

Picard / Une mission originale dédiée au Soleil

RÉALISÉ PAR ANNE LAMY POUR LE CNES

Sans Soleil, pas de vie sur Terre. Pendant des millénaires, notre astre est resté une source d'adoration et de peurs. Ce sont les astrologues chinois qui se sont intéressés en premier à l'existence des taches solaires pour des raisons divinatoires. Puis les astronomes, grâce aux observations rendues possibles par les lunettes d'abord et les télescopes ensuite, constatèrent que le Soleil présentait des changements à sa surface : à savoir des taches et des zones brillantes qui apparaissaient de temps à autre. En 1843, H. Schwabe publia la variation du nombre de taches solaires en fonction du temps et découvrit le cycle solaire de 11 ans. C'est environ 130 ans après que le diamètre et la luminosité furent mis en relation avec l'activité solaire. Aujourd'hui, les experts n'ont pas fini de débattre pour comprendre ce lien. Par ailleurs, le réchauffement climatique étant plus que jamais un sujet brûlant, il devient essentiel d'étudier l'origine de la variabilité de l'activité solaire et d'analyser son influence sur le climat terrestre. Mieux comprendre le fonctionnement du Soleil et mieux comprendre son influence sur le climat sont les deux axes de la mission Picard. Sujet d'étude par excellence, il est normal que le Soleil soit inscrit au programme de SVT en classe de seconde, et au programme de physique des sections scientifiques des classes de première et terminale.



Portrait Profile
Samuel Mellé
> P. 4

www.cnes.fr

www.cnes.fr/enseignants-et-mediateurs/

Picard - An innovative mission to study the Sun

BY ANNE LAMY FOR CNES

Without the Sun, there would be no life on Earth. Through the ages, the Sun has been both worshipped and feared. Chinese astrologers were the first to study sunspots, which they used in divination. Centuries later, with the advent of the telescope, astronomers observed changes on the Sun's surface, including visibly brighter and darker features, which appeared from time to time. In 1843, Heinrich Schwabe noted that the number of visible sunspots is not constant but varies over an 11-year period, known as the solar cycle. Around 130 years later, experts realized that the Sun's diameter and brightness are directly related to solar activity. The nature of this relationship, however, is not fully understood even today. Furthermore, as the debate about climate change heats up, it is more important than ever to study the causes of solar variability and its impact on our planet. These are the two objectives of the Picard mission: to improve our knowledge of how the Sun works and its influence on Earth's climate. The Sun is a fascinating subject, covered in the French high school system in Earth/life sciences at 10th grade and physics at 11th and 12th grade.

UNE ÉTOILE VARIABLE

Pourquoi mesurer le diamètre solaire ?

Jean Picard, astronome français du XVII^e siècle, mesura le diamètre solaire pour étudier la variation de la distance Terre-Soleil au cours de l'année, et ainsi en déduire la forme de l'orbite de la Terre. Ses mesures semblent montrer que le diamètre solaire aurait été à cette époque plus grand d'environ 0,5" (soit 0,3 millièmes du diamètre) que son diamètre actuel. Or, elles furent effectuées pendant une longue période caractérisée par une absence de taches solaires (le minimum de Maunder, 1645-1715) que l'on interprète comme une période de très faible activité solaire. Ces deux observations suggèrent aujourd'hui une relation inverse entre le diamètre solaire et son activité. Cette relation n'a encore jamais été prouvée expérimentalement et c'est l'un des objectifs principaux de la mission Picard. Les climatologues nous apprenant que le paroxysme du froid coïncide aussi avec le minimum de Maunder, ont ouvert la discussion concernant le rôle du Soleil dans le climat de la Terre. Mais existe-t-il une relation entre diamètre, activité solaire et climat ? À Picard d'apporter des éléments de réponse.

D'où viennent les taches solaires ?

Les taches, manifestations visibles de l'activité solaire, sont des résurgences de matière éjectée depuis la surface solaire qui forment des boucles le long des lignes de champ magnétique. Ces « tubes » de flux magnétique s'élevant à quelques milliers de kilomètres au-dessus de la surface visible du Soleil. En montant, ils se refroidissent d'environ 2000 °C, d'où leur aspect sombre. Le nombre de taches augmente et diminue en cours de cycle solaire. Il y a 200 ans que l'idée d'un cycle solaire est ainsi apparue. Tous les 11 ans, le Soleil passe par un maximum d'activité.

Vers une météo de l'espace ?

Le Soleil ne se contente pas de rayonner sur des longueurs d'onde allant des rayons gamma aux ondes radio. Il est également la source d'un champ magnétique qui s'étend jusqu'aux confins du système solaire et canalise un flux assez constant de particules appelé « vent solaire ». Ces ondes, champ et particules, interagissent avec la magnétosphère terrestre, qui joue le rôle d'enveloppe protectrice mais n'est pas parfaitement étanche. En particulier lors d'éruptions violentes à la surface du Soleil, des incidents dans les systèmes de navigation par satellite, de télécommunication ou de distribution d'électricité sont constatés. Surveiller le Soleil et comprendre les interactions entre les différentes régions jusqu'à la surface de la Terre sont les deux composantes essentielles de cette science récente : la météorologie de l'espace.

A variable star

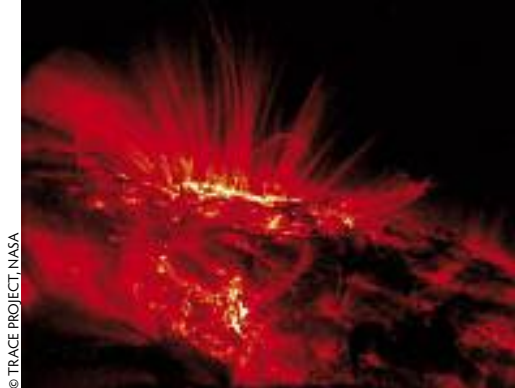
Why measure the Sun's diameter?

In the 17th century, French astronomer Jean Picard measured the Sun's diameter to calculate variations in the distance between Earth and Sun over the year and thus deduce the shape of Earth's orbit. According to Picard's measurements, the Sun's diameter was approximately 0.5 arc seconds (0.03%) bigger than it is today. This is

because his observations were made during a long period of very low solar activity and almost complete absence of sunspots, known as the Maunder minimum (1645 to 1715). These two factors suggest that the Sun's diameter is inversely proportional to its level of activity. This has never been proved experimentally, however, and is one of the Picard mission's primary objectives. Climatologists tell us that the Maunder minimum also coincided with the coldest part of the Little Ice Age (16th to 19th centuries), adding further fuel to the debate about the Sun's role in climate change. But is there a direct link between the Sun's diameter, solar activity and Earth's climate? Picard will help solve this question.

What causes sunspots?

Sunspots are the visible manifestation of solar activity. When matter is ejected from the Sun's surface, it forms loops along magnetic field lines. These magnetic flux tubes arc thousands of kilometres above the Sun's surface. As they rise, their temperature falls by about 2,000°C, hence their dark appearance. The number of sunspots increases and decreases with the solar cycle. The idea of a solar cycle was first proposed almost 200 years ago, based on the observation that solar activity peaks every 11 years.



© TRACE PROJECT, NASA

Exercice 1

Activité solaire et climat de la Terre

L'activité du Soleil n'est pas régulière, elle suit des cycles d'une durée de 11 ans.

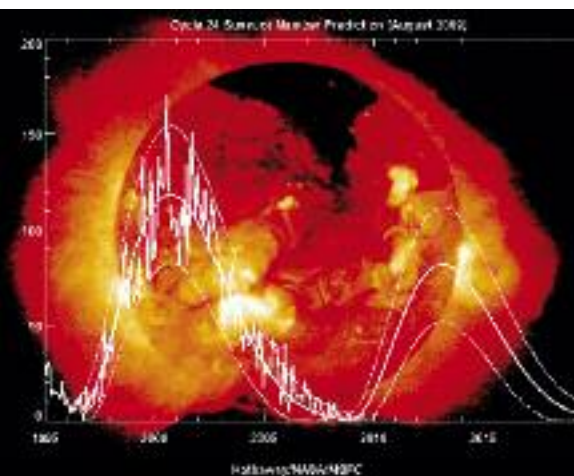
Cette activité peut être quantifiée par le suivi des taches solaires. Une tache solaire est une région caractérisée par une température inférieure à son environnement (ce qui la rend visible par une émission moins intense) et par une intense activité magnétique. Le nombre de taches solaires peut être déterminé par l'utilisation de télescopes ou, de manière plus précise, grâce à l'utilisation de sondes spatiales. On étudie ici des mesures réalisées sur le nombre de taches depuis 1850 (document 1) que l'on compare avec l'évolution des températures sur la même période (document 2).

Solar activity and Earth's climate

The Sun's activity is not constant but varies over an 11-year cycle. The level of solar activity can be quantified by monitoring sunspots. These are regions on the Sun's surface where the temperature is lower (hence their dark appearance), caused by intense magnetic activity. The number of sunspots can be determined by telescope, or more accurately by space probes. In this exercise, we will look at the number of sunspots measured since 1850 (document 1) and compare it with changes in the average temperature on Earth over the same period (document 2).

And now, the space weather

The Sun emits radiation across the electromagnetic spectrum, from gamma through ultraviolet, visible and infrared to radio waves. It also generates a magnetic field that extends far into the solar system and influences the continuous outflow of particles from its surface, called the solar wind. This solar radiation, magnetic field and stream of charged particles interact with Earth's magnetosphere, which serves as a protective shield. It is not impenetrable, however. Violent solar flares, for example, can disrupt satellite navigation devices, telecommunication systems and even electrical power distribution networks. Monitoring the Sun and understanding how solar activity affects conditions in the different regions of space, through to near-Earth space and Earth's surface, are the two key components of this recent branch of science, known as space weather.



© DAVID HATHAWAY, NASA/MSFC

Pourquoi le Soleil est-il jaune ?

La couleur des étoiles diffère selon la température qui règne à leur surface. Les plus froides nous apparaissent rouges, tandis que les plus chaudes sont blanches, voire bleues. Avec 5700 °C à la surface visible, le soleil est une étoile jaune, plus chaude que Bételgeuse la rouge dont la température avoisine 2000 °C, mais bien plus froide que la bleue Rigel, dont la température dépasse 20000 °C. La couleur jaune résulte de la région du spectre solaire qui émet le plus de photons et de la courbe de sensibilité de l'œil en fonction de la longueur d'onde.

Why is the Sun yellow?

A star's colour depends on its surface temperature. The coldest stars look red, whereas the hottest ones are white and in some cases blue. The Sun is approximately 5700°C at its surface and thus appears yellow. It is hotter than Bételgeuse, a red supergiant (surface temperature around 2,000°C) but much cooler than Rigel, a blue supergiant (in excess of 20,000°C). The Sun's yellow colour is thanks to the yellow high-frequency photons it emits (due to its high temperature) combined with the sensitivity of the human eye to different wavelengths.

... Exercice 1 / Questions :

- Des méthodes mathématiques montrent qu'il y a une certaine corrélation entre le maximum de nombre de taches et le maximum de température. Le même travail sur la période de 1950-2010 ne met pas en évidence cette corrélation (observer les courbes). Quelles sont vos hypothèses pour les deux observations ? Proposer une explication.
- Le microsatellite Picard doit fournir des données nécessaires à l'amélioration des modèles sur l'évolution de l'activité solaire, montrez l'intérêt de ces mesures.

Réponses :

- On observe, sur la période 1850-1940, une corrélation positive entre le nombre de taches solaires et la température moyenne de la Terre. Le nombre de taches solaires reflétant l'activité solaire, on peut penser que l'activité solaire est le facteur prépondérant du climat terrestre. Sur la période suivante 1950-2010, cette corrélation disparaît, ce qui conduit à plusieurs possibilités :
 - il n'existe pas en fait de relation entre température et activité solaire (situation simplement concomitante sur la période précédente);
 - cette relation existe, mais un autre facteur est devenu prédominant sur cette activité solaire, et masque son effet.
 Les scientifiques s'accordent très majoritairement sur la deuxième hypothèse en incriminant une élévation de l'effet de serre lié à la production anthropique de CO₂.
- En améliorant les modèles sur l'évolution de l'activité solaire, il sera ainsi possible de déterminer précisément la contribution réelle de cette activité au climat, et éventuellement d'anticiper les conséquences de cette contribution dans le cadre du réchauffement climatique.

Questions :

- Over the period from 1850 to 1940, mathematical methods reveal a certain correlation between the maximum number of sunspots and the maximum temperatures recorded. Over the period from 1950 to 2010, however, this correlation is no longer apparent (refer to the graph). How do you explain these two observations?
- Data from the Picard microsatellite will improve the way we model variations in solar activity. Why are these models important?

Answers :

- Over the period from 1850 to 1940, there is a direct correlation between the number of sunspots and the average temperature on Earth. Since the number of sunspots is related to the level of solar activity, we can deduce that solar activity is the predominant factor in terrestrial climate change. Over the period from 1950 to 2010, the two sets of data no longer correlate. There are two possible explanations :
 - There is no direct relationship between solar activity and terrestrial temperature (they just happened to coincide in the first period)
 - There is a direct relationship, but another more dominant factor has come into play
 Most scientists agree on the second hypothesis. They cite the increased greenhouse effect caused by human CO₂ production as the predominant factor today.
- Improved solar variability models will allow us to accurately determine the Sun's contribution to our climate and in turn anticipate the impact of this contribution to global warming in the longer term.

Exercice 2

Année 2009... année mondiale de l'astronomie ! International Year of Astronomy 2009

Un groupe d'élèves, aidé par un astrophysicien, a analysé la lumière provenant d'une étoile appartenant à la constellation de la Lyre. Cette étoile, très lumineuse, s'appelle Véga. Elle a une apparence bleue et est facilement observable l'été lorsque le ciel est dégagé. Après traitement informatique et après étalonnage avec un spectre de référence, ces derniers ont obtenu le spectre simplifié de l'étoile étudiée (pour une meilleure lisibilité les raies d'absorption, normalement noires apparaissent blanches sur ce spectre) :

A group of school pupils, assisted by an astrophysicist, analysed the light from a star in the Lyra constellation. This bright star is called Vega. It is blue in appearance and is easy to observe on clear summer nights. After computer processing and calibration with a reference spectrum, the pupils obtained the simplified spectrum of the star. To make them easier to read, the absorption lines appear white on this spectrum (they are normally black).



X désigne la distance en mm qui sépare la première raie de référence (389 nm) de toute autre raie du spectre.

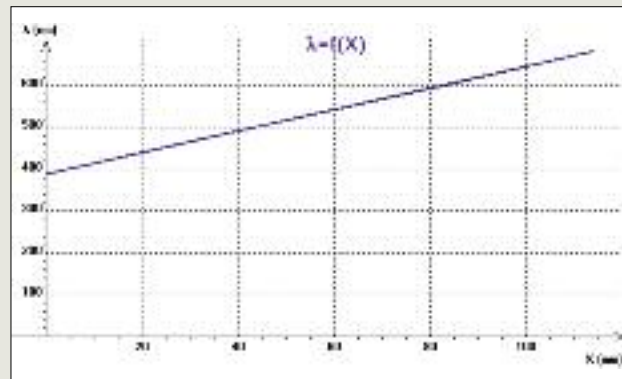
En étudiant les raies d'absorption numérotées 1 et 2 et en vous aidant des documents ci-dessous, pouvez-vous dire à quel élément correspondent-elles ?

X denotes the distance (in centimetres) between the first reference line (389 nm) and the other lines in the spectrum.

With reference to absorption lines 1 and 2, and using the resources below, can you deduce which element they correspond to?

Élément chimique	Longueurs d'onde en nm			
H	410,1	434	486,1	656,3
Ca	393,4	422,7	58,2	526,2
Li	610,3	670		
Ti	466,8	469,1	498,2	
Fe	438,3	491,9	495,7	515,5

Données n° 2 : Valeurs des longueurs d'onde des raies d'émission de quelques éléments chimiques :
Resource 2: Wavelength values of the absorption lines of various chemical elements:



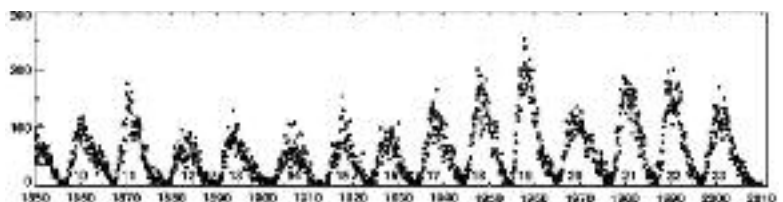
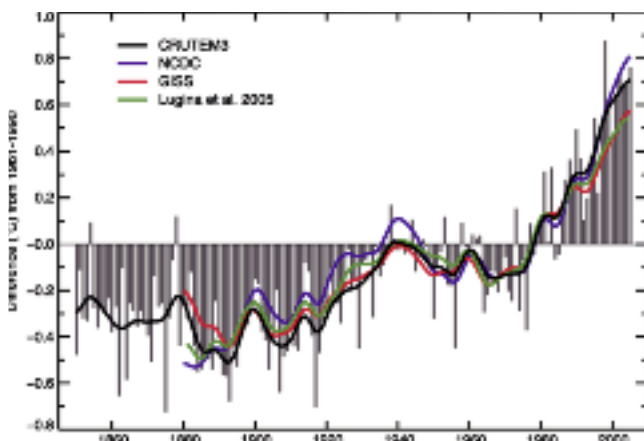
Correction :

En mesurant sur le spectre, X₁ = 86 mm et X₂ = 110 mm. D'après le graphique λ₁ = 610 nm et λ₂ = 670 nm et d'après le tableau il s'agit du Lithium.

Answers :

Measurement on the spectrum: X₁ = 86 mm and X₂ = 110 mm
According to the graph: λ₁ = 610 nm and λ₂ = 670 nm
According to the table it is lithium

Donnée n° 1 : La courbe d'étalonnage λ = f(X) obtenu à l'aide d'un spectre de référence (ce dernier ayant été obtenu dans les mêmes conditions expérimentales que le spectre étudié) :
Resource 1: Calibration curve λ = f(X) obtained under the same experimental conditions as the spectrum under consideration.



Document 1 : Évolution du nombre de taches solaires depuis 1850.
Sunspot numbers since 1850.
Source: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

Document 2 : Évolution de la température moyenne de la Terre depuis 1850.
Average temperature on Earth since 1850.
Source: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-3-1.html

Remarque : Les différentes courbes correspondent à différentes techniques d'obtention des mesures de température.
Note: The different curves represent the different techniques used to measure temperature.



TRITURER LES ÉQUATIONS, CE N'EST PAS CE QUE JE PRÉFÈRE ; J'AVAIS BESOIN DE RÉFLÉCHIR SUR UN SUJET CONCRET ! "

"Obscure mathematical equations are really not my thing. I needed something concrete to get stuck into."

© CNES/GRIMAUULT, 2009

PROFILE: SAMUEL MELLÉ
Quality assurance manager
Mr Quality on the Picard project

His job is to monitor quality, at each stage of the project, understand any anomalies and propose solutions. This requires a highly perceptive approach to analyse the associated constraints. It also helps to be a good listener.

With CNES for three years now, Samuel Mellé, 30, is a quality assurance manager with an unusual background. First, he went to a polytechnic, not an engineering school. "I loved the two-year course because it was so practical. But I already planned to take my studies further and I wanted to work in the space industry." After obtaining his two-year qualification, Samuel pursued postgraduate studies at university, then a PhD, funded by Thales. He approached his doctoral research in the same manner: "Obscure mathematical equations are really not my thing. I needed something concrete to get stuck into." He worked concurrently on microwave technologies, his specialist area, and quality. When he joined CNES, he decided to concentrate on quality assurance. He quickly warmed to his new role: "I work with everyone on the Picard programme and cover all aspects: electronics, mechanics, thermal control, payload, optics, you name it. You have to adapt to the specific constraints in each area, and learn to tread carefully." He rejects the term 'quality police', however, since he fully appreciates the cost and schedule issues. His task begins at the procurement phase, working with experts on manufacture of precision parts, tests, qualification and management of anomalies. When complications arise, the quality manager has to respond quickly. The discovery of marks on the primary lens of the SODISM instrument, probably caused during integration, is a case in point. "We contacted a contamination expert, who cleaned the optics to our complete satisfaction." A good grasp of specialist areas, a methodical approach and a measure of tact and diplomacy are the keys to effective quality management on a complex space programme like Picard.

Le monsieur Qualité du projet Picard

Suivre la qualité étape par étape, comprendre les anomalies — lorsqu'il y en a — et proposer des solutions pour y remédier, tel est son métier, qui exige de la subtilité dans l'analyse des contraintes et l'écoute des divers intervenants.

À tout juste trente ans et trois ans d'ancienneté au CNES, Samuel Mellé est un responsable assurance qualité au parcours atypique. D'abord, il est passé par un IUT plutôt que par une école d'ingénieurs: « J'ai beaucoup aimé ces deux années de formation très pratique; mais je comptais bien poursuivre mes études au-delà. » Car Samuel l'Aveyronnais a une idée en tête: « Je me voyais bien travailler dans le spatial... » Après son DUT, Samuel continue ses études en faculté et passe une thèse, financée par Thales, où il avait déjà un pied. Une thèse à son image: « Triturer les équations, ce n'est pas ce que je préfère; j'avais besoin de réfléchir sur un sujet concret ! » Il travaille à la fois sur les hyperfréquences — sa spécialité — et sur la qualité. Puis, embauché au CNES, il abandonne la casquette « hyperfréquences » mais conserve celle de monsieur Qualité. Très vite, il apprend à aimer cette fonction: « Je travaille en transversal, avec tous ceux qui interviennent sur Picard. Donc je touche à tout: l'électronique, la mécanique, la thermique, la charge utile, l'optique, etc. Il faut savoir s'adapter aux contraintes de chacun, sans arriver avec ses gros sabots. » Il réfute le terme de gendarme car il connaît bien les contraintes de coût et de planning. Sur Picard, il arrive au moment de la phase d'approvisionnement: fabrication des éléments, tests, qualifications et gestion des anomalies, qu'il décrypte à l'aide d'experts. Dans ces moments-là, il faut savoir réagir vite et bien. Comme lorsqu'on découvre des traces sur la première optique de l'instrument Sodism, probablement dues à l'intégration: « Un expert en contamination est venu nettoyer l'optique: tout s'est heureusement bien terminé. » Du doigté + de la méthode + une bonne connaissance des métiers qu'il rencontre: l'équation semble efficace pour faire du management transverse... de qualité !

Cursus classique

- 1997 : Bac S option technologie industrielle
- 1999 : DUT génie électrique et informatique industrielle
- 2002 : DESS en microélectronique
- 2005 : Thèse
- Career path
- 1997: Baccalaureate (science stream, industrial technology option)
- 1999: Polytechnic diploma in electrical engineering and industrial information technology
- 2002: Postgraduate diploma in microelectronics
- 2005: Doctorate

(N.D.L.R. nos remerciements vont à/Editor's note: our thanks to Stéphane Blat, professeur de physique de l'académie de Toulouse, physics teachers in Toulouse; Yves Darbarie, professeur de SVT de l'académie de Bordeaux, Earth/life science teacher in Bordeaux; à Michel Vouzelle, professeur chargé de mission auprès du CNES, teacher and advisor to CNES; et à/and to Michel Avignon, CNES.)