

Zeitschrift:	Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber:	Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band:	13 (1931)
Artikel:	Mesures actinométriques effectuées à bord de navires dans les océans Atlantique et Indien
Autor:	Gorczynski, Ladislas
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-742053

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

MESURES ACTINOMÉTRIQUES

effectuées à bord de navires

DANS LES OCÉANS ATLANTIQUE ET INDIEN

PAR

Ladislas GORCZYNSKI

(Avec 2 fig.)

SOMMAIRE.

L'auteur présente un résumé des mesures actinométriques exécutées pendant la période de 1923 à 1928 (187 jours d'observations) dans les Océans Atlantique et Indien à bord de neuf navires. Les séries maritimes des valeurs de l'intensité du rayonnement solaire sont établies pour les différentes épaisseurs atmosphériques et, en outre, calculées en pourcentages de la constante solaire. L'auteur établit ensuite les pertes du rayonnement solaire dues à l'influence du trouble ou de la brume atmosphériques. Ces pertes, évaluées, elles aussi, en pour cent de la constante solaire, sont voisines de 1% pour l'Océan Indien et de 2% pour l'Atlantique au Sud de la latitude 45° Nord. On trouve des pertes de 3% environ pour la Méditerranée et pour la Mer Rouge, tandis que les îles océaniques et les plaines continentales accusent des valeurs bien plus élevées (Apia, à l'île de Samoa, 5%; Bangkok, au Siam, 7% et Varsovie, en Pologne, 11% de la constante solaire).

INTRODUCTION.

Pour élargir nos connaissances sur la distribution du rayonnement solaire à la surface du globe terrestre, il est indispensable de rassembler un certain nombre de mesures actinométriques pour les différents océans. Nous présentons ici un résumé des séries maritimes de déterminations de l'intensité du rayonnement solaire exécutées dans les Océans Atlantique et Indien à bord de neuf navires (trois français, trois danois et trois hollandais).

Pendant une période de six ans (de 1923 à 1928), nous avons pu rassembler ainsi 187 jours d'observation dont 40 furent effectués par mes collaborateurs.

Comme instrument de mesure on s'est servi de pyrhéliomètres thermo-électriques à lecture directe et de solarimètres construits dans les Etablissements de Jules Richard, à Paris. Ce n'est qu'au commencement (en 1923 seulement) que des actinomètres bimétalliques, peu commodes pour l'usage à bord des navires, ont été employés sur la route des Indes.

A part quelques notes préliminaires, publiées dans le « Bulletin mensuel » de l'Institut central météorologique, à Varsovie, et dans les « Comptes rendus de l'Académie des Sciences » de Paris, les premiers résultats d'ensemble de nos séries maritimes ont été publiés récemment à Cracovie dans le « Bulletin international de l'Académie polonaise » sous les titres suivants:

1. *Solar radiation measurements taken on board different ships over the Atlantic and Indian Oceans.*

(29 pages, avril 1930.)

2. *Degrees of atmospheric transparency for solar radiation over different oceanic surfaces and other regions.*

(24 pages, mai 1930.)

3. *Highest intensity values of solar radiation observed over oceanic surfaces and in other regions of the Earth.*

(18 pages, juin 1930.)

Passons maintenant à la présentation de quelques résultats tirés des mémoires en question en commençant par les mesures générales de l'intensité du rayonnement solaire, effectuées pendant la période de 1923 à 1928 à bord des neuf navires.

I.

SÉRIES ACTINOMÉTRIQUES MARITIMES EFFECTUÉES DE 1923
A 1928.

Pendant ce laps de temps on a effectué de nombreuses mesures de l'intensité du rayonnement solaire pendant 187 jours, principalement sur la route de l'Amérique centrale et des Indes. Nous donnons quelques détails concernant les itinéraires suivis pendant la période en question.

a) Année 1923.

L'itinéraire de l'expédition actinométrique de 1923 était le suivant:

- A) Voyage d'Anvers au Siam à bord du bateau à moteur M/S. *Jutlandia*, de la Compagnie danoise « Est-Asiatique ».
 - 3-4 mars. Départ d'Anvers pour Bangkok (Siam).
 - 4-9 mars. Océan Atlantique près des côtes de la France, d'Espagne et du Portugal. Passage de Gibraltar.
 - 10-17 mars. Méditerranée. Port-Saïd et le canal de Suez.
 - 18-23 mars. Mer Rouge.
 - 23 mars-1^{er} avril. Océan Indien (1^{er} avril à Colombo).
 - 7-9 avril. Port Penang, Belawan Deli (Medan), à Sumatra.
 - 11-18 avril. Singapore. Golfe du Siam via l'île de Koh-Si-Chang.
 - 13-18 avril. Golfe du Siam (Pacifique).
- B) Séjour à Bangkok (Siam) du 18 avril jusqu'au 2 juin 1923. Ensuite passage maritime Bangkok-Singapore (M/S. *Tranquebar*) et Singapore-Batavia (S/S. *Giang-Seng*).
- C) Séjour à Batavia et dans les hautes montagnes de Java.
 - 2-8 juin. Passage maritime Bangkok-Singapore-Batavia.
 - 9-11 juin. Observatoire météorologique de Weltevreden (Batavia).
 - 12-19 juin. Montagne de Pangerango et séjour sous la tente au sommet (altitude 3045 mètres).
 - 20-23 juin. Observatoire de Weltevreden.
 - 23 juin-5 juillet. Passage Batavia-Singapore et Singapore-Penang-Pondichéry (Indes).

- D) Séjour aux Indes (partie méridionale) et à l'île de Ceylan.
- 5 juillet. Port de Pondichéry (Indes françaises).
 - 9-10 juillet. Observatoire solaire de Kodaikanal; Madura-Danushkodi.
 - 11-12 juillet. Montagnes du Ceylan et la ville de Kandy.
 - 13-15 juillet. Observatoire météorologique de Colombo.
- E) Voyage de retour Colombo-Marseille à bord du bateau à moteur M/S. *Falstria*, de la Compagnie danoise « Est-Asiatique ».
- 16-29 juillet. Océan Indien.
 - 29 juill.-4 août. Mer Rouge.
 - 4-5 août. Canal de Suez.
 - 5-11 août. Méditerranée.
 - 12-28 août. Retour par terre: Marseille-Montpellier (Station météorologique agricole), Le Vigan (Mont d'Aigoual), Paris (Observatoire du Parc St-Maur), Varsovie.

En tout, on a effectué — pendant les six mois de mars à août 1923 — plus de 36.500 km, dont seulement 4.000 km par terre.

Pendant les six mois de mars-août 1923, on a réuni plus de 42.500 lectures actinométriques; parmi 103 jours d'observation se trouvent 31 jours pendant lesquels on a pu obtenir des séries presque sans interruption depuis le lever jusqu'au coucher du soleil. Le nombre total de 103 jours d'observation comprend aussi la série supplémentaire effectuée par M. Sawicki à bord de M/S. *Tranquebar* (19 jours d'observation en été 1923 entre Colombo et Marseille).

b) Année 1925.

Un voyage actinométrique a été effectué dans le courant de cette année par M. Edward Stenz, alors chef du Service météorologique maritime à Dantzig, dépendant de l'Institut central de Varsovie. M. Stenz, avec l'aide de sa femme, M^{me} Eugenja Stenz, a pu réussir 14 jours d'observation à bord du S/S. *Flandria* (Lloyd Hollandais), entre Rotterdam et Buenos-Aires, via Bahia et Rio de Janeiro, et retour.

c) Années 1927 et 1928.

Pendant ce temps cinq voyages maritimes ont été effectués dans l'Océan Atlantique sur la route Europe-Golfe du Mexique (passant par les ports espagnols et Cuba).

On a réussi pendant les deux années 1927 et 1928, 70 jours d'observation comme il résulte de l'énumération donnée ci-dessous:

Nombre des jours d'observations actinométriques à bord des neuf navires.

	1923	1923	1925	1927	1927	1928
Janvier	—	—	—	—	—	4
Février	—	—	—	—	—	—
Mars	23	—	—	—	—	—
Avril	14	—	—	—	—	8
Mai	15	—	—	—	—	5
Juin	9	1*	—	—	—	—
JUILLET	13	18*	—	—	—	—
Août	10	—	1*	9	—	—
Septembre	—	—	6*	3	3*	—
Octobre	—	—	7*	—	4*	3
Novembre	—	—	—	—	—	20
Décembre	—	—	—	11	—	—
Total.	84	19	14	23	7	40

Total général: 187 jours d'observations.

Parmi ces 187 jours d'observation se trouvent 40 jours (marqués par un astérisque) pendant lesquels les séries actinométriques furent effectuées non par l'auteur du présent mémoire, mais par ses collaborateurs. Notamment 19 jours en été 1923 appartient à M. Sawicki, 14 jours en 1925 à M. Stenz, et 7 jours en 1927 à M. Lemanski.

Ajoutons qu'un mois après notre expédition actinométrique maritime (à bord du *Jutlandia* et du *Falstria*, du 4 mars au 11 août 1923), un autre voyage actinométrique a été organisé par M. Linke, professeur à Francfort sur le Main (départ de Hambourg le 5 avril 1923 à destination de Buenos-Ayres et retour en Europe en août de la même année). À part cela, deux courtes séries maritimes avec des observations actinométriques furent effectuées par M. Perlewitz (en 1924) et M. Georgii (en 1925) à l'occasion de séries de mesures aérologiques dans l'Océan Atlantique. Les rapports et publications de ces météoro-

logistes sont cités dans la notice bibliographique à la fin du présent mémoire.

Avant l'année 1923, nous n'avons connaissance d'aucun voyage maritime organisé dans le but de faire des observations actinométriques à l'aide d'appareils de précision.

II.

LES INSTRUMENTS EMPLOYÉS A BORD DES NAVIRES ET LEUR ÉTALONNAGE POUR LES MESURES DU RAYONNEMENT SOLAIRE.

Pendant le premier voyage actinométrique en 1923 (à bord des navires *Jutlandia*, *Tranquebar* et *Falstria*), on employait des actinomètres bimétalliques; dans les autres voyages, par contre, on se servait régulièrement de pyrhéliomètres thermo-électriques et de solarimètres, beaucoup plus pratiques pour l'usage courant à bord des navires. En 1925, à bord du *Flandria*, M. Stenz employait un pyrhéliomètre du système d'Angström, à compensation électrique, à côté d'appareils thermo-électriques.

L'actinomètre bimétallique n° 315, employé en 1923, fut étalonné, pour la première fois, à l'Observatoire de Potsdam. Les coefficients établis en fonction d'une graduation d'un cercle spécial (dit « cercle de température »), variaient entre 0.0244 et 0.0265 suivant la position indiquée par l'index du cercle. Les comparaisons établies à Potsdam en 1922, furent vérifiées plusieurs fois en Pologne après le retour du premier voyage actinométrique, en septembre 1923. Cette vérification, effectuée avec un pyrhéliomètre à disque d'argent (S.J. 37) et avec quelques autres actinomètres, a montré que les coefficients trouvés en 1922 n'ont pas changé au cours de 1923. Par conséquent, on peut considérer que les mesures effectuées en 1923 avec l'actinomètre n° 315 donnent les valeurs de l'intensité du rayonnement solaire exprimées en $\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ min.}$ selon l'échelle smithsonienne.

L'étalonnage de l'autre actinomètre bimétallique, n° 366,

employé à bord du M/S. *Tranquebar*, a été établi par comparaisons avec l'appareil n° 315.

Les actinomètres bimétalliques, très fragiles et nécessitant des précautions nombreuses et constantes pendant les voyages, furent définitivement remplacés par les pyrhéliomètres thermo-électriques, beaucoup plus commodes et sûrs pour l'usage courant et tout spécialement à bord des navires.

L'emploi des piles thermo-électriques pour les mesures de rayonnement solaire est une suggestion française. Le professeur Crova, de l'Université de Montpellier, a utilisé, déjà avant 1890, la méthode thermo-électrique. Quelques autres physiciens ont également employé les thermo-éléments, contribuant ainsi à la diffusion de cette méthode à laquelle appartient l'avenir dans l'actinométrie.

Les principales difficultés qui jusqu'ici ont empêché l'emploi courant des thermo-éléments ou des piles thermo-électriques pour les mesures précises de l'intensité du rayonnement solaire, sont les suivantes :

a) *Fixité du zéro.* — Les piles thermo-électriques ne doivent pas présenter de variations du zéro.

b) *Rapidité d'action.* — Les piles thermo-électriques employées jusqu'ici étaient très lentes à se mettre en action. Exposées au rayonnement solaire, il fallait généralement plusieurs minutes pour qu'une température constante fût établie. Même les meilleures piles de Rubens demandaient plus de 15 secondes pour que la force électromotrice totale, due à une radiation constante, fût obtenue.

c) *Sensibilité.* — La sensibilité qu'il a été possible d'obtenir jusqu'ici, avec les piles, n'était en général pas suffisante pour permettre l'usage de millivoltmètres ordinaires; il fallait employer des galvanomètres à miroir avec enregistrement photographique, appareils délicats et peu pratiques.

Dans quelques cas où l'on a réussi à obtenir une grande sensibilité, c'était aux dépens de la rapidité d'action.

d) *Simplicité de la méthode de mesures et robustesse de la construction.* — Les piles thermo-électriques, employées jusqu'ici, n'étaient pas assez robustes pour se prêter à l'emploi courant,



souvent assez rude en raison des intempéries telles que la pluie, la poussière, la neige, la grêle, etc. De plus, toute la construction thermoélectrique était trop compliquée et trop fragile pour le transport.

Les conditions ci-dessus sont remplies d'une manière très satisfaisante, par les piles thermo-électriques construites selon le principe de *Moll*, qui consiste dans l'adjonction, à chaque soudure passive, d'une masse métallique très importante par rapport à celle de l'élément même qui n'a que quelques millièmes de millimètre d'épaisseur. Grâce à ce dispositif, on peut, sans inconvénient, exposer la totalité de la longueur du couple à l'action du rayonnement.

C'est en combinant la pile thermo-électrique de *Moll*, convenablement installée et diaphragmée avec un indicateur approprié (millivoltmètre de *Richard*), que nous sommes arrivés à construire un appareil simple et commode pour les mesures courantes de l'intensité du rayonnement solaire. Ce nouvel instrument, de construction robuste, joint à une grande sensibilité, une rapidité d'indications presque instantanée.

Les thermo-éléments qui composent la pile du type *Moll*, sont formés de lames de manganine et de constantan, extrêmement minces (généralement 0,007 mm) et noircies. Ces composants sont pratiquement inaltérables; ils ne se rouillent, ni ne se corrodent et leur résistance peut être considérée comme indépendante des variations de la température.

Les thermo-éléments sont réunis en groupes pour former soit une pile linéaire (utilisée pour les études du spectre), soit une pile de surface.

Cette dernière forme est particulièrement bien appropriée aux mesures courantes de l'intensité du rayonnement solaire. La pile de surface grand modèle se compose de 80 thermo-éléments, groupés en trois séries, sur une surface circulaire de 2 cm de diamètre environ; elle a une résistance de 45 ohms.

Les piles ordinaires, employées pour les petits tubes pyrhéliométriques et pour les solarimètres, se composent généralement de huit thermo-éléments, et la résistance intérieure de ces piles est d'environ 8 ohms.

Rappelons que les solarimètres, à lecture directe ou enregis-

treurs (solarigraphes), sont destinés à donner immédiatement les valeurs instantanées de l'intensité totale du rayonnement tombant sur une surface horizontale et provenant non seulement du soleil, mais aussi de la diffusion par l'ensemble du ciel. Ils diffèrent donc des tubes pyrhéliométriques qui ne donnent que l'intensité du rayonnement direct du soleil sur une surface exposée normalement aux rayons.

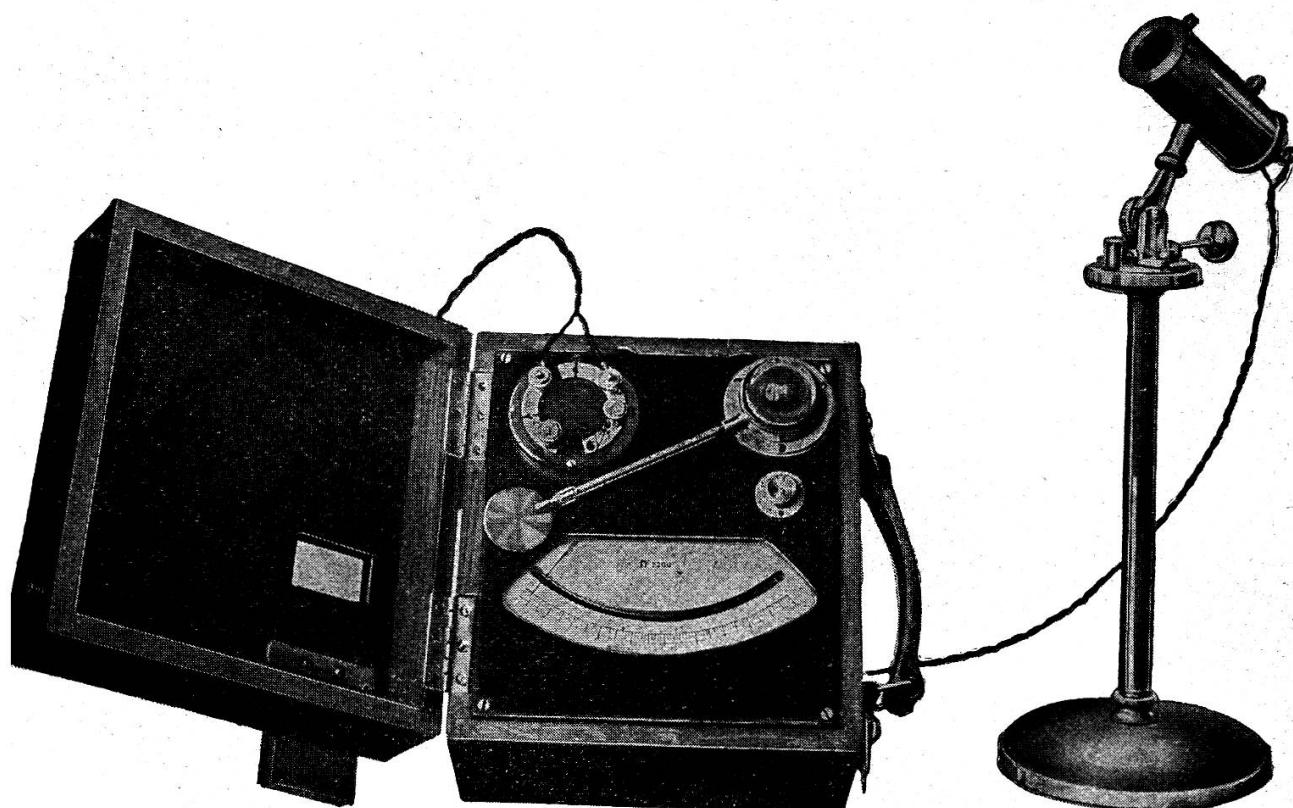


Fig. 1.

Tube pyrhéliométrique monté sur un pied et relié au solarimètre de Richard.

Le solarimètre se compose d'une pile thermo-électrique, placée horizontalement sous un verre hémisphérique pour recevoir librement le rayonnement venant du soleil et du ciel.

Les piles pour observations pyrhéliométriques peuvent être les mêmes que celles des solarimètres; leur montage seul diffère. Au lieu d'être fermées par un verre hémisphérique, elles sont renfermées dans des tubes diaphragmés.

Sous le nom de tubes pyrhéliométriques, nous entendons ici les systèmes thermo-électriques (piles ou éléments individuels

dans l'air ou dans le vide), placés à l'extrémité d'un tube cylindrique contenant les diaphragmes appropriés.

A l'autre extrémité du tube on trouve généralement des verres protecteurs, plans, sphéro-cylindriques ou sphériques, mais l'emploi de ces verres n'est pas toujours nécessaire. Il y a même un avantage sérieux à employer un modèle de tube pyrhéliométrique, muni d'un petit verre plan qu'on enlève facilement et qui peut servir seulement dans le cas d'un vent fort ou dans

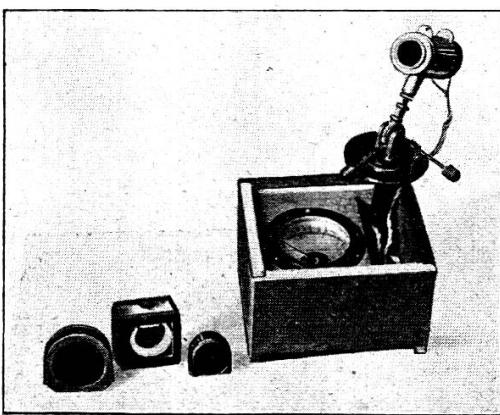


Fig. 2.

Tube pyrhéliométrique (petit modèle) avec trois filtres solaires (verre noir pour l'infrarouge, une cuve contenant du sulfate de cuivre et un verre rouge).

d'autres cas exceptionnels. Un tel modèle portatif nous a beaucoup servi en 1927 pour les observations à bord des navires entre l'Amérique et l'Europe.

Nous donnons, ci-après, les résultats de l'étalonnage des quelques tubes pyrhéliométriques, que nous avons employés le plus souvent pendant nos voyages dans l'Océan Atlantique en 1927 et en 1928:

- a) Tube (avec pile de grande surface) avec un verre plan de protection et un millivoltmètre de Richard à lecture directe.
- b) Tubes (avec une pile solarimétrique ou de petite surface), combinée avec un petit millivoltmètre de Weston

ou un millivoltmètre normal de Richard et employés sans et avec verre plan.

Le tube sous a), avec des diaphragmes circulaires et un verre plan, fut comparé pendant de longs mois en 1926, et aussi en 1927.

TABLEAU I.

Coefficients du tube pyrhéliométrique (Nº a) d'après les comparaisons effectuées avec le pyrhéliomètre à compensation électrique (Angström Nº 178a) et avec le pyrhéliomètre à disque d'argent (S.J. Nº 22).

1927	Coefficients	1927	Coefficients
a) Comparaisons avec le modèle d'Angström Nº 178a.		3 août	0.0155
21 juin.	0.0157	10 »	0.0156
22 »	0.0158	12 »	0.0157
24 »	0.0157	13 »	0.0156
28 »	0.0156	16 »	0.0156
1 ^{er} juillet . . .	0.0156	17 »	0.0156
5 »	0.0157	19 »	0.0156
11 »	0.0156	20 »	0.0156
12 »	0.0156	26 »	0.0156
13 »	0.0155	27 »	0.0156
14 »	0.0155	28 »	0.0155
15 »	0.0156	31 »	0.0156
17 »	0.0156	b) Comparaisons avec S.J. Nº 22.	
18 »	0.0155	17 octobre . . .	0.0156
19 »	0.0157	18 »	0.0156
20 »	0.0155	21 »	0.0156
21 »	0.0156	24 »	0.0157
30 »	0.0155	25 »	0.0156
Moyenne (17 jours d'ob- servations) . .	0.01561	26 »	0.0157
		8 novembre . .	0.0157
		9 »	0.0156
		12 »	0.0155
		Moyenne (21 jours d'ob- servations) . .	0.01561

N. B. — Chaque valeur diurne représente une moyenne de plusieurs déterminations effectuées à différentes heures de la journée, depuis le lever jusqu'au coucher du soleil.

Les comparaisons furent effectuées à l'aide de pyrhéliomètres à compensation électrique et avec un instrument à disque d'argent.

Dans le tableau I sont consignés les résultats des comparaisons obtenues en été 1927, qui prouvent une très bonne marche du coefficient du tube pyrhéliométrique en question. Ce coefficient ne change pas beaucoup, même en présence des nuages.

Le même coefficient 0.0156 a été retrouvé à l'Observatoire de Tacubaya, au Mexique, d'après les comparaisons qui y ont été effectuées avec un pyrhéliomètre à disque d'argent (S.J. n° 22).

Notons que les indications de nos deux principaux instruments de contrôle (pyrhéliomètre n° 178a à compensation électrique et pyrhéliomètre à disque d'argent S.J. n° 22) qui étaient en parfait accord, étaient exprimées dans la même échelle smithsonienne.

Il résulte du tableau I une très bonne constance du coefficient du tube pyrhéliométrique n° a qui n'a pas changé pendant trois ans à partir de la fin de 1925 quand il fut mis en service permanent. Ce tube relié à un millivoltmètre de Richard constitue un ensemble portatif et extrêmement simple à employer, ce dispositif nous a bien servi non seulement dans les oasis sahariennes, mais aussi à bord.

Peut-être encore plus simples et maniables, mais avec une échelle réduite, sont les tubes pyrhéliométriques combinés avec un petit millivoltmètre du système Weston ayant une sensibilité de 0-3 millivolt avec 30 divisions en tout et une résistance de 10 ohms environ, correspondant assez bien à celle de la pile. Ils contiennent de petites piles thermo-électriques (par exemple du modèle employé pour les solarimètres); les tubes ont des diaphragmes rectangulaires ou circulaires et sont destinés à être employés surtout sans un verre protecteur, si le vent n'est pas trop violent dans la direction venant du soleil (voir fig. 2).

Nous donnons ci-après les résultats obtenus avec deux petits tubes que nous appelons n° 1 et n° 3. Il résulte du tableau II que les valeurs moyennes diurnes des coefficients des deux tubes ne changent pas beaucoup d'un jour à l'autre.

On constate aussi qu'il n'y a pas de grandes variations diurnes au milieu d'une seule journée, sauf peut-être dans le

cas des voiles et brumes qui influencent forcément l'exactitude des comparaisons. Il faut cependant signaler qu'en employant un verre plan de protection on constate une augmentation faible et passagère du coefficient au commencement de chaque série de mesures.

Il semble qu'il se produit ici un échauffement progressif de la couche d'air contenue dans le tube pyrhéliométrique fermé par un verre. L'accroissement du coefficient ne se manifeste qu'avec un verre plan, les séries des mesures sans verre de protection ne présentant pas des phénomènes analogues. Il faut noter pourtant qu'en utilisant le grand tube n° a, avec des larges diaphragmes circulaires, dont nous avons parlé plus haut, aucune variation systématique du coefficient du tube n'était constatée au commencement des séries de nos mesures. Dans les petits tubes ayant de petits diaphragmes rectangulaires, ce phénomène disparaissait presque quand on facilitait la circulation de l'air dans l'intérieur par l'emploi de tubes moins étanches.

Il reste cependant la possibilité de faire les mesures sans aucun verre de protection. Ceci est facile, sauf dans les cas d'un vent soufflant trop fort dans la direction du tube.

L'étalonnage des tubes contenant une pile solarimétrique et une lentille sphéro-cylindrique a donné aussi de bons résultats au point de vue de la constance de la marche du coefficient.

Un tube pyrhéliométrique de ce modèle fut employé par nous, seulement à bord du S/S. *Cuba*, en 1927.

TABLEAU II.

a) *Tube N° 1 avec petit millivoltmètre de Weston.*

Sans verre de protection			Avec un verre plan		
Date	Coefficients	Nombre d'observations	Date	Coefficients	Nombre d'observations
1928			1927		
3 janvier .	0.0582	7	17 décembre	0.0658	13
15 " .	0.0587	5	22 "	0.0658	13
16 " .	0.0582	5	24 "	0.0661	10
17 " .	0.0586	6	1928		
			3 janvier .	0.0660	21

b) *Tube N° 3 avec le même millivoltmètre (30 divisions).*

Sans verre de protection			Avec un verre plan		
Date	Coefficients	Nombre d'observations	Date	Coefficients	Nombre d'observations
1928			1928		
12 janvier .	0.0652	8	7 janv.	0.0726	26
29 " .	0.0663	8	14-16 "	0.0731	18
30 " .	0.0662	7	18-20 "	0.0723	33
			27-29 "	0.0728	11
			30 "	0.0728	11

Ajoutons que la sensibilité des piles thermo-électriques du type Moll reste bien constante et que, si les coefficients des tubes pyrhéliométriques varient quelquefois, c'est plutôt à cause de changements accidentels dans les millivoltmètres employés. Pour éliminer cette source d'erreurs, assez rare, mais toujours possible, il est utile d'avoir toujours un bon millivoltmètre de contrôle.

Remarquons à la fin que beaucoup d'autres détails concernant les appareils employés dans nos voyages actinométriques sont donnés dans nos mémoires, publiés surtout dans les « Annales du Service botanique tunisien » (voir surtout les n°s 8, 12, 13 et 14 de la notice bibliographique à la fin).

III.

VALEURS DE L'INTENSITÉ DU RAYONNEMENT SOLAIRE OBTENUES

A. BORD DE NAVIRES POUR LES DIFFÉRENTES ÉPAISSEURS ATMOSPHÉRIQUES.

Dans le grand tableau A sont présentées les intensités Q du rayonnement solaire, observées à bord des navires dans les Océans Atlantique et Indien pendant la période de 1923 à 1928. Les valeurs de Q sont exprimées en petites calories par minute et cm^2 de surface exposée normalement aux rayons solaires ; elles ne sont pas ramenées à la distance moyenne de la terre au soleil.

A part l'intensité maximum (Q max.), les autres valeurs sont données pour les trois épaisseurs atmosphériques 1.5, 2 et 3 atm.,

lesquelles correspondent, au niveau de la mer, aux distances zénithales suivantes du soleil: 48°,3, 60°,0 et 70°,7.

Le tableau A contient aussi les positions des navires (latitude et longitude géographiques) à midi vrai, ainsi que les observations psychrométriques, effectuées plusieurs fois par jour avec des appareils à ventilation (psychromètres du modèle Assmann). Dans certains cas (par exemple à bord du S/S. *Cuba*, de la Compagnie Générale Transatlantique, entre Saint-Nazaire et Vera Cruz) on n'a pu employer que des thermomètres ordinaires non ventilés artificiellement; les observations correspondantes sont données sans décimales dans nos tables numériques.

Pour réduire autant que possible le grand tableau A, on y a reproduit seulement les valeurs observées de la température de l'air (en degrés cent.) et de la tension de la vapeur d'eau (en millimètres Hg).

Les pourcentages correspondants de l'humidité relative étaient généralement assez élevés (vers 80% environ) et accusaient une amplitude plutôt restreinte. On peut en juger par l'exemple suivant du 24 mars 1923, assez fréquent et typique pendant ce temps sur l'Océan Indien (latitude 12°,2 Nord et longitude 48°,3 Est).

Temps local vrai	Température de l'air C	Vapeur d'eau	
		Tension <i>f</i> (mm)	Humidité rel. %
6 h. 30	25°,7	21.7	88
7 h. 30	26°,2	21.8	85
10 h. 00	27°,1	22.6	84
12 h. 15	26°,5	21.5	83
14 h. 00	26°,7	21.0	80
15 h. 00	27°,0	20.2	75
17 h. 00	25°,8	20.3	82
18 h. 00	25°,3	20.4	84

N. B. — Notons qu'il faisait beaucoup de vent durant ce jour-là et que, malgré le ciel pur et assez ensoleillé, des nuages blancs passaient fréquemment devant le disque solaire. Le thermomètre mouillé de notre pyrhéliomètre d'aspiration variait seulement de 25°,1 à 23°,4 C. à l'Océan Indien pendant cette journée du 24 mars 1923.

TABLEAU A.

Valeurs Q de l'intensité du rayonnement solaire à l'incidence normale, observées à bord des navires dans les Océans Atlantique et Indien pendant la période de 1923 à 1928. (Les intensités Q sont données en cal. gr. par minute et cm² de surface exposée normalement aux rayons solaires; elles ne sont pas réduites à la distance moyenne de la terre au soleil.)

A₁. Golfe du Mexique.

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire			
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.
Année 1927.								
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. Cuba. Comp. Gén. Transatl.								
3. IX	La Havane, Cuba	30°	21	1.28	1.0	.	.	.
4. »	22.5 | 87.0 W	29°	22	1.33	1.0	.	.	.
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. Espagne. Comp. Gén. Transatl.								
3. X	La Havane, Cuba	29°,6	24.5	1.30	1.2	1.22	1.14	.
4. »	22.8 | 87.0 W	31°,3	24.8	1.21	1.2	1.15	.	.
6. »	20.9 | 92.9 W	29°,0	22.3	1.33	1.2	1.22	.	0.99
Tampico-Rotterdam. M/S. Maasdam. Ligne Hollande-Amér.								
16. XII	Vera Cruz Cm	26°,5	19.7	1.27	1.6	1.27	1.21	1.06
17. »	19.2 | 96.1 W	26°,0	18.8	1.25	1.4	1.24	.	.
18. »	21.3 | 91.6 W	26°,7	19.8	1.24	1.5	1.24	.	.
19. »	22.6 | 86.7 W	27°,8	20.9	1.32	1.4	1.29	.	.
21. »	La Havane, Cuba	22°,0	14.9	1.21	1.4	1.20	.	.
Année 1928.								
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. Lafayette. Comp. Gén. Transatl.								
4. XII	La Havane, Cuba	27°,5	20.0	1.25	1.0	1.10	1.01	0.95
5. »	Golfe du Mexique	25°	17.3	1.20	1.0	.	.	.
6. »	21.2 | 91.0 W	24°	19.3	1.19	1.0	.	.	.
7. »	Vera Cruz	20°	21	1.23	1.0	.	0.98	0.77

TABLEAU A (*suite*).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Vera Cruz-Rotterdam. M/S. Spaarndam Ligne Hollande-Amér.									
24. IX	N. Orléans (port)	25°	15	1.35	1.3	1.35	1.15	0.97	
25. »	U.S.A.	25°	13	1.35	1.2	1.24	.	.	
30. »	»	32°	17	1.19	1.6	1.2	0.99	.	
1. X	»	30°	20	1.24	1.2	1.20	.	.	
2. »	Mississippi	28°,7	18.4	1.34	1.2	1.29	1.14	1.04	
3. »	26.8	86.6 W	29°,3	21.1	1.33	1.2	1.30	1.18	1.08
4. »	23.3	82.4 W	29°,1	20.8	1.32	1.3	1.25	1.17	0.96
5. »	23.2	82.4 W	27°,9	21.7	1.30	1.3	1.29	.	.
6. »	La Havane, Cuba		28°,2	20.2	1.29	1.7	1.29	1.18	1.10

A₂. Atlantique du Nord (latitudes entre 25° N. et 35° N.).

Année 1927.

St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. *Cuba* Comp. Gén. Transatl.

28. VIII	35.9	42.3 W	25°	17	1.33	1.1	.	.	.
29. »	34.3	50.0 W	26°	17	1.31	1.1	.	.	.
30. »	32.2	57.1 W	26°	20	1.33	1.1	.	.	.
31. »	30.0	64.4 W	28°	21	1.33	1.1	.	.	.
2. IX	26.1	79.3 W	27°	20	1.34	1.0	.	.	.

St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. *Espagne*. Comp. Gén. Transatl.

29. IX	33.2	55.8 W	23°,2	17.5	.	.	1.06	.	.
30. »	31.1	63.4 W	27°,1	15.8	.	.	.	0.88	.
2. X	26.0	76.9 W	28°,1	22.1	1.34	1.2	1.20	1.13	1.00

Rotterdam-Tampico. M/S. *Maasdam*. Ligne Hollande-Amér.

22. XII	26.0	79.3 W	19°,0	12.3	1.24	1.5	1.24	1.18	1.09
23. »	27.3	74.5 W	22° 0	14.6	1.26	1.7	.	1.17	1.12
24. »	29.8	69.9 W	20°,0	13.0	1.11	1.7	.	.	.
25. »	32.2	65.2 W	17°,7	11.2	1.27	1.9	.	1.19	.
26. »	33.7	60.5 W	16°,0	10.0	1.33	1.9	.	.	.
27. »	35.8	55.3 W	15°,2	9.3	1.22	2.4	.	.	1.18

TABLEAU A (*suite*).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1928.									
St-Nazaire-Vera-Cruz. S/S. <i>Lafayette</i> . Comp. Gén. Transatl.									
27. IV	34.4	40.0 W	20°,5	15.4	1.32	1.1	.	.	.
28. »	32.8	47.5 W	21°	16.8	1.29	1.1	1.22	.	.
29. »	31.0	55.1 W	22°	17.9	1.24	1.1	1.16	.	.
30. »	29.4	62.6 W	23°	19.0	.	.	.	.	1.00
1. V	27.6	70.0 W	24°	20.3	1.23	1.1	.	.	.
2. »	25.8	77.3 W	24°,5	20.0	1.22	1.1	.	0.95	0.78
3. »	25.0	80.0 W	26°	19.0	1.21	1.0	.	1.03	.
Vera Cruz-Rotterdam. M/S. <i>Spaarndam</i> Ligne Hollande-Amér.									
7. X	26.5	79.7 W	27°,9	18.0	1.28	1.2	1.25	1.14	0.91
8. »	30.6	77.7 W	27°,4	17.4	1.32	1.2	1.24	1.16	.
9. »	33.0	72.0 W	25°,3	17.7	1.18	1.3	1.17	0.93	0.80
10. »	35.1	67.3 W	26°,1	16.0	1.32	1.4	1.24	1.13	.

A₃. Océan Atlantique (Nord et Sud).Année 1925. — Mesures effectuées par le Dr et M^{me} Stenz.

Rotterdam-Buenos-Ayres

et retour.

S/S. *Flandria*.

Lloyd Hollandais.

30. VIII	39 N	10 W	.	15.0	.	.	.	.	(0.96)
2. IX	26 N	16 W	.	18.0	1.10	1.1	0.95	0.79	0.58
3. »	22 N	18 W	.	18	1.06	1.0	.	.	.
4. »	16 N	22 W	.	19	1.11	1.0	0.90	0.75	0.53
7. »	2 N	29 W	.	17.3	1.25	1.0	.	.	.
8. »	3 S	32 W	.	19.2	1.24	1.0	.	.	.
9. »	8 S	35 W	.	18.5	1.29	1.0	.	.	.
2. X	13 S	38 W	.	17.8	1.37	1.0	.	.	.
3. »	9 S	35 W	.	18	(1.26)	1.2	.	.	.
4. »	5 S	33 W	.	18.8	1.34	1.0	.	.	.
5. »	0 S	30 W	.	19.0	1.33	1.0	1.21	1.11	0.96
10. »	24 N	18 W	.	16.5	(1.36)	1.2	1.28	1.18	.
11. »	29 N	16 W	.	15.8	.	.	1.30	1.19	1.03
14. »	42 N	9 W	.	11.2	.	.	1.30	1.26	1.12

TABLEAU A (*suite*).**A₄. Atlantique du Nord** (latitudes entre 36° N. et 52° N.).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1927.									
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. <i>Cuba</i> . Comp. Gén. Transatl.									
23. VIII	La Coruña		20°	13	1.25	1.2	.	.	.
24. »	42.6	11.1 W	21°	14	1.17	1.2	.	.	.
25. »	41.0	18.5 W	20°	15	1.13	1.2	.	.	.
26. »	39.2	26.2 W	21°	16	1.27	1.1	.	.	.
27. »	37.1	34.1 W	24°	17	1.29	1.1	.	.	.
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. <i>Espagne</i> . Comp. Gén. Transatl.									
27. IX	36.7	40.0 W	25°,0	18.0	.	.	.	0.93	.
Année 1928.									
Rotterdam-Tampico. M/S. <i>Maasdam</i> . Ligne Hollande-Amér.									
1. I	42.3	30.3 W	14°,8	9.6	1.16	2.5	.	.	1.06
2. »	42.6	23.9 W	13°,8	8.9	1.17	2.5	.	.	1.10
5. »	42.6	11.1 W	13°,5	8.8	1.23	2.5	.	.	1.12
6. »	Vigo, Espagne		15°	9.5	1.22	2.9	.	.	1.21
St-Nazaire-Vera Cruz. S/S. <i>Lafayette</i> . Comp. Gén. Transatl.									
22. IV	Santander		11°	7.4	1.34	2.0	.	1.34	.
23. »	43.2	9.7 W	14°	9.2	1.35	1.2	1.31	1.18	.
25. »	38.1	24.1 W	13°,5	9.5	1.37	1.2	.	.	.
26. »	36.3	31.9 W	16°,5	11.1	1.33	1.1	1.26	1.12	1.02
Vera Cruz-Rotterdam. M/S. <i>Spaarndam</i> . Ligne Hollande-Amér.									
11. X	37.1	62.0 W	20°,8	9.3	1.39	1.4	1.38	.	1.22
12. »	38.8	56.7 W	21°,9	11.8	1.17	1.5	1.17	.	.
13. »	40.2	50.8 W	21°,4	10.9	1.23	1.5	1.23	.	.
16. »	41.8	44.4 W	18°,0	9.0	1.39	1.6	1.39	1.36	.
17. »	43.4	25.0 W	17°,8	12.8	1.38	1.7	1.39	1.29	1.21
18. »	43.2	18.5 W	17°,9	12.4	1.33	1.7	1.33	1.16	.
19. »	42.6	11.8 W	19°,1	12.2	1.32	1.7	.	1.26	.
21. »	La Coruña		15°,9	8.4	1.17	2.4	.	.	.
23. »	46.9	6.5 W	17°,2	12.6	1.20	2.0	.	1.20	.
24. »	49.8	2.2 W	15°,7	9.4	1.07	2.2	.	.	.

TABLEAU A (*suite*).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1923.									
Copenhague-Bangkok									
(Siam). M/S. <i>Jutlandia</i>. Ligne Est-Asiatique Danoise.									
4. III	51.2	1.7 E	10°,1	8.4	.	.	.	0.87	.
8. »	39.8	9.6 W	15°,7	11.3	1.37	1.4	1.35	1.27	1.16
9. »	36.0	6.2 W	15°,0	10.5	1.37	1.3	.	.	.
A₅. Méditerranée.									
Année 1923.									
Copenhague-Bangkok									
(Siam). M/S. <i>Jutlandia</i>. Ligne Est-Asiatique Danoise.									
12. III	37.2	10.7 E	.	.	.	.	.	.	1.00
13. »	35.7	15.6 E	13°,2	7.5	1.33	1.3	1.27	1.08	0.93
14. »	34.5	20.4 E	15°,1	9.0	1.29	1.2	1.21	0.98	0.78
15. »	33.4	25.6 E	17°,0	8.6	1.26	1.2	1.10	.	.
16. »	32.2	29.7 E	17°,3	9.0	1.29	1.2	1.24	1.03	0.72
Bangkok (Siam)-Marseille.									
M/S. <i>Tranquebar</i>. Ligne Est-Asiatique Danoise.									
15. VII	31.4	32.2 E	25°,5	22.0	1.26	1.0	.	.	.
16. »	32.9	28.8 E	24°,7	15.2	1.37	1.0	.	.	.
17. »	34.5	24.9 E	26°,4	17.0	1.38	1.0	.	.	.
18. »	36.1	20.1 E	25°,5	21.6	1.28	1.05	.	.	.
19. »	38.0	16.7 E	28°,0	20.0	1.26	1.05	.	.	.
20. »	40.3	11.7 E	26°,0	15.0	1.23	1.1	.	.	.
21. »	41.9	8.0 E	24°,4	17.0	1.23	1.1	.	.	.
Bangkok (Siam)-Marseille.									
M/S. <i>Falstria</i>. Ligne Est-Asiatique Danoise.									
6. VIII	33.1	28.1 E	27°,0	20.5	1.29	1.0	1.09	0.99	0.87
7. »	34.5	24.1 E	28°,7	12.7	1.35	1.0	1.22	1.14	0.97
8. »	35.9	19.8 E	28°,8	18.0	1.19	1.1	1.17	1.04	0.92
9. »	37.8	15.8 E	27°,8	15.6	1.25	1.1	1.18	1.04	0.82
10. »	39.7	12.2 E	28°,4	19.1	1.16	1.1	1.04	1.00	0.85
11. »	41.8	8.0 E	27°,7	21.5	1.19	1.1	1.10	1.05	0.90

TABLEAU A (*suite*).A₆. Mer Rouge.

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1923.									
Copenhague-Bangkok (Siam.)									
M/S. <i>Jutlandia</i>.									
17. III		Port-Saïd	22°,1	6.8	1.29	1.1	.	.	.
18. "	28.8	32.9 E	21°,4	10.5	1.20	1.1	1.01	.	.
19. "	25.6	35.5 E	26°,8	18.3	1.20	1.1	1.07	0.93	0.80
20. "	21.9	37.6 E	28°,2	23.1	1.22	1.1	1.11	.	0.68
21. "	18.4	39.7 E	28°,6	20.5	1.28	1.1	1.17	1.09	0.99
22. "	15.2	42.0 E	27°,5	18.8	1.31	1.1	1.20	1.14	0.97
23. "	12.4	44.1 E	27°,3	19.5	1.34	1.0	1.23	1.13	0.96
Bangkok (Siam)-Marseille.									
M/S. <i>Tranquebar</i>.									
8. VII	12.4	43.9 E	32°,2	29.4	0.93	1.05	.	.	.
9. "	15.3	41.9 E	33°,3	30.9	1.07	1.1	.	.	.
10. "	18.4	39.9 E	32°,0	27.0	1.08	1.2	.	.	.
11. "	21.5	38.1 E	31°,0	26.9	1.25	1.0	.	.	.
12. "	24.6	36.1 E	29°,2	27.1	1.30	1.0	.	.	.
13. "	27.6	33.9 E	27°,5	24.5	1.24	1.0	.	.	.
14. "		Port-Saïd	28°,9	26.0	1.30	1.0	.	.	.
Bangkok (Siam)-Marseille.									
M/S. <i>Falstria</i>									
29. VII	12.5	43.9 E	28°,5	19.6	.	.	0.90	.	.
31. "	18.5	39.8 E	30°,9	25.4	1.17	1.0	0.94	.	.
1. VIII	21.6	37.8 E	31°,0	28.6	1.16	1.0	0.95	0.85	0.70
2. "	25.0	35.8 E	31°,6	21.4	1.23	1.0	1.12	0.97	0.82
3. "	28.4	33.5 E	28°,7	18.8	1.28	1.0	1.21	1.14	0.79
4. "		Port Suez	34°,3	15.4	1.11	1.0	1.08	0.90	0.77
5. "	31.7	31.9 E	27°,4	22.0	1.25	1.0	.	1.13	0.88

TABLEAU A (*suite*).A₇. Océan Indien (à l'ouest de Ceylan).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1923.									
Copenhague-Bangkok (Siam).				M/S. <i>Jutlandia</i> .				Ligne Est-Asiatique Danoise.	
24. III	12.2	48.3 E	26°,5	21.5	1.35	1.0	1.27	1.20	1.05
25. »	12.0	52.1 E	27°,9	24.5	1.38	1.0	1.24	1.14	0.92
26. »	11.3	56.4 E	28°,0	23.8	1.35	1.0	1.27	1.17	1.02
27. »	10.3	60.6 E	28°,0	22.3	1.34	1.0	1.24	1.11	0.93
28. »	9.6	65.0 E	31°	26	1.36	1.0	1.20	1.13	1.05
29. »	8.9	69.3 E	32°	27	1.34	1.0	1.23	1.12	1.07
30. »	8.2	73.5 E	30°	25	1.28	1.0	1.14	1.04	0.80
31. »	7.3	77.7 E	32°	27	1.29	1.0	1.17	1.03	0.80
1. IV	Colombo, Ceylan		31°	26	1.21	1.4	1.20	1.10	0.96
Bangkok (Siam)- Marseille.				M/S. <i>Tranquebar</i> .				Ligne Est-Asiatique Danoise.	
29. VI	1.4	73.7 E	26°,5	25.6	1.19	1.1	.	.	.
3. VII	5.4	58.6 E	27°,8	23.3	1.10	1.2	.	.	.
4. »	7.1	55.8 E	25°,7	22.8	1.15	1.1	.	.	.
6. »	12.0	51.4 E	28°,5	24.0	1.05	1.3	.	.	.
7. »	11.6	47.5 E	32°,5	29.4	1.15	1.0	.	.	.
Bangkok (Siam)- Marseille.				M/S. <i>Falstria</i> .				Ligne Est-Asiatique Danoise.	
14. VII	Colombo		29°,8	23.9	1.11	1.2	.	.	.
16. »	6.3	78.1 E	27°,1	22.7	1.25	1.0	1.05	.	.
21. »	4.2	64.2 E	28°,0	22	1.20	1.1	1.13	0.94	0.73
22. »	4.3	61.2 E	28°,6	21.4	1.21	1.0	1.08	0.95	0.73
23. »	4.8	59.4 E	30°,9	25.2	1.09	1.3	.	.	.
27. »	12.1	50.7 E	30°,2	24.1	1.07	1.0	.	0.72	0.50
28. »	11.3	46.6 E	31°,3	21.0	1.11	1.0	0.89	.	.

TABLEAU A (*suite*).A₈. Océan Indien (à l'est de Ceylan).

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.
Année 1923.									
Copenhague– Bangkok (Siam). M/S. <i>Jutlandia</i> . Ligne Est-Asiatique Danoise.									
2. IV	5.8	82.5 E	31°	26	1.36	1.0	1.29	1.15	1.00
3. »	5.7	86.5 E	30°,6	26.8	1.35	1.0	1.24	1.15	0.91
4. »	5.7	90.5 E	31°,2	27.0	1.26	1.0	1.15	1.08	0.84
5. »	5.9	94.5 E	31°	27	1.20	1.0	.	.	.
6. »	5.7	98.8 E	33°	28	.	.	.	0.99	0.76
9. »	Sumatra		31°	.	.	.	.	.	.
	Belawan Deli								
10. »	2.6	101.3 E	29°,1	.	1.27	1.0	1.17	1.05	.
12. »	Singapore		.	24.1	.	.	.	.	.
Bangkok (Siam)– Marseille. M/S. <i>Falstria</i> . Ligne Est-Atlantique Danoise.									
27. VI	1.4	103.1 E	30°,1	22.2	.	.	.	.	.
29. »	Penang		29°,4	21.2	1.29	1.1	.	.	.
30. »	6.6	97.0 E	29	22.4	1.23	1.0	1.12	1.00	0.76
1. VII	7.6	93.2 E	28°	22.0	.	.	.	0.90	.
4. »	10.8	83.3 E	28°,4	23.6	.	.	.	.	.
Golfe de Siam (Océan Pacifique).									
Année 1923.									
Copenhague– Bangkok (Siam). M/S. <i>Jutlandia</i> . Ligne Est-Asiatique Danoise.									
14.IV	6.6	103.3 E	28°,8	21.7	1.28	1.0	1.16	.	0.92
15. »	Golfe de Siam		29°,4	21.7	1.22	1.0	1.11	0.93	0.83
16. »	Koh-Si-Chang (Ile)		30°	.	.	.	.	.	0.86
17. »	Menang (Fleuve)		31°,1	22.9	1.32	1.0	1.21	1.09	0.90
18. »	13.7	100.5 E	31°	22	.	.	1.07	.	.

TABLEAU A (*suite et fin*).A₉. Divers.

Date	A midi:				Intensités du rayonnement solaire				
	Lat.	Long.	Temp.	Vap.	Q max.	1.5	2	3 atm.	
	Nord	Gr.	C.	mm	Cal.	Atm.	Cal.	Cal.	Cal.

Année 1923.

Ville de Bangkok, Siam (H = 10 m).

5. V	13.7	100.5 E	34°,5	22.0	1.16	1.0	.	.	.
6. »	»	»	34°,2	22.7	.	.	0.99	0.86	0.74
7. »	»	»	33°,9	20.3	1.17	1.0	0.99	0.83	.
8. »	»	»	33°,0	20.4	1.09	1.0	.	.	.
9. »	»	»	33°,8	20.7	1.03	1.0	.	.	.
10. »	»	»	34°,1	21.2	1.10	1.0	0.90	0.84	.
12. »	»	»	33°,3	22.0	1.13	1.0	1.01	0.92	0.70
13. »	»	»	32°,0	20.6	1.12	1.0	0.92	.	.
14. »	»	»	33°,7	19.4	1.13	1.0	1.02	0.90	.
15. »	»	»	32°,5	21.6	1.20	1.0	.	.	.
21. »	»	»	33°,0	19.6	1.25	1.0	1.17	.	0.76
22. »	»	»	32°,9	20.0	1.24	1.0	1.11	1.04	0.89
23. »	»	»	32°,0	23.0	.	.	.	.	0.81
25. »	»	»	34°,3	20.3	1.13	1.4	.	.	.
26. »	»	»	32°,8	22.4	1.18	1.2	.	.	.

Batavia-Weltevreden, Ile de Java (Indes néerlandaises).

Année 1923.

10. VI	6.2	106.8 E	26°	22	1.08	1.3	.	.	.
11. »	Sud	»	27°	22	1.11	1.5	1.11	.	.
20. »	»	»	26°	21	1.19	1.2	.	1.02	0.87

Montagne de Pangerango (H = 3 km), Java (Indes néerlandaises).

15. VI	6.8	107.0 E	13°,0	10.6	1.59	0.8	1.51	1.41	.
16. »	Sud	»	11°,0	9.5	1.61	0.9	.	1.41	1.25
17. »	»	»	13°,1	9.6	.	.	.	1.26	1.20

Observatoire de Kodaikanal (H = 2.35 km), Indes britanniques.

6. VII	10.0 N	77 E	18°,3	11.1	1.31	1.0	.	.	.
7. »	»	»	17°,1	10.9	1.31	0.9	.	.	.

IV.

EFFET DU TROUBLE ATMOSPHÉRIQUE DANS LES SÉRIES
ACTINOMÉTRIQUES MARITIMES.

Laissant de côté les mesures pyrhéliométriques obtenues avec les écrans solaires à bord des navires et les déterminations solarimétriques concernant l'effet du rayonnement diffusé à la surface horizontale qui feront l'objet de communications ultérieures, limitons-nous à la discussion préliminaire de l'effet de la brume ou du trouble atmosphérique au-dessus des océans.

Comme on sait, l'intensité du rayonnement solaire dans un certain endroit et pour un temps déterminé dépend:

- 1^o De la distance zénithale du soleil ou des épaisseurs atmosphériques correspondantes;
- 2^o De la distance de la terre au soleil;
- 3^o De la diffusion produite par les molécules des différents gaz de l'air pur et sec et aussi, par la vapeur d'eau dans les couches atmosphériques;
- 4^o De l'absorption sélective de la vapeur d'eau et, en outre, de celle des différents autres constituants de l'atmosphère;
- 5^o De la diffusion et de l'absorption, dues à l'effet des différentes particules ou gouttelettes, plus ou moins grosses (au-dessus des océans aussi de minuscules cristaux de sel), suspendus surtout dans les couches basses de l'atmosphère terrestre et qu'on englobe sous le nom général de brume, poussière ou trouble atmosphérique;
- 6^o Enfin, de la réflexion de la surface supérieure des nuages et de l'effet de l'ensemble du ciel nuageux en général.

Les variations principales de l'intensité du rayonnement solaire, sont occasionnées par la position du soleil ou, ce qui revient au même, par les variations de l'épaisseur atmosphé-

rique traversée; ensuite interviennent la distance variable de la terre au soleil et l'effet de la brume ou du trouble dans l'atmosphère.

Il y a un intérêt particulier à calculer, même approximativement, les pertes dues à l'effet de la brume (trouble) atmosphérique. Pour cela il faut tout d'abord connaître la transmission de l'atmosphère pour l'air pur et sec et, aussi, pour les couches atmosphériques parfaitement pures mais contenant déjà une certaine quantité de vapeur d'eau.

TABLEAU III.

Transmission atmosphérique (en pourcentage de la constante solaire) pour l'air sec et pur (et aussi pour l'air parfaitement pur, mais contenant des quantités différentes de la vapeur d'eau) (d'après H. H. Kimball).

Epaisseurs atmosphériques		1	1.5	2	3	4
Air sec		90.4 %	87.0 %	84.2 %	79.5 %	75.8 %
Air humide						
Vapeur d'eau	Tension de vapeur (niveau de la mer) mm	%	%	%	%	%
0.5	(2.2)	83.0	78.2	74.6	68.0	63.0
1.0	(4.3)	80.3	74.7	71.3	63.8	58.8
2.0	(8.7)	76.3	69.7	65.9	57.5	51.7
3.0	(13.0)	73.1	65.7	61.1	52.3	45.8
4.0	(17.4)	70.0	62.3	56.9	47.8	40.8
5.0	(21.7)	67.4	60.2	54.0	44.2	
6.0	(26.1)	65.0	57.4	51.0	40.0	

Remarque. — Les tensions de vapeur, données entre parenthèses, ne correspondent que dans les conditions moyennes établies pour des périodes suffisamment longues aux couches (cm) indiquées dans la première colonne du Tableau III.

TABLEAU IV.

Valeurs moyennes de la transmission atmosphérique (colonnes « Obs. ») et les pertes moyennes dues à l'effet de la brume et du trouble atmosphérique (colonnes « Trouble »), ainsi que les moyennes correspondantes de la tension de la vapeur d'eau (« fmm ») et les nombres de jours d'observation (« Jours »).

	$m = 1 \text{ atm.}$		1.5 atm.		2 atm.		3 atm.	
	Obs. (fmm)	Trouble (jours)	Obs. (fmm)	Trouble (jours)	Obs. (fmm)	Trouble (jours)	Obs. (fmm)	Trouble (jours)
Golfe du Mexique . .	{ 68.5 (19.9)	% 0.7 (19)	63.5 (19.6)	% —2.0 (18)	57.5 (20.0)	% —1.9 (10)	51.2 (19.8)	% —4.8 (9)
25-35 N. } Atlan- 35-45 N. } tique nord	{ 69.6 (18.1)	0.9 (17)	62.5 (15.8)	1.4 (12)	55.3 (17.0)	2.5 (11)	51.7 (15.8)	1.9 (9)
Méditerranée . . .	{ 68.2 (16.0)	3.3 (17)	60.1 (14.4)	5.2 (10)	54.1 (15.0)	5.6 (9)	45.7 (14.3)	6.2 (10)
Mer Rouge	{ 64.5 (22.1)	3.4 (20)	56.4 (20.1)	5.1 (12)	53.8 (20.4)	1.7 (9)	43.6 (20.7)	1.2 (10)
Partie occident. } Océan Partie orientale } Indien	{ 65.0 (24.2)	1.7 (21)	60.2 (23.9)	—0.8 (13)	54.6 (24.3)	—1.7 (12)	45.6 (24.3)	—3.7 (12)
Ville de Bangkok (Siam)	{ 61.2 (21.0)	7.4 (13)	53.5 (21.0)	7.4 (8)	47.3 (21.3)	7.5 (6)	41.6 (21.6)	2.6 (5)

Nous donnons, dans le tableau III, les valeurs correspondantes, d'après *Kimball*, qui a calculé les valeurs de la transmission atmosphérique non seulement pour l'air sec, mais aussi pour les différentes hauteurs ω de la couche d'eau, qui serait obtenue en liquéfiant complètement toute la vapeur d'eau contenue dans la couche verticale au-dessus du lieu d'observation jusqu'à la limite de l'atmosphère.

Entre la hauteur ω et la tension de la vapeur d'eau, obtenue psychrométriquement à la surface de la terre, il existe une relation empirique dite de *Hann*:

$$\varpi = 0.23 \cdot f \cdot 10^{-H/2200} ,$$

laquelle prend au niveau de la mer (altitude H en mètres étant égale à zéro dans ce cas) la forme simplifiée:

$$\omega = 0,23 \cdot f.$$

Cette formule permet, dans certains cas, de calculer la valeur de ω en cm pour toute la couche verticale jusqu'à la limite de l'atmosphère quand on connaît la tension de la vapeur d'eau en mm Hg seulement en bas, dans un lieu situé à la base de la couche verticale en question.

Malheureusement, la relation empirique donnée plus haut ne s'applique qu'aux moyennes tirées d'un nombre suffisamment élevé d'observations individuelles. Pour obtenir la hauteur ω dans un cas particulier, il n'y a que la méthode spectroscopique, appliquée déjà par Fowle, qui nous permette de nous renseigner sur cette valeur. La seule observation de la tension de la vapeur d'eau f au moyen d'un psychromètre, installé à la surface de la terre ne donne qu'une approximation parfois très grossière, pour la valeur de ω selon la formule empirique de Hann.

Malgré cette difficulté nous présentons, dans le tableau IV, à côté des valeurs moyennes de la transmission aussi le calcul des pertes dues à l'effet de la brume (trouble) atmosphérique. Ces dernières sont établies après avoir évalué auparavant les pertes dues d'une part à l'influence de l'air sec et pur et, d'autre part, à la vapeur d'eau. Comme nous n'avions que les observations psychrométriques ordinaires à notre disposition, c'est donc la relation empirique de *Hann* qui nous a servi pour l'établissement des valeurs moyennes de ω .

Citons l'exemple suivant qui nous renseigne en même temps sur les conditions qui prédominent en été dans une bonne partie des Océans Indien et Atlantique:

% de la constante solaire.

Intensité observée du rayonnement solaire (Q = 1.31 cal. pour le soleil au zénith)	67 ½%
Perte due à l'influence de l'air sec et pur (épaisseur atmosphérique: 1.0 atm.)	9 ½%
Perte due à la vapeur d'eau (tension observée: 19 mm au niveau de la mer).	21%

La perte moyenne, occasionnée par la brume (trouble) de l'atmosphère dans les couches atmosphériques au-dessus des Océans Indien et Atlantique, serait par conséquent:

$$100 - 67 \frac{1}{2} - 9 \frac{1}{2}\% - 21\% = 2\% .$$

TABLEAU V.

Valeurs moyennes de la transmission atmosphérique et des pertes correspondantes pour les différentes régions maritimes. Epaisseur atmosphérique m = 1 atm.

	Atm.	Pertes			<i>f</i> mm	Nombre de jours
		Trans. %	Sec %	Vapeur %		
Golfe du Mexique .	68.5	9.6	21.2	0.7	19.9	19
Atlantique nord et sud (Dr Edw. Stenz)	67.8	9.6	20.3	2.3	17.4	12
Atlantique nord:						
De 25° à 35° nord .	69.6	9.6	19.9	0.9	18.1	17
De 35° à 45° nord .	69.4	9.6	17.5	3.5	13.1	11
Méditerranée . . .	68.2	9.6	18.9	3.3	16.0	17
Mer Rouge	64.5	9.6	22.5	3.4	22.1	20
Océan Indien:						
Partie occidentale .	65.0	9.6	23.7	1.7	24.2	21
Partie orientale . .	66.5	9.6	23.7	0.2	23.9	11
Bangkok, Siam . . .	61.2	9.6	21.8	7.4	21.0	13

Des tableaux V et VI nous déduisons que les pertes en question varient suivant la latitude et le degré de la continentalité. En chiffres ronds on peut admettre, en première approximation, les valeurs suivantes des pertes dues à la brume de l'atmosphère (pour l'épaisseur $m = 1$ atm.):

Océan Indien (au nord de l'Équateur)	1 %
Atlantique (entre les latitudes de 45° N. à 25° N.)	2 %
Méditerranée et Mer Rouge	3 %

Rappelons qu'on obtient 2% environ pour les montagnes, d'après les données de *H. H. Kimball* pour l'Amérique et *E. Stenz* pour l'Europe.

TABLEAU VI.

Pertes de l'intensité du rayonnement solaire (calculées comme pourcentages de la constante solaire) dues à l'effet de la brume ou du trouble atmosphérique.

	$m = 1 \text{ atm.}$		$m = 2 \text{ atm.}$	
	Eté	Hiver	Eté	Hiver
A. Océans et les mers voisines de l'Atlantique nord:				
Golfe du Mexique	0.7	1.4	.	—3.1
Lat. 25-35° nord	1.4	1.9	.	2.7
Lat. 35-45° nord	3.6	.	.	0.6
Méditerranée	3.3	.	5.6	.
Mer Rouge	3.4	.	1.7	.
Océan Indien	1.0	.	.	—1.4
B. Iles:				
Equatoriales: Apia, Samoa. . .	4.8	7.7	0.5	6.2
Arctiques: Treurenberg, Spitzberg . . . . .	.	.	0.2	.
C. Plaines:				
Intertropicales: Bangkok, Siam .	7.4	.	7.5	.
Continentales: U.S.A., Washington D.C.	10.3	.	12.7	14.1
Europe Centrale: Varsovie, Pologne	10.8	.	12.3	17.7
D. Montagnes:				
Montezuma (Chile, $H = 2.7 \text{ km}$) .	2.0	2.1	1.6	2.1
La Quiaca (Argentine - Bolivie, $H = 3.5 \text{ km}$)	2.2	—1.2	0.3	3.8
Jungfraujoch (Suisse, $H = 3.5 \text{ km}$)	2.0	.	1.1	.

Les valeurs de la perte due au trouble atmosphérique pour Apia, Treurenberg, Washington et les montagnes sont données d'après Kimball (voir Bibliographie). La valeur d'été pour Jungfraujoch, en Suisse (altitude 3457 mètres), est calculée d'après les mesures de M. Edward Stenz en 1924 (Mesures de la radiation solaire au Jungfraujoch, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, T. 178, p. 513, Paris).

Les pertes occasionnées par la brume (trouble) atmosphérique sont beaucoup plus élevées pour les plaines continentales et

même pour les îles océaniques. Citons quelques exemples (d'après le tableau VI pour $m = 1 \text{ atm.}$):

Apia, île de Samoa (Pacifique)	5 %
Bangkok, Siam (Asie méridionale)	7 %
Washington (Etats-Unis d'Amérique du Nord) .	10 %
Varsovie (Pologne)	11 %

Nous voyons donc que, malgré les difficultés d'évaluation des pertes dues à la vapeur d'eau, on peut obtenir déjà quelques renseignements préliminaires concernant les conditions du rayonnement solaire au-dessus des surfaces océaniques.

L'insuffisance des observations psychrométriques ordinaires pour évaluer l'absorption réelle produite par la vapeur d'eau se manifeste pourtant dans le tableau IV (et aussi dans le tableau VI) par la présence de quelques valeurs négatives dans les colonnes « trouble ». Ces valeurs négatives prouvent que les nombres des observations n'étaient pas assez grands dans les cas correspondants pour éliminer les erreurs provenant de la relation empirique de *Hann*.

Ce n'est qu'en utilisant la méthode spectrographique et notamment en étudiant les bandes d'absorption dans la partie infra-rouge du spectre solaire qu'on arrivera à une évaluation plus juste des pertes occasionnées par la vapeur d'eau dans l'atmosphère terrestre.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE.

A) Notes préliminaires publiées par l'auteur au sujet des séries actinométriques maritimes.

1. Sprawozdanie z wyprawy naukowej polskiej do Królestwa Siamu i do Indyj w ciągu wiosny i lata 1923 (Comptes rendus de l'expédition scientifique polonaise au Siam et aux Indes en 1923). Bulletin mensuel *Wiadomości Meteorologiczne* de l'Institut météorologique de Varsovie, № 9/10, 11 pages, 1923. Voir aussi *Monthly Weather Review*, Washington, 1923, p. 529.

2. Kilka wyników z wypraw aktynometrycznych polskich do strefy równikowej i do oaz Sahary. Dans *Rocznik Obserwatorium Krakowskiego*. Annuaire de l'Observatoire de Cracovie, p. 11, 1925. Voir aussi *Przegląd Geograficzny*, T. IV, Varsovie, 1923.

3. On the spectral exploration of characteristic regions of the earth in connection with meteorological conditions. Bulletin mensuel *Wiadomości Meteorologiczne*, № 6, Varsovie, juin 1924. Voir aussi *Procès-verbaux de l'Union géodésique et géophysique* (Annexe VII), Session de Madrid, 1924.

4. Sur la diminution de l'intensité dans la partie rouge du rayonnement solaire observée entre l'Europe et l'Equateur. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, Octobre 1923.

5. Light Filter Measurements made by the Polish Solar Radiation Expeditions to Siam in 1923, and at Touggourt in the Sahara desert 1924. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 51, No. 218, April 1926, London.

6. Some results of the Polish Solar Radiation Expedition to Siam and Java. March-August 1923. *Journal of the Siam Society*, Vol. XIX, pp. 21-27, Bangkok, 1925.

B) *Descriptions détaillées et étalonnages des instruments actinométriques employés à bord des navires, qui se trouvent dans les mémoires suivants :*

7. Comparaison entre l'actinomètre bimétallique de Michelson et le pyrhéliomètre électrique d'Angström. *Comptes rendus de la Société des Sciences de Varsovie*, pp. 213-242, VIII^e année, fasc. 4, Varsovie, 1915.

8. Mesures de l'intensité totale et partielle du rayonnement solaire, effectuées en 1924 en Afrique française du Nord et spécialement à l'oasis saharienne de Touggourt. *Annales du Service botanique de Tunisie*, fasc. I, pp. 1-59, Tunis, 1925.

9. On a simple method of recording the total and partial intensities of solar radiation. *Monthly Weather Review*, T. 42, Juin 1924, Washington.

10. Solarimeter and solargraphs. *Ibid.*, T. 54, Septembre 1926. Voir aussi *Journal of the Optical Society of America* et *Review of Scientific Instruments*, vol. 9, No. 4, Oct. 1924 and Vol. 14, No. 2, Févr. 1927.

11. Some results obtained by testing the solarimeter with pyrheliometric tubes. *Monthly Weather Review*, T. 55, Nov. 1927, Washington.

12. Sur les instruments solarimétriques et spectro-pyrhéliométriques pour les mesures totales, normales et partielles du rayonnement solaire. Extrait des *Annales du Service botanique de Tunisie*, T. V, fasc. 2, pp. 1-32, Tunis, 1928.

13. Quelques résultats d'étalonnage des tubes pyrhéliométriques, des pyrhéliographes et des solarimètres. *Ibid.*, T. V, fasc. 2, pp. 33-64, Tunis, 1928.

14. Quelques traits caractéristiques du climat solaire réel du littoral tunisien. Extrait des *Annales du Service de botanique de Tunisie*, pp. 65-99, Tunis, 1925.

C) Mémoires écrits par divers auteurs au sujet des mesures actinométriques maritimes.

15. F. LINKE. Results of measurements of solar radiation and atmospheric turbidity over the Atlantic Ocean and in the Argentine. *Monthly Weather Review*, Vol. 52, No. 3, 1924, Washington. Voir aussi *Meteorologische Zeitschrift*, 1924.
16. P. PERLEWITZ und C. DORNO. Sonnenintensitäten und photo-chemische Helligkeit auf dem Nord- und Südatlantischen Ozean. *Meteorologische Zeitschrift*, 1925.
17. W. GEORGII. Messungen der Intensität der Sonnenstrahlung über dem Nord-Atlantischen Ozean und im Karibischen Meer. *Meteorologische Zeitschrift*, 1926.
18. E. STENZ. Sonnenstrahlung und atmosphärische Trübung über dem Atlantischen Ozean. *Gelands Beitr. zur Geophysik*, T. XVI, № 4, 1927.
19. E. STENZ. Z badań nad promieniowaniem słonecznym na oceanach. *Revue polonaise de Géographie*, T. IX, Varsovie, 1929. Voir aussi *Mathesis Polska*, T. I, 1926.
20. H.-H. KIMBALL. Measurements of solar radiation intensity and determinations of its depletion by the atmosphere, with bibliography of pyrheliometric observations. *Monthly Weather Review*, T. 55, April 1927, Washington.
21. H.-H. KIMBALL. Amount of solar radiation that reaches the surfaces of the earth on the land and on the sea, and methods by which it is measured. *Monthly Weather Review*, T. 56, Octobre 1928, Washington.