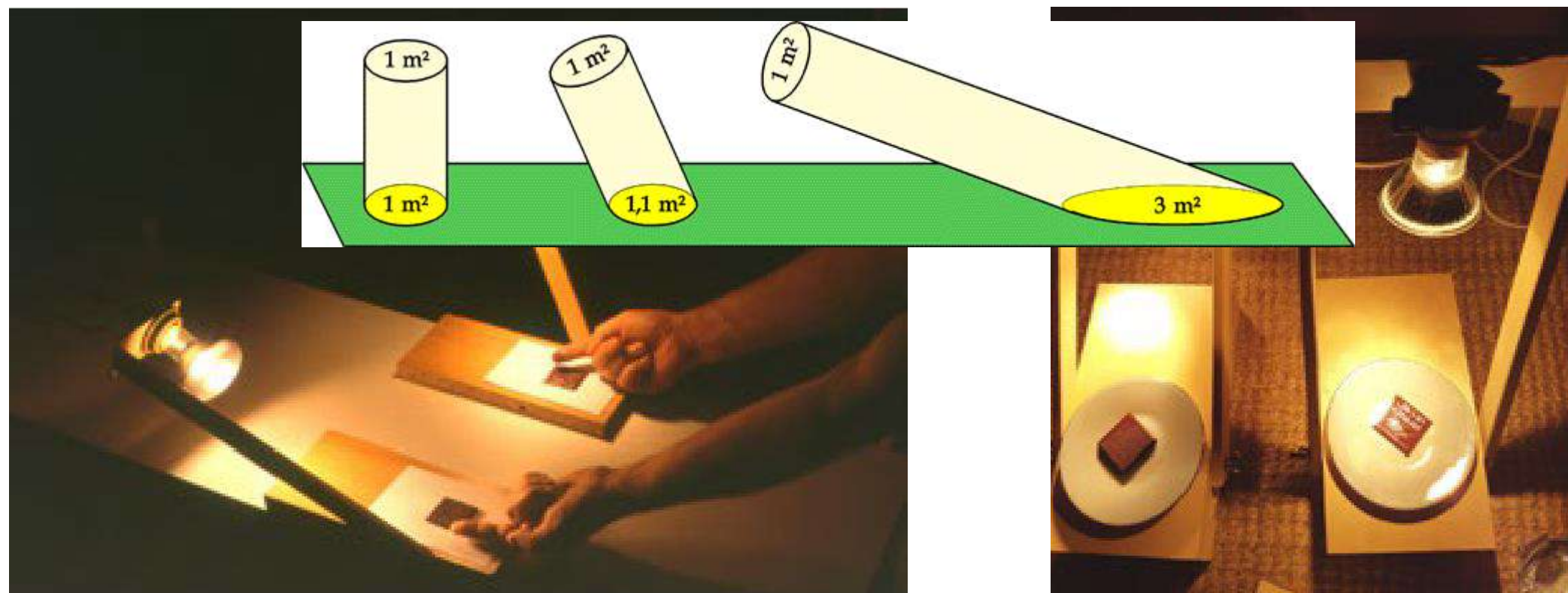
Activité : course du Soleil et saisons avec Stellarium



Activité : pourquoi fait-il plus chaud l'été ?

Expérience : deux morceaux de chocolat éclairés par la même lampe mais vus sous des angles différents. L'un fond, l'autre pas !

Tordre le cou à l'idée encore très répandue que les saisons seraient dues à la distance Soleil-Terre qui varie !



Activité : exploitation d'images de Climso (pic du Midi)

Mesures sur les images de l'instrument CLIMSO

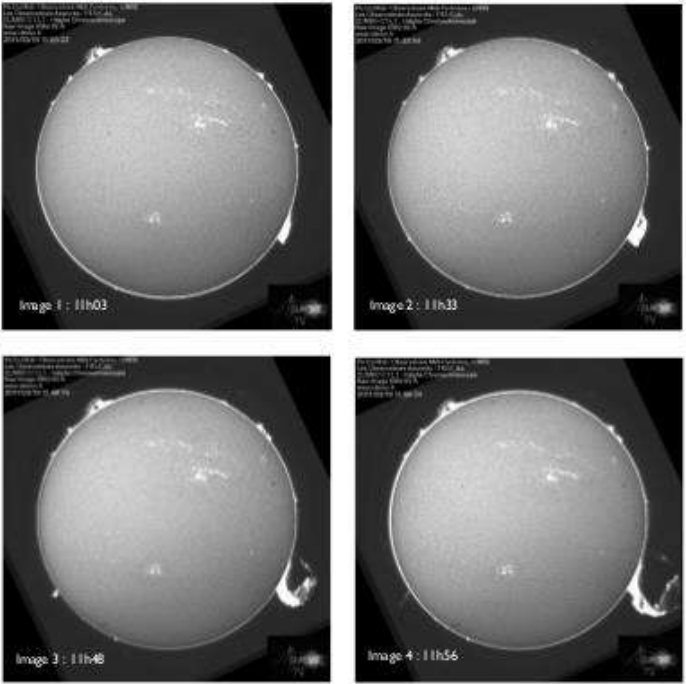
Les images ci-dessous sont issues de l'instrument CLIMSO du Pic du Midi. Chaque image combine une vue du coronographe H-alpha (pourtour du Soleil) et de la lunette H-alpha (surface du Soleil).

- A partir des informations ci-contre, estimer l'échelle des images
1 cm = _____

- Estimer la taille de la protubérance au sud-ouest sur les quatre images:
Image 1 = _____ Image 2 = _____
Image 3 = _____ Image 4 = _____
(vous pouvez aussi mesurer les tailles des autres protubérances)

- En déduire la vitesse de développement de la protubérance entre chaque image et/ou la vitesse de propagation moyenne entre la première et la dernière image.
 $V_{1,2}$ = _____ $V_{2,3}$ = _____ $V_{3,4}$ = _____
 $V_{1,4}$ = _____

SOLEIL
Distance de la Terre : 149 600 000 km
Température de surface : 5 778 K
Rayon : 695 500 km (1 R_☉)
Masse : 1,989E30 kg



- Exploitation de clichés d'une éjection de matière à plusieurs étapes (instants) pour
- calculer la taille de l'éjection
 - calculer la vitesse de l'éjection
 - estimer le temps de propagation jusqu'à la Terre
 - et après ? Météo de l'espace !

Activité : durée de « vie » du Soleil

But de l'exercice : Calculer la durée de vie du Soleil sachant que...

- Dans le cœur nucléaire du Soleil, les atomes d'hydrogène (masse 1,00794 uma) fusionnent par 4 pour donner un atome d'hélium (masse 4,002602 uma).
- La masse du cœur représente 10% de la masse totale M_{\odot} de notre étoile ($M_{\odot} \approx 2 \times 10^{30}$ kg)
- L'énergie correspondant à la perte de masse est donnée par la célèbre équation $E = \Delta M \times c^2$ (avec $c \approx 3 \times 10^8$ m/s)
- La luminosité du Soleil L_{\odot} vaut env. 4×10^{26} W (J/s)

L'exercice peut paraître ardu mais il ne fait en fait appel qu'à des notions que vos élèves ont vues (puissances de dix, proportionnalité, variations) et des calculs simples. En procédant par étapes, c'est très faisable.

Quelques mots à propos du concours « L'espace fait sa météo »

- Objectif : faire réfléchir et interagir les élèves sur l'objet Soleil
- Format attendu : une courte vidéo de 3 min maximum (aide du chargé de mission cinéma et audiovisuel possible)
- Contenu : libre ! mais en lien avec le Soleil et ses effets
 - Observations
 - Suivi d'activité
 - Modélisation
 - Spectacle
 - ...
- Intervention des scientifiques de l'Irap possible via le dispositif « Rencontres Exploreur »
- Calendrier et remise des prix à préciser très prochainement

Quelques ressources

- Cnes : <https://enseignants-mediateurs.cnes.fr>
- Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) : <http://clea-astro.eu>
- Commissariat à l'énergie atomique (CEA) : <https://www.cea.fr/> (espace enseignants)
- Fondation La main à la pâte : <https://fondation-lamap.org/>
- Groupe d'accomp. péda. pour le pic du Midi (Gappic) : <https://gappic.bagn.obs-mip.fr/>
- Réseau d'éducation à l'astronomie (Nasé) : <https://www.naseprogram.org/fr/>
- Oframe : <http://www.meteo-espace.fr/meteo-espace/fr>
- Service éducatif de l'Observatoire Midi-Pyrénées : <https://edu.obs-mip.fr/>
- Soleil en direct (SoHO) : <https://soho.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html>
- Stellarium : <https://stellarium.org/fr/>

