



LIBRARY

Distr.
LIMITEE

E/CONF.35/S/69/SUMMARY
1^{er} mai 1961
FRANCAIS/ANGLAIS
ORIGINAL: FRANCAIS



MAY 8 1961
UNITED NATIONS
CONFERENCE
ON NEW SOURCES
OF ENERGY

CONFÉRENCE
DES NATIONS UNIES
SUR LES SOURCES NOUVELLES
D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Point de l'ordre du jour/Agenda item:

III.A -

Energie solaire disponible et instruments de mesure -
Données sur le rayonnement - réseaux - instruments

Solar energy availability and instruments for measurements -
Radiation data - Networks - Instrumentation

LA MESURE ABSOLUE DE L'ENERGIE SOLAIRE

Par Roger PEYTURAUX

Institut d'astrophysique, Paris, France

Laboratoire de l'énergie solaire, Montlouis, France

THE ABSOLUTE MEASUREMENT OF SOLAR ENERGY

By Roger PEYTURAUX

Astrophysical Institute, Paris, France

Laboratory of Solar Energy, Montlouis, France

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

LA MESURE ABSOLUE DE L'ENERGIE SOLAIRE

par Roger PEYTURAUX

Institut d'Astrophysique (Paris)

Laboratoire de l'énergie solaire (Montlouis)

Résumé

1. Introduction.

a) Bien que l'énergie reçue du Soleil au niveau du sol soit la seule utilisable, il est nécessaire si l'on veut des données universelles de connaître l'énergie reçue au-dessus de l'atmosphère. En effet, celle-ci absorbe le rayonnement solaire de façon considérable et surtout d'une façon très variable selon le domaine spectral (ultraviolet lointain et larges bandes infrarouges totalement absorbées par exemple).

b) En outre, le rayonnement propre du Soleil est lui-même très complexe du fait de la présence des raies d'absorption très nombreuses.

c) Par suite, pour avoir une connaissance complète du rayonnement solaire il faut mesurer l'énergie à spectre continu émise par les différents points du disque solaire et l'énergie absorbée dans les raies spectrales.

2. Mesure directe de la constante solaire.

a) La constante solaire est, rappelons-le, l'énergie reçue de l'ensemble du disque solaire, pour toutes les longueurs d'onde, au-dessus de l'atmosphère. Cette détermination directe

qui ne se pratique plus de nos jours car on espère obtenir un résultat plus précis par les méthodes indirectes a été d'une grande utilité et constituait encore il y a quelques années la seule donnée absolue sur l'énergie solaire.

b) La mesure se faisait en trois temps :

i) Mesure de l'énergie solaire reçue au sol pour toutes les longueurs d'onde transmises par l'atmosphère terrestre. Cette mesure était effectuée à l'aide d'un pyréliomètre.

ii) Mesure de l'absorption atmosphérique par la méthode des droites de Bouguer.

iii) Evaluation de l'énergie totalement absorbée dans les domaines spectraux où l'atmosphère est complètement opaque. Cette évaluation était faite en supposant que le rayonnement "invisible" était voisin de celui d'un corps noir. En outre, quelques progrès ont été apportés par les mesures en V_2 .

La constante solaire est d'environ $2.00 \text{ cal.cm}^2 \text{ min}^{-1}$ avec une incertitude de l'ordre de 5%.

3. Mesures spectrophotométriques du rayonnement solaire.

Une analyse approfondie des anciennes mesures a montré, il y a quelques années, leur précision insuffisante pour une connaissance certaine de l'émission énergétique du Soleil. Les chercheurs modernes ont orienté leurs recherches dans trois voies principales.

a) Mesure absolue de la répartition spectrale de l'énergie émise par le centre du disque solaire.

b) Mesure de la variation de l'énergie entre le centre et le bord du disque solaire.

c) Mesure de l'énergie absorbée dans les raies spectrales.

4. Mesure absolue de l'énergie au centre du disque solaire.

a) Cette mesure se pratique en comparant le Soleil à une source terrestre.

b) Les sources utilisées usuellement sont :

i) la lampe à ruban de tungstène qui constitue une bonne source tare mais ne peut constituer un étalon absolu du fait de son évolution dans le temps.

ii) l'arc électrique qui permet d'atteindre 4000° K est un bon étalon de répartition spectrale mais ne peut être non plus considéré comme absolument stable dans le temps.

iii) le corps noir qui est l'étalon absolu parfait. On réalise le corps noir en graphite ou en métal. Celui qui a été construit par l'auteur se compose essentiellement d'un tube de tantale mince chauffé sous vide. On atteint la température de 2600° K en 15 minutes et les conditions de corps noir sont satisfaites à quelques millièmes près.

c) La comparaison entre la source et le Soleil se fait en projetant successivement sur la fente d'un monochromateur l'image du Soleil et celle de la source. L'énergie est recueillie par une cellule photoélectrique et enregistrée. On doit en outre mesurer l'absorption atmosphérique par la méthode de Bouguer et étalonner au laboratoire les systèmes optiques qui ont été mis en oeuvre pour faire la comparaison.

d) Résultats obtenus et programmes en cours. Des courbes d'énergie relative assez précises ont déjà été obtenues par CHALONGE et collaborateurs, PIERCE, LABS et l'auteur. Les mesures absolues ont été faites pour peu de longueurs d'onde par LABS et l'auteur. Les chercheurs qui à notre connaissance traitent le problème sont LABS, SITNIK et l'auteur.

5. La mesure de l'assombrissement centre-bord du Soleil.

L'observation montre que le Soleil est plus sombre au bord qu'au centre. Les mesures ont montré que cet assombrissement est plus important quand la longueur d'onde diminue. Des mesures très précises ont été faites.

6. Mesures de raies spectrales.

De nombreux chercheurs ont étudié les raies spectrales du Soleil pour diverses raisons. L'absorption totale dans les raies est d'environ 12 %.

7. Conclusion.

Les mesures décrites doivent aboutir à une connaissance précise de :

- a) la constante solaire;
- b) la nature du rayonnement solaire;
- c) la structure interne du Soleil.

THE ABSOLUTE MEASUREMENT OF SOLAR ENERGY

by

Roger Peyturaux,

Astrophysical Institute, Paris
Laboratory of Solar Energy, Montlouis

SUMMARY

1. Introduction

(a) Although the energy received from the sun at ground level is the only solar energy that can be used, the energy received above the atmosphere must be known if universal data are desired. For the atmosphere absorbs solar radiation very substantially and very variably, according to the spectral region (for instance, the far ultraviolet and broad infrared bands are completely absorbed).

(b) Moreover, the sun's own radiation is itself highly complex, owing to the presence of very numerous absorption.

(c) Consequently, for complete knowledge of the solar radiation, one must measure both the energy of the continuous spectrum emitted at the various points of the solar disc and the energy absorbed in the spectral lines.

2. Direct measurement of the solar constant

(a) We recall that the solar constant is the energy received from the entire solar disc, at all wavelengths, above the atmosphere. Its direct determination, which is no longer performed today, since more precise results are expected by indirect methods, was very useful, and only a few years ago it was still the only absolute datum on the solar energy.

(b) This measurement was performed in three stages.

(i) Measurement of the solar energy received at the ground for all the wavelengths transmitted by the earth's atmosphere. This measurement was accomplished by means of a pyrliometer.

(ii) Measurement of the atmospheric absorption by the Bouguer method.

(iii) Estimation of the energy totally absorbed in the spectral regions where the atmosphere is completely opaque. This estimation was based on the assumption that the "invisible" radiation was close to that from a blackbody. Moreover, measurements in V_2 were responsible for some progress.

The solar constant is about $2.00 \text{ cal cm}^2 \text{ min}^{-1}$, with an uncertainty of the order of 5 per cent.

3. Spectrophotometric measurements of solar radiation

A few years of extensive analysis of old measurements showed their inadequate precision for a certain knowledge of the energetic emission of the sun. Modern investigators have directed their research in three main directions:

- (a) Absolute measurement of the spectral distribution of the energy emitted by the centre of the solar disc;
- (b) Measurement of the variation of the energy between the centre of the solar disc and the limb;
- (c) Measurement of the energy absorbed in the spectral lines.

4. Absolute measurement of the energy at the centre of the solar disc

(a) This measurement is performed by comparing the sun with a terrestrial source.

(b) The sources usually employed are:

(i) The tungsten ribbon lamp, which is a good calibration source but cannot be an absolute standard, on account of its variation with time;

(ii) The electric arc, which may reach $4,000^{\circ}$ K, is a good standard of spectral distribution, but neither can it be considered absolutely stable with time;

(iii) The blackbody, which is the perfect absolute standard. Blackbodies are prepared in graphite or metal. The blackbody constructed by the present author consists essentially of a thin tantalum tube heated in vacuo. The temperature of $2,600^{\circ}$ K is reached in fifteen minutes, and the blackbody conditions are satisfied within several thousandths.

(c) The source and the sun are compared by successive projection of the image of the sun and that of the source on the slit of a monochromator. The energy is collected by a photocell and recorded. The atmospheric absorption must also be measured by the Bouguer method, and the optical systems used for the comparison must be calibrated at the laboratory.

(d) Results obtained and programmes in progress. Rather precise relative energy curves have already been obtained by Chalonge and associates, Pierce, Labs, and the author. Absolute measures have been made on a few wavelengths by Labs and the author. The investigators dealing with this problem, to our knowledge, are Labs, Sitnik and the author.

5. Measurement of the darkening between the solar centre and limb

Observation shows the sun to be darker at its limb than at its centre. Measurements have shown that this darkening increases with decreasing wavelength. Very precise measurements have been made.

6. Measurements of spectral lines

Numerous investigators have studied the spectral lines of the sun for various reasons. The total absorption in the lines is about 12 per cent.

7. Conclusion

The measurements described should lead to a precise knowledge of:

- (a) the solar constant;
- (b) the nature of the solar radiation;
- (c) the internal constitution of the sun.

