

# **Le message des taches solaires, de Galilée à nos jours : de l'intérieur du soleil au climat terrestre**

---

**Elisabeth RIBES**

## ***1. Introduction***

Lorsque G. Galilei comparut devant le Saint-Office, le 12 avril 1633, les principaux chefs d'accusation concernaient la remise en cause de la théorie aristotélicienne en vigueur à l'époque. Rappelons que dans la conception philosophique et métaphysique d'Aristote, la Terre était au centre du monde, et tous les astres, y compris le Soleil, tournaient autour de la Terre. De surcroît, le Soleil était un corps céleste parfait. Or la découverte des taches, objets impurs dont Galilée avait très vite soupçonné l'origine interne au Soleil, et leur rotation autour du Soleil, introduisaient incontestablement une faille dans le système de pensée qui avait réussi à s'imposer pendant des siècles, et étayaient la théorie de Copernic. En homme de science rigoureux et en catholique prudent, Galilée voudra tout au long de sa vie démontrer qu'il n'y a pas d'incompatibilité entre les thèses astronomiques coperniciennes et les paroles bibliques. Pour cela, il admettra qu'il existe une seule vérité divine, exprimée

## E. RIBES

dans deux langages, le langage commun, avec toutes ses imprécisions et ses incohérences, et qui s'adresse à l'ensemble des hommes, et le langage scientifique, avec sa rigueur et son exactitude qui ne touche qu'un public d'initiés (L. Geymonat, 1992). On sait que Galilée ne réussit pas à convaincre l'Eglise Catholique, et qu'il s'ensuivit une polémique aboutissant à son procès de 1633 et à l'interdit porté sur ses écrits.

### *Qu'en est-il, quatre siècles plus tard ?*

Les taches recèlent une foule d'informations précieuses, mais tout aussi explosives, et que Galilée ignorait. Non seulement, elles nous indiquent comment le soleil tourne, mais elles varient en nombre, au cours du temps ; elles sont le siège de champs magnétiques intenses, et les témoins les plus directs de la variabilité solaire. Or c'est dans la rotation que le champ magnétique prend sa source, à la manière d'une dynamo qui transforme de l'énergie cinétique en énergie magnétique et thermique. De plus, les taches solaires et les autres manifestations du champ magnétique sont associées à des variations d'éclat du Soleil. En simple, le champ magnétique pourrait bien être à l'origine de variations dans l'énergie thermique rayonnée sur terre. Si les variations d'énergie persistent assez longtemps et leur ampleur est suffisante, il peut en résulter des fluctuations climatiques. Les taches solaires fournissent donc un argument supplémentaire de scandale, en étant le témoin le plus direct de la variabilité solaire... et de ses effets climatiques.

Si de nos jours Galilée devait comparaître devant un tribunal scientifique, il aurait à répondre de chefs d'accusation supplémentaires, l'influence du magnétisme solaire sur le climat terrestre. Il ne s'agirait plus de remettre en cause une philosophie mais d'ébranler un certain nombre de dogmes scientifiques. Certes, il ne fait aucun doute que le Soleil est notre source d'énergie et régit le climat ; cependant, l'influence solaire à court terme (quelques décennies) a toujours été négligée. Et pourtant, la seule façon réaliste de prédire les modifications du climat terrestre que l'homme va provoquer par la modification inconsidérée de son environnement ne passe-t-elle pas obligatoirement par l'intégration de la variabilité solaire dans les modèles climatiques ?

Afin de mieux comprendre l'interaction soleil-climat sur des périodes de l'ordre du siècle, il est nécessaire de rappeler nos connaissances sur le mécanisme régissant le cycle solaire. Une moisson de résultats, dont la plupart proviennent de l'observation des taches solaires au cours des siècles, a permis de retracer l'histoire de la variabilité solaire, depuis l'époque de Galilée.

## 2. Les faits solaires marquants

### 2.1 Le Soleil ne tourne pas comme un corps solide

Dès l'utilisation de la lunette à des fins astronomiques par Fabricius et ses contemporains (Galilée, Scheiner, Hévelius, parmi d'autres), l'observation du transit des taches sur le disque visible est interprétée en termes de rotation du Soleil autour de lui-même. Ces observateurs remarquent que les taches sont fréquentes, apparaissent en groupes, et sont entourées d'une région brillante "facule". Rappelons le description qu'en fait Ch. Scheiner, dans la "Rosa Ursinae" :

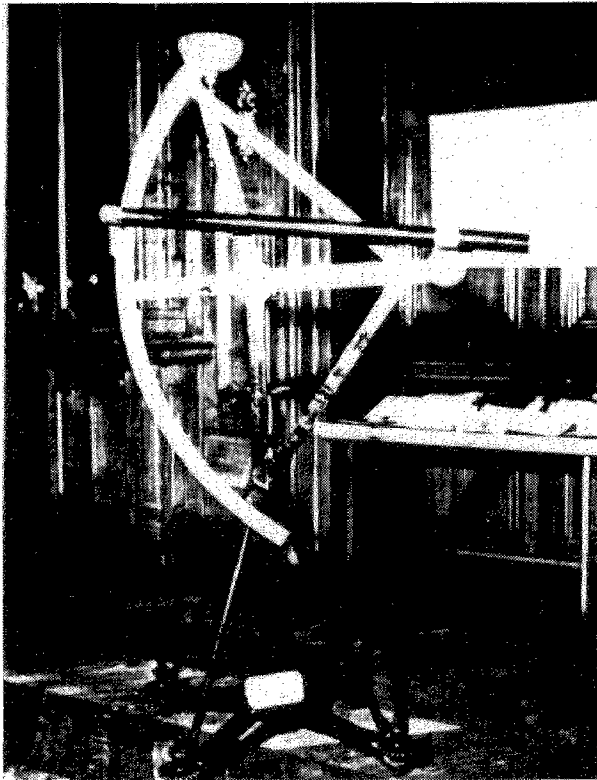
*"Maculae physice mutantur, augentur, minuuntur, obscurantur, clarefont, in medio sole enascuntur, and deficiunt".*

*"Les taches se déplacent, croissent, diminuent, s'obscurcissent, apparaissent avec éclat, naissent au milieu du Soleil, et disparaissent".*

La période de rotation des taches varie, selon ces observateurs, de 27 à 30 jours ; il s'agit sensiblement des valeurs actuelles de la rotation à l'équateur et dans une zone de  $\pm 30^\circ$  de latitude. Donc le Soleil ne tourne pas comme un corps solide, mais présente une rotation en surface dite "différentielle".

C'est surtout à Christopher Scheiner, jésuite au collège d'Ingolstadt, et à ses confrères de Rome que l'on doit la première étude approfondie des taches solaires. Plus tard, le savant polonais, J. Hévelius prendra le relais. Toutefois, les méthodes et les techniques utilisées restent encore très qualitatives (optique médiocre, projection de l'image solaire sur un écran et dessins de taches). Il faut attendre la deuxième moitié du 17ème siècle pour que l'astronomie devienne une astronomie de précision. Et c'est autour de l'abbé Picard, astronome français et membre de l'Académie Royale des Sciences à Paris qu'un ensemble d'améliorations instrumentales permettra un véritable bond en avant. Tout d'abord, la qualité de l'optique est améliorée. Picard utilise une lunette mobile sur un quart de cercle gradué (**Figure 1**). L'oculaire est équipé du micromètre d'A. Ausout, ce qui permet la mesure précise des distances entre les objets, ainsi que le diamètre du Soleil et des planètes. Sur l'invitation de Colbert, ministre de Louis XIV, Ch. Huygens s'installe à Paris en 1665. Son pendule permet la mesure précise du temps (le pendule ne perd qu'une seconde de temps par jour).

Picard développe alors la méthode des temps de passage (mesure du temps de passage des deux bords est et ouest solaire ainsi que des taches), donnant ainsi accès au diamètre du Soleil et fixant la position des taches dans un repère héliographique.



**Figure 1**

Quadrant mural construit au début du 18<sup>ème</sup> S  
(Observatoire de Paris)  
L'instrument original de Picard a disparu.

Les astronomes français ont compris avant l'heure l'importance des longues séries d'observations. A l'inverse de leurs illustres prédécesseurs qui ont effectué des observations systématiques sur de courtes durées ne dépassant guère trois années consécutives, c'est pendant 70 ans que les astronomes français ont scruté le Soleil et ses taches, nous laissant en héritage une collection unique au monde. Or c'est précisément à cette époque qu'il y eut un refroidissement sur Terre, qualifié de "petit-âge-glacière". Si donc le Soleil porte une responsabilité dans cette affaire, les observations de nos prédécesseurs ont une portée considérable.

Qu'observent-ils ? que le Soleil connaît un calme surprenant, des décennies entières sans taches ou presque, notamment entre 1660 et 1671 et entre 1690 et 1700, que l'activité semble concentrée dans l'hémisphère sud seulement. Le diamètre solaire lui aussi semble varier d'une manière inhabituelle, pour preuve la remarque de Picard, en 1669, dans son cahier d'observations : "Enfin, qu'il serait bon de prendre avec une attache particulière les diamètres du Soleil, pour tâcher de découvrir la cause de certaines irrégularités qui se rencontrent dans la suite des observations, d'autant qu'au dernier solstice le Soleil a paru un peu plus grand qu'à celui qui l'avait précédé, au lieu qu'actuellement le diamètre est plus petit de 4" à 5" qu'il n'était un an auparavant..."

## 2.2 La découverte du cycle undécennal (11 ans) des taches

Il fallut attendre 1838 pour qu'un astronome amateur, d'origine allemande, H. Schwabe, remarque l'existence d'un cycle de onze ans dans la fréquence d'apparition des taches solaires. Peu après cette découverte, R. Wolff compte de façon systématique les taches au cours des siècles précédents et retrouve l'anomalie solaire de la deuxième moitié du 17ème siècle (Figure 2), signalée par F.W.G. Spörer.

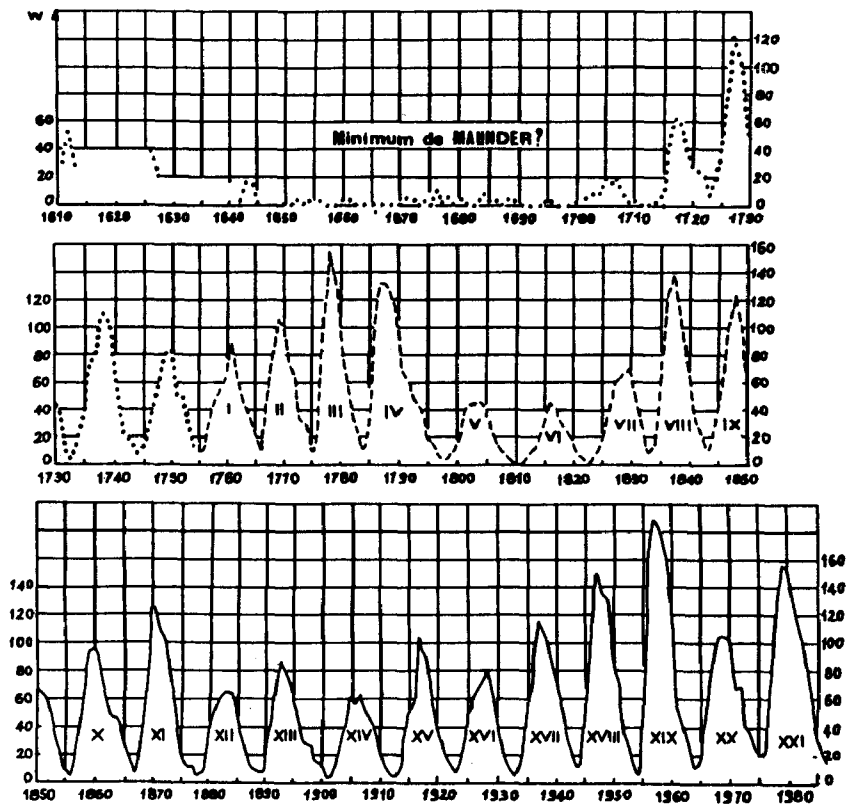


Figure 2

L'évolution du nombre de taches reconstruit par R. Wolf et J. Eddy depuis l'avènement de la lunette astronomique

A la fin du 19ème siècle, en Angleterre, l'Astronome Royal R.W. Maunder remarque la coïncidence entre l'anomalie solaire et le froid particulièrement sévère au 17ème siècle. La polémique est lancée : la variabilité du cycle de taches a-t-elle un effet climatique ? L'anomalie solaire fut appelée, "Minimum de Maunder", en hommage à cet astronome qui avait soupçonné sa relation possible avec les événements climatiques.

### 2.3 Le cycle de 80 ans, ou cycle de Gleissberg

Les cycles de taches varient en durée et en intensité. W. Gleissberg remarque que l'amplitude est modulée sur une période de 80 ans (1958). Ce cycle semble être présent dans un certain nombre d'indicateurs climatiques. C'est ainsi que G. Castagnoli et ses collaborateurs ont retrouvé le cycle de Schwabe (11 ans) et le cycle de Gleissberg (80 ans) dans le taux de sédimentation des alluvions marines déposées au cours des millénaires sur les plages de la mer ionienne.

### 2.4 La distribution des taches, en latitude et en longitude

Les taches solaires n'apparaissent pas au hasard sur la surface solaire. Peu après l'année du minimum, période caractérisée par une rareté des taches (50 pour l'année), celles-ci apparaissent à moyenne latitude, autour de 40°. Au fur et à mesure que le cycle progresse, elles se forment de plus en plus près de l'équateur, la distribution prenant la forme des ailes d'un papillon, d'où le nom de "diagramme papillon". Cette propriété a été découverte par R.W. Maunder (Figure 3).

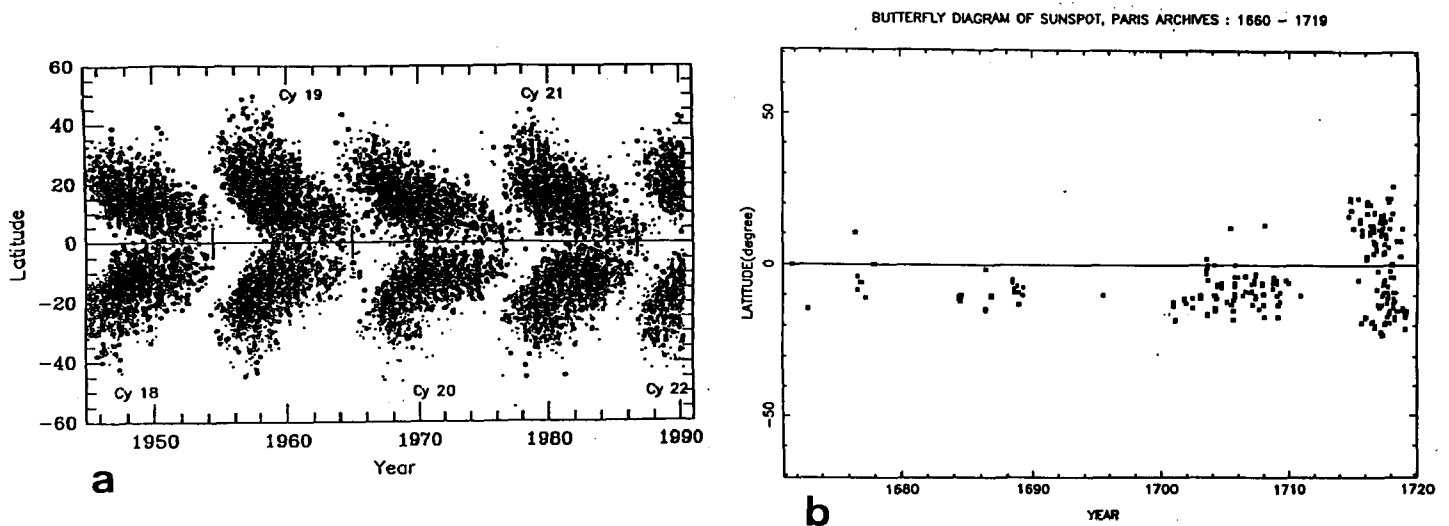


Figure 3

- a) la distribution des taches en latitude, au cours des cycles récents
- b) le même diagramme reconstitué pour la période de 1670 à 1720 à partir des observations de Picard et La Hire

On sait actuellement qu'un cycle est d'autant plus actif que les ailes sont plus larges. Le démarrage des taches se fait alors à plus haute latitude.

Les taches n'apparaissent pas uniformément dans la zone équatoriale. M. Trellis, à l'Observatoire de Nice, montra en 1971, qu'il existe des longitudes préférentielles, au nombre de deux ou trois, persistant pendant plusieurs cycles undécennaux. Ce fait observationnel ne trouve pas d'explication si la dynamo, à l'origine des taches, est située près de la surface solaire, car la rotation différentielle effacera les lieux d'apparition privilégiée au fil des années. En revanche, il suggère de placer la dynamo à une grande profondeur, là où le Soleil tourne comme un corps solide. C'est l'héliosismologie, science toute récente, qui apporte une information sur la variation de la vitesse angulaire, de la surface au cœur du Soleil. La rotation différentielle disparaît au-delà de  $0,6 R^\circ$ , ce qui situerait la dynamo à cette profondeur.

## ***2.5 La nature physique des taches solaires***

Avec l'avènement de la spectroscopie, on découvre la présence d'un grand nombre d'éléments entrant dans la composition chimique du Soleil. La photosphère, région située près de la surface, est caractérisée par un spectre de raies d'absorption, identifiées grâce à leur comparaison avec les spectres de laboratoire. On découvre que les taches contiennent des raies moléculaires se formant à des températures plus basses ( $4500^\circ \text{C}$ ) que le milieu environnant ( $6300^\circ \text{C}$ ) (**Figure 4**).

Les taches sont le siège de champ magnétique intense, qu'on sait mesurer. C'est l'effet Zeeman. L'explication de la température réduite des taches en découle : le champ magnétique intense bloque localement le transport d'énergie par convection, en jouant le rôle d'un isolant thermique (**Figure 5**).

Les taches ont d'ailleurs un effet immédiat et spectaculaire sur l'énergie rayonnée sur Terre. On est capable d'enregistrer cette énergie, au moyen de cavités radiométriques embarquées en satellite, pour s'affranchir des effets atmosphériques. La mesure de la constante solaire est effectuée depuis 1978 (expériences sur Nimbus 7, Solar Maximum Mission et Upper Atmosphere Research Satellite) par nos collègues américains. Elle est improprement qualifiée de constante, car elle peut varier de quelques pour mille en l'espace de la journée, reflétant de façon quasi-instantanée le passage des taches et des facules, régions brillantes entourant les taches (**Figure 6**).

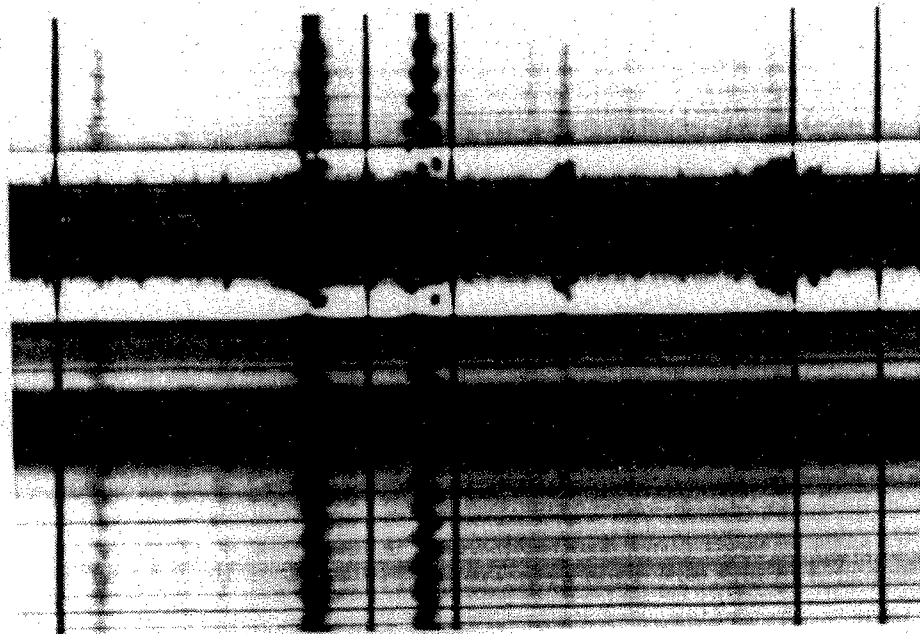


Figure 4 A

Le spectre des raies de la photosphère, entre 6300 et 6305 Å, obtenu à l'observatoire de Kitt Peak (USA). On remarque la présence de raies moléculaires dans les taches, qui disparaissent dans la photosphère calme. L'ensemble des raies moléculaires dans les taches a été indentifié par P. Sotirovski et ses collaborateurs à Meudon.

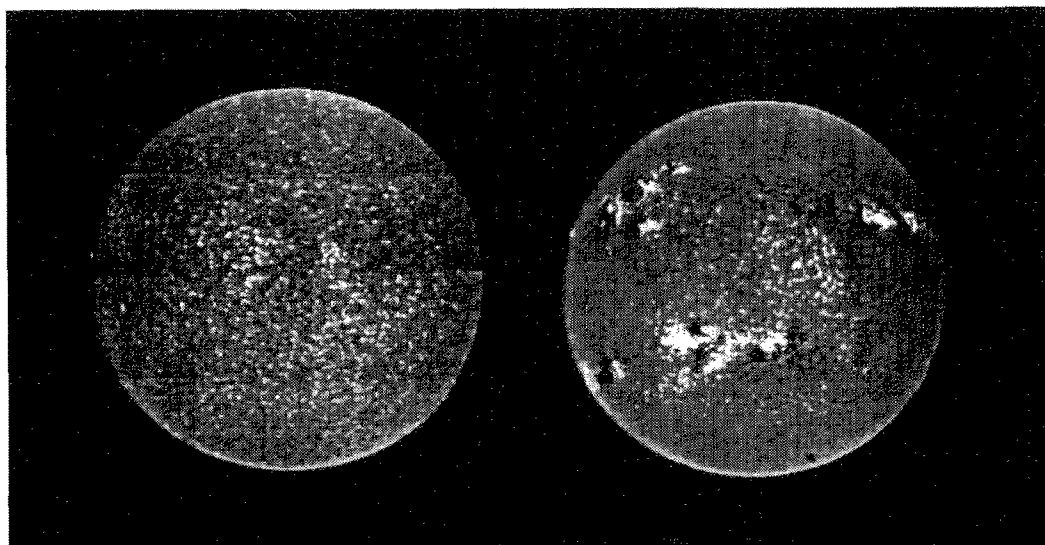


Figure 4 B

Champ magnétique du Soleil en période de minimum et de maximum d'activité.  
Chaque région active apparait en blanc

*Document aimablement communiqué par W. Livingston, Observatoire national de Kitt Peak USA)*



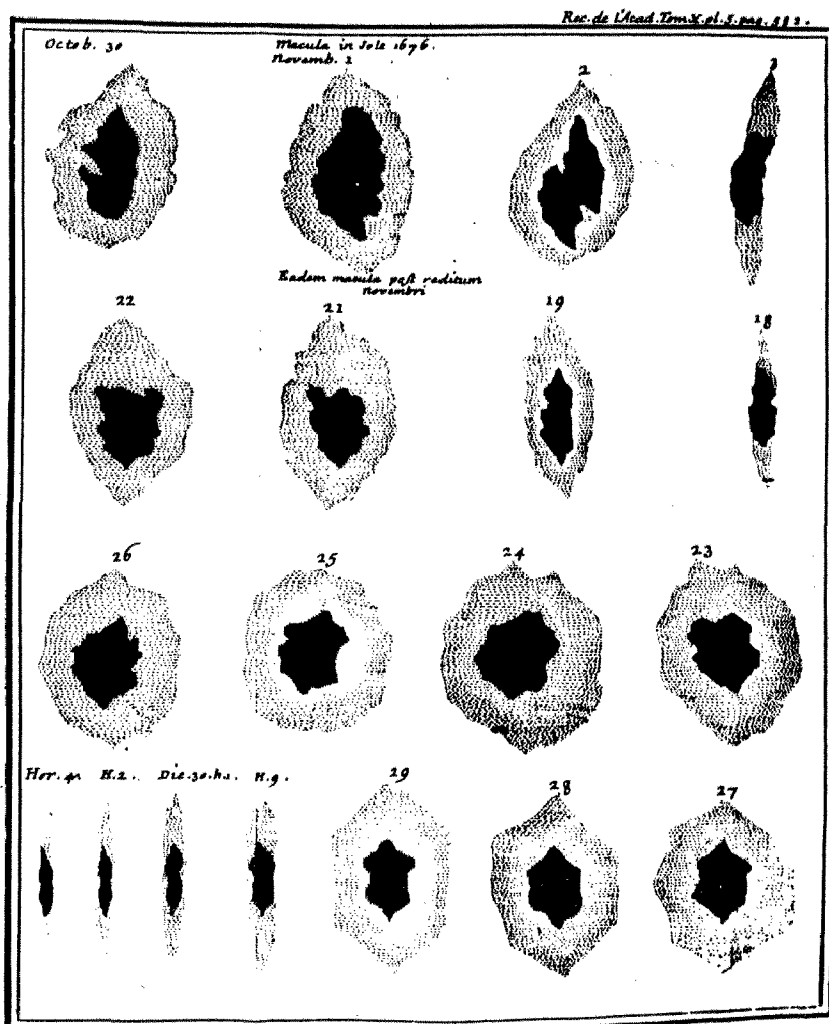


Figure 5 A Tache solaire, dessinée par Cassini en 1676

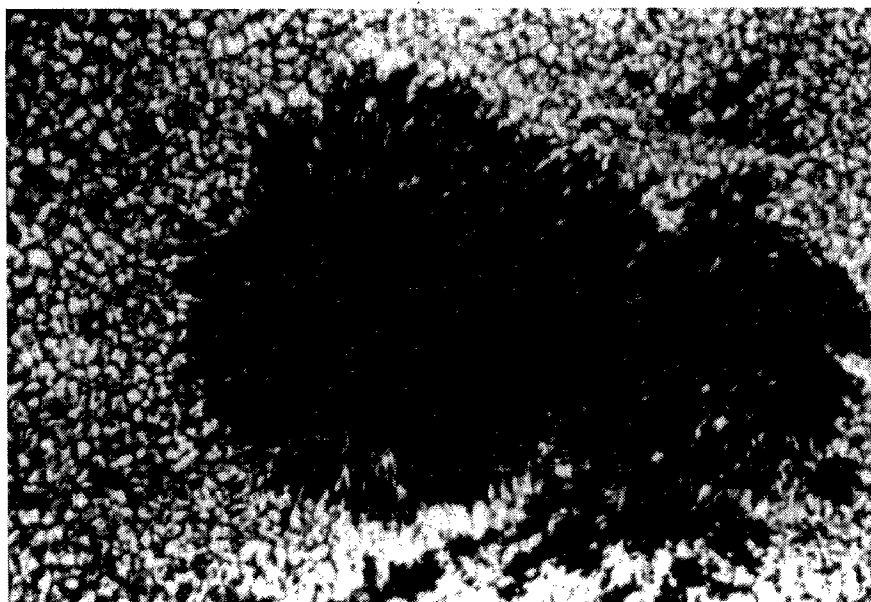


Figure 5 B  
Tache solaire photographiée par R. Muller, le 5 juillet 1970,  
à l'Observatoire du Pic du Midi, avec une lunette de 38 cm

## ***2.6 La dynamique des taches au cours du cycle***

Les taches servent toujours de traceurs pour étudier la dynamique du Soleil. Ce sont des objets à peu près circulaires, dont il est relativement simple de mesurer le déplacement avec précision.

En suivant l'exemple de leurs collègues du 17<sup>ème</sup> siècle, L. et M. d'Asambuja ont utilisé les performances du spectrohéliographe, pour effectuer une surveillance régulière du Soleil. Ils bénéficiaient de l'invention du "spectrohéliographe", par J. Janssen, et de sa réalisation en 1899 par H. Deslandres. Il s'agit d'un instrument permettant d'observer différentes longueurs d'onde, donc diverses couches dans l'atmosphère solaire. Nous disposons ainsi de la plus belle collection moderne d'observations de l'atmosphère solaire, depuis la surface "photosphère" et au-delà, la chromosphère (**Figure 7**). Une étude moderne des taches, utilisant la reconnaissance de forme, a donné lieu à une série de découvertes sur la dynamique de ces objets.

D'une part, la rotation des taches fut explorée. Grâce à la collection de spectrohéliogrammes recueillis presque journallement à Meudon depuis 1917, nous avons pu montrer qu'elle variait légèrement au cours d'un cycle de 11 ans : un peu plus lente ( $\sim 1\%$ ) en période de minimum de taches. Ce ralentissement de la rotation semble associé à un autre mode de circulation en vigueur, découvert également à Meudon. Il s'agit d'une circulation méridienne, sous la forme de rouleaux parallèles à l'équateur, dont les caractéristiques (nombre, location et vitesse) varient au cours du cycle (**Figure 8**). Cette circulation s'alimente, en partie, au détriment de la rotation est-ouest.

## ***3. Le fonctionnement de la dynamo solaire.***

Le mécanisme de la dynamo a été proposé dès les années 1950. Le Soleil ne tournant pas comme un corps solide, la rotation équatoriale plus rapide va déformer les lignes du dipôle magnétique général et créer une composante est-ouest, dite azimutale (**Figure 9**). C'est l'explication de l'apparition, par paire, des taches qui sont les pôles de petits aimants est-ouest libérés en surface. Les couches sous-jacentes sont animées de tourbillons convectifs, pour assurer le transport de l'énergie thermonucléaire, et vont détruire ces aimants azimutaux ; on est alors en période de minimum de taches.

Les deux ingrédients pour faire marcher cette dynamo sont, d'une part la rotation "différentielle" du Soleil, d'autre part ses mouvements de convection, le cycle étant une compétition entre les deux phases de création et destruction des aimants est-ouest.

L'enveloppe du Soleil va réagir à ces apparitions et disparitions périodiques des aimants est-ouest : il se gonfle et se dégonfle, comme le montrent les variations du diamètre apparent, effectuées à l'Observatoire de Nice-Côte d'Azur par F. Laclare. Cette pulsation semble s'accompagner des variations du rayonnement total solaire, comme en témoignent les variations à long terme de la "constante solaire".

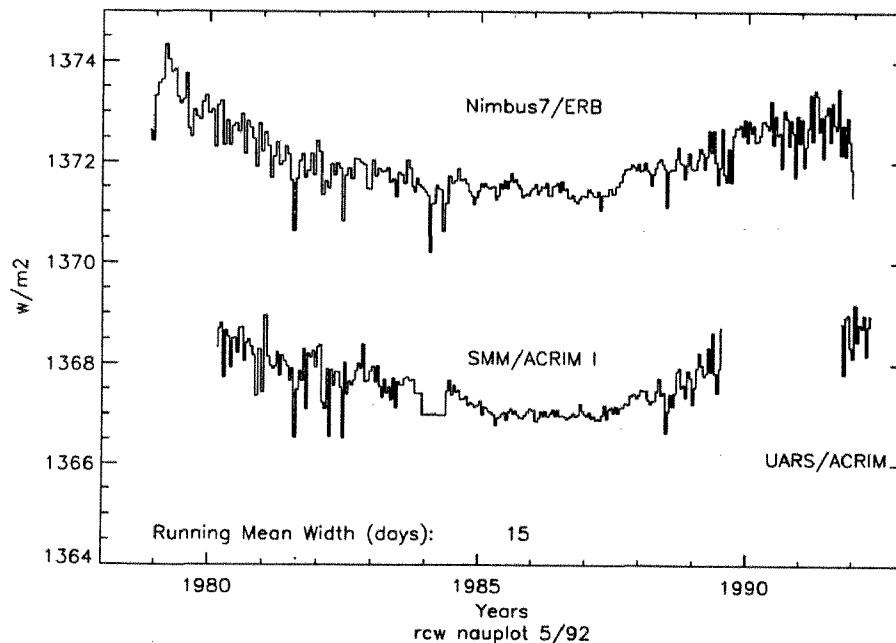
Il apparaît clairement que la variabilité du champ magnétique solaire, avec ses conséquences sur l'énergie rayonnée par notre astre, peut entraîner un forçage de nature "magnétoconvective" sur l'atmosphère terrestre.

#### ***4. Le minimum de Maunder : que s'est-il passé ?***

Grâce aux efforts de nos collègues du 17ème siècle qui nous ont laissé un héritage fabuleux (près de huit mille observations du Soleil, à son passage au méridien), nous avons analysé ces documents, avec J.C. Ribes et ses collaborateurs de l'Observatoire de Lyon. L'étape suivante fut d'interpréter les faits d'observation, à la lumière de nos connaissances actuelles de la physique des taches solaires.

La distribution des taches est restée confinée à l'équateur, et presque exclusivement dans l'hémisphère sud, de 1660 à 1710. Lors de la reprise d'activité, à partir de 1714, la latitude des taches n'a pas dépassé 25°. Ceci est conforme à nos connaissances actuelles, à savoir que les cycles faibles ont une activité de taches restreinte aux latitudes voisines de l'équateur (3b). La reconstitution du diagramme papillon des taches, dans la deuxième moitié du 17ème siècle, confirme si besoin en était, que l'anomalie fut réelle.

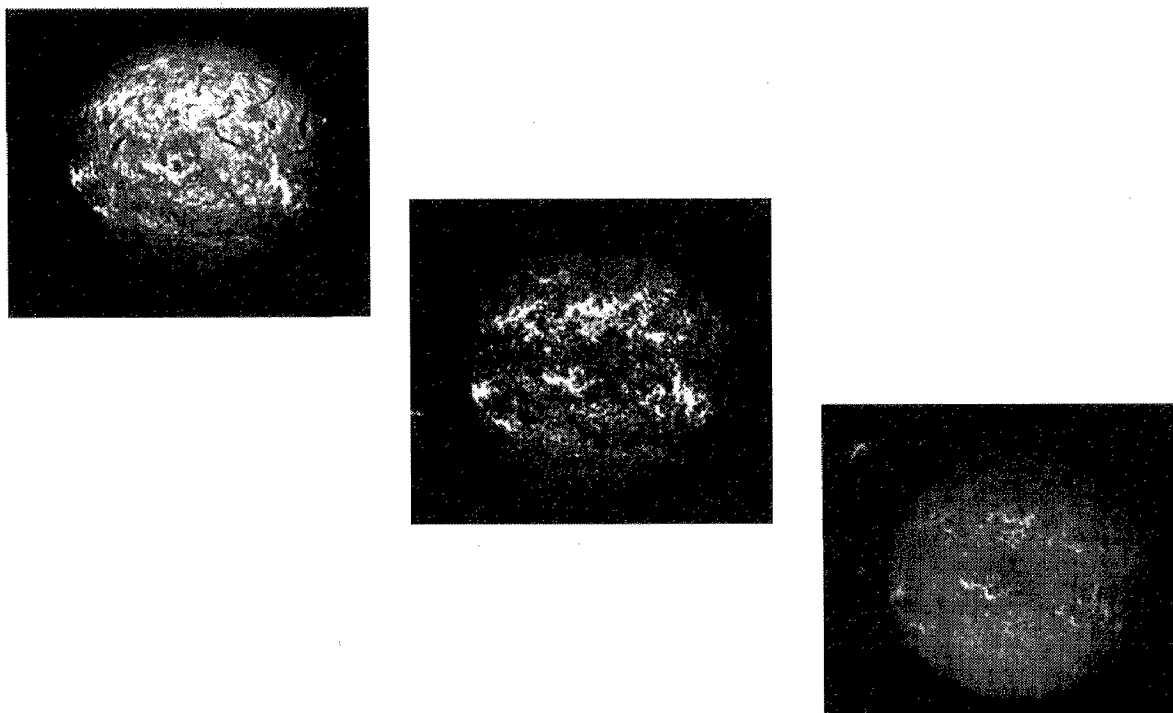
La rotation des taches fut plus faible qu'elle ne l'est maintenant (**Figure 10**). Ce ralentissement, qu'on remarque actuellement lors des minima des cycles de 11 ans, fut plus accentué (de 2 à 5%). Une circulation méridienne vigoureuse (un rouleau par hémisphère) s'est probablement installée, au détriment de la rotation et de l'énergie thermique rayonnée. Avec André Mangeney, nous avons pu évaluer le transfert d'énergie thermique en énergie cinétique, lors du Minimum de Maunder : la zone convective



**Figure 6**

Observation de l'irradiance solaire totale ou "constante solaire" observée en dehors de l'atmosphère terrestre par les expériences américaines Nimbus 7 et Acrim I. On remarque les fluctuations à court terme dues au passage des taches et facules. Il existe également une tendance à la décroissance du maximum des taches (1979,1989) au minimum en 1986.

(Document aimablement communiqué par R.C. Willson)



**Figure 7**

Un aspect de la photosphère et de la chromosphère solaire. Ces observations sont effectuées tous les jours, à l'Observatoire de Paris, à Meudon, depuis 1917.

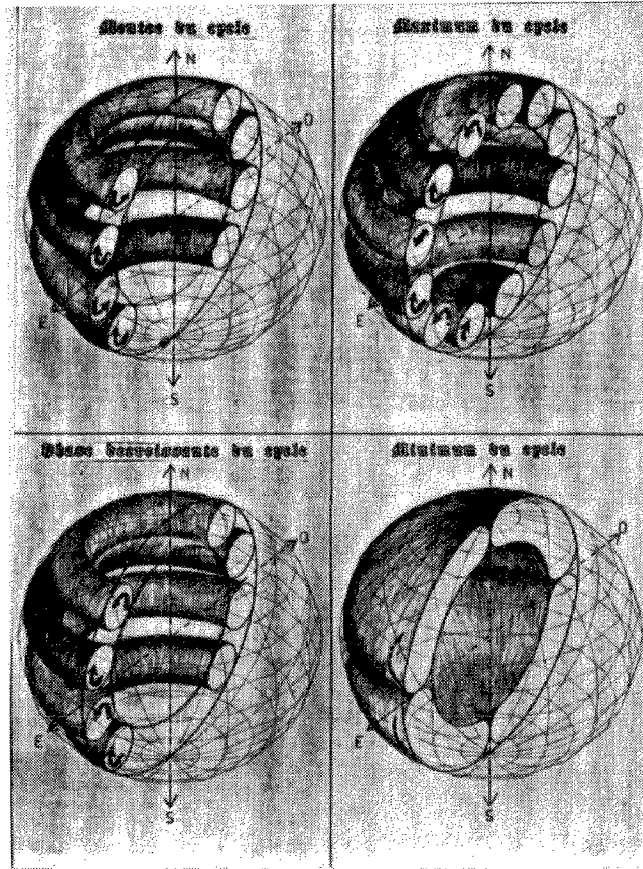


Figure 8

Représentation schématique de la circulation méridienne détectée à Meudon.  
Le nombre de tores varie au cours du cycle de 11 ans. (E.Ribes et P. Mein)

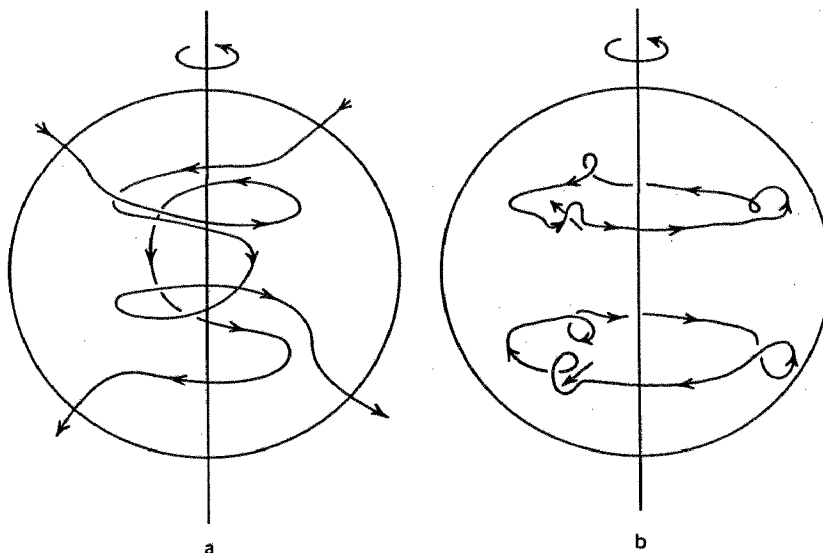


Figure 9

Représentation schématique du fonctionnement de la dynamo solaire. a) la rotation différentielle déforme le dipôle général, orienté nord-sud, et donne naissance à des petits aimants orientés est-ouest, dont les taches solaires représentent les pôles. b) les mouvements de convection et de turbulence détruisent ces aimants et laissent la place au dipôle général, lors du minimum d'activité (E.N. Parker)

thermique en énergie cinétique, lors du Minimum de Maunder : la zone convective s'est comportée comme une machine thermodynamique transformant 10% de son énergie thermique en énergie cinétique, ce qui est le rendement qu'on peut normalement attendre.

## 5. *Les fluctuations climatiques séculaires*

Les modifications climatiques ont marqué l'histoire de la planète, et les raisons en sont multiples. Au cours de cet exposé, on se limitera aux fluctuations climatiques qui ont duré quelques décennies, voire le siècle, et pour lesquelles nous ne disposons pas d'explications. Tel fut le cas des mini âge-glaciaires qui ont marqué les 16 et 17ème siècles ou encore du réchauffement observé au 12ème siècle. Les témoignages dont on dispose pour reconstituer l'histoire du climat sont avant tout d'ordre sociologique (récoltes, famines, épidémies...). D'autres indicateurs, plus objectifs, viennent en renfort, l'extension des glaciers, la dendrochronologie, l'étude des pollens fossiles (*"L'histoire du climat dès l'an Mil"*, Leroy-Ladurie, 1967). En termes de variation globale de la température, les écarts atteignent  $\sim \pm 1^\circ$ , à comparer avec le chiffre de  $\sim \pm 5^\circ$  pour une période glaciaire comparable à celle qui a marqué le Paléolithique. Il est évident que le forçage solaire, tel qu'il a été décrit précédemment, peut entraîner des variations climatiques, mais dont l'amplitude n'est pas comparable aux écarts de température causés par une évolution lente des paramètres orbitaux ; elle n'en est pas négligeable pour autant !

## 6. *L'influence des "anomalies solaires" sur le climat*

C'est avec insistance que dès la fin du 19ème siècle, R.W.Maunder signala à l'attention de ses pairs l'étrange coïncidence entre la rareté des taches entre 1645 et 1715 et le petit âge-glaciaire. Près d'un siècle plus tard, J.A. Eddy relance le débat. Il fallut accumuler les preuves, et tout d'abord prouver que le phénomène solaire a été réel et non dû au manque d'intérêt des astronomes de l'époque pour répertorier les taches. La faible activité solaire au 17ème siècle se retrouve dans la diminution des aurores boréales qui faisaient l'objet d'observations régulières. On retrouve également la signature du calme solaire dans la teneur en  $C^{14}$  et en  $Be^{10}$ , composés cosmogéniques présents dans la cellulose des arbres ( $C^{14}$ ) dans les archives glaciaires et les sédiments marins ( $Be^{10}$ ). Sur des périodes courtes, ces éléments sont essentiellement modulés par le champ magnétique solaire.

Du côté climatique, on disposait déjà à cette époque d'enregistrements thermométriques en Europe de l'Ouest, confirmant ainsi la rigueur du climat. D'aucuns ont pensé, à juste titre, que cet épisode climatique était caractéristique de l'Europe et l'Atlantique Nord. Pourtant, l'extension des glaciers observée dans les deux hémisphères et l'étude récente d'un certain nombre d'indicateurs paléoclimatiques indiquent l'étendue planétaire du refroidissement.

Le saut à franchir reste bien sûr le mécanisme reliant les deux phénomènes, solaire et climatique. Comme on l'a vu précédemment, la variation du champ magnétique, telles qu'en témoignent les taches solaires, entraîne une faible variation d'éclat du Soleil, de l'ordre de 0,1%, au cours d'un cycle actuel. De telles mesures n'existaient pas, bien évidemment, avant l'ère spatiale. On a pu toutefois reconstruire la variation de brillance du Soleil, au 17ème siècle, en utilisant la rotation affaiblie des taches et le diamètre solaire, comme diagnostics de luminosité. La réduction de brillance induite est estimée à 0,5% (**Figure 11**), ce qui correspond à une variation du bilan radiatif de 1 watt m<sup>2</sup> au sommet de l'atmosphère terrestre. Cette diminution de l'énergie reçue a été introduite dans les modèles climatiques du Laboratoire de Météorologie Dynamique et a donné les principales caractéristiques d'un petit âge-glaciaire, comparable à ceux qui ont affecté la Terre, au cours des derniers millénaires (**Figure 12**).

Une expérience symétrique a été menée par R. Sadourny et son équipe, au LMD, à savoir une augmentation de la constante solaire et ses conséquences climatiques. Cette étude prend tout son sens, puisqu'un réchauffement global de 0,6% a été observé depuis plus d'un siècle. L'explication de ce réchauffement peut avoir des causes multiples. D'une part, l'accroissement des gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre peut produire cette augmentation de température. Par ailleurs, l'activité magnétique solaire ne fait que croître. Il est important de noter qu'une augmentation de la variabilité solaire, telle qu'on l'observe depuis un siècle, pourrait entraîner une augmentation du rayonnement solaire de près d'un watt m<sup>2</sup>; par comparaison, le doublement du CO<sub>2</sub> équivaut à une augmentation de 4 watt m<sup>2</sup> au sommet de l'atmosphère terrestre.

Enfin, d'autres paramètres, comme l'activité volcanique jouent certainement un rôle dans le système complexe que représentent la terre, l'atmosphère et l'océan.

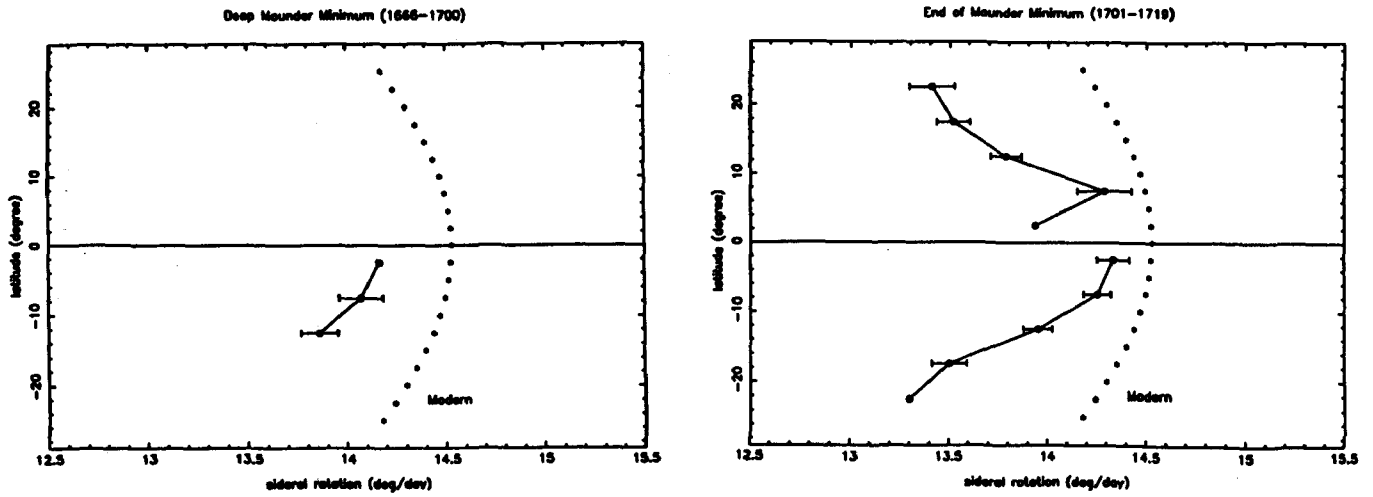


Figure 10  
 Rotation différentielle des taches solaires pendant le minimum de Maunder (en haut)  
 et à la reprise de l'activité (en bas).

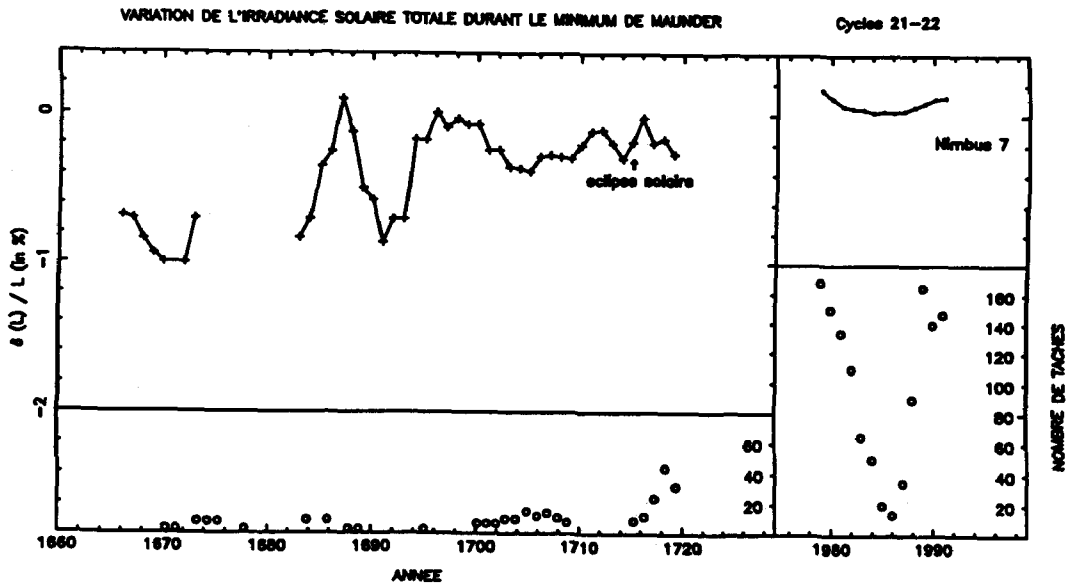


Figure 11  
 Variation de la "constante solaire" au 17ème siècle, reconstruite à partir des observations  
 historiques de rotation et de diamètre apparent. (E. Ribes et ses collaborateurs)



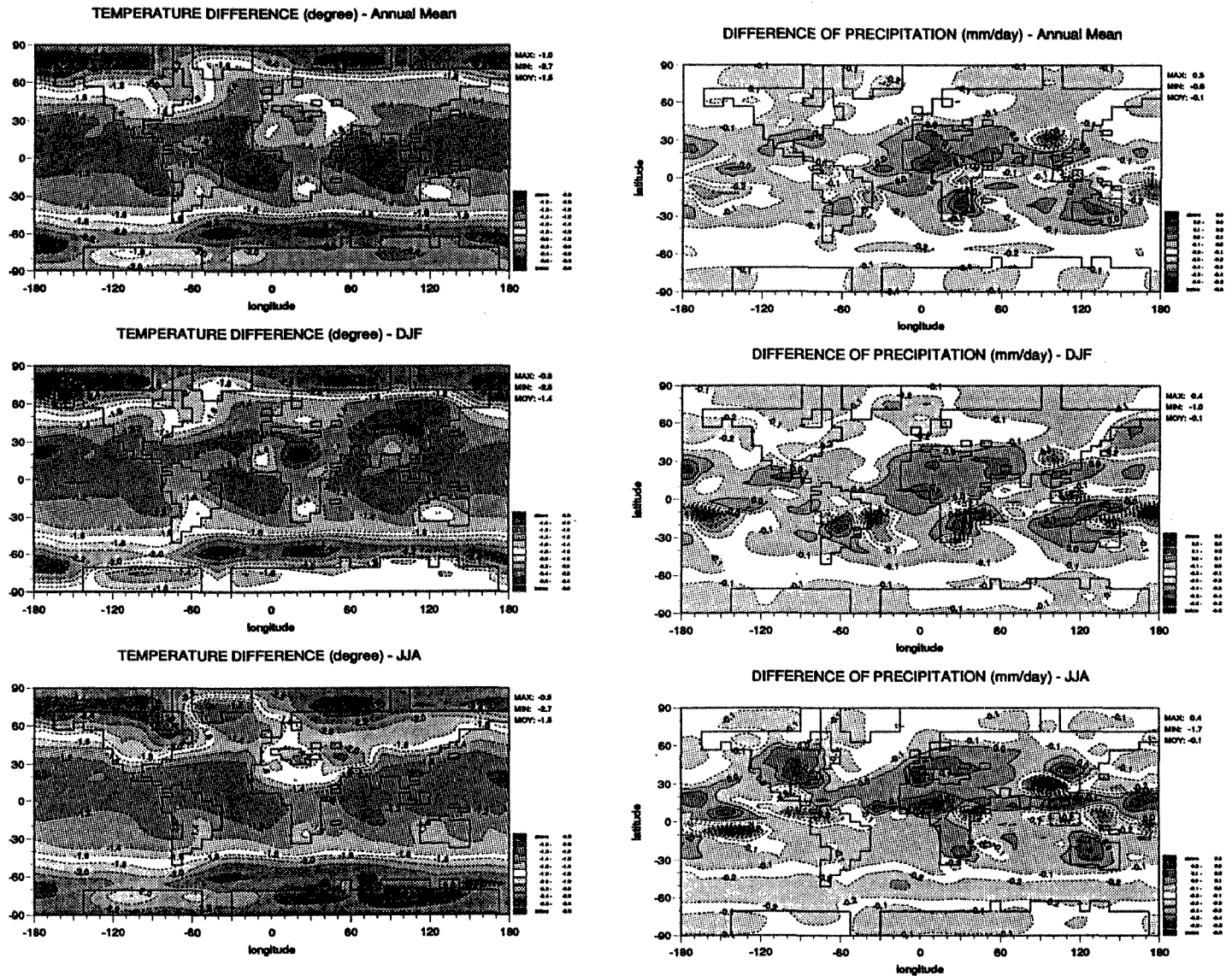


Figure 12

Modélisation de la température et des précipitations terrestres, lors du Minimum de Maunder. Ce scénario a été réalisé au Laboratoire de Météorologie Dynamique (R. Sadourny et ses collaborateurs) à partir de la réduction de la "constante solaire" déduite de l'anomalie du 17ème siècle. On remarque un refroidissement annuel de 1.4°C sur l'Europe, et de 2.2° C dans les régions polaires. Les différences de températures sont également données pendant l'hiver boréal (Décembre-Janvier-Février) et l'été boréal (Juin-Juillet, Août).

Pour terminer sur une note poétique, l'importance de la variabilité solaire est au climat ce que l'appogiatura est à la musique baroque.

## **7. Conclusion**

Le climat a toujours été au centre des préoccupations humaines, subi le plus souvent avec fatalité. Comme l'a évoqué J.C. ANDRE lors d'une conférence au MURS (*n° spécial*, 1992), l'homme a toujours voulu contrôler les éléments et faire la pluie et le beau temps. En modifiant involontairement, son environnement, il atteint en quelque sorte son but. Et c'est peut-être poussé par le même anthropocentrisme qu'il a tendance à tirer des conclusions hâtives sur les causes possibles du réchauffement actuel. Il est vrai que les enjeux sont considérables et il est sans doute opportun, d'amener l'individu comme le collectif, à prendre conscience de ses responsabilités. Faut-il parler là aussi d'une seule vérité, mais de deux modes d'expression, le langage scientifique et la langue du vulgaire, comme à l'aube du siècle des lumières ? Pour ma part, je crois qu'une véritable prise de conscience des menaces qui pèsent sur notre environnement passe par une étude objective de tous les facteurs susceptibles de modifier notre planète, avec leurs incertitudes et leurs limitations. Ne serait-ce pas le message posthume de Galilée ?

Elisabeth RIBES  
Observatoire de Paris (URA-CBRS 326)  
section d'astrophysique