

THE PROGRESSIVE DISCLOSURE OF THE ENTIRE ATMOSPHERE OF THE SUN.¹

Révélation de la couche supérieure de l'hydrogène.

L'ANNÉE suivante, en 1909, nous avons, d'Azambuja et moi, étudié avec les mêmes appareils les raies de l'hydrogène et surtout la raie rouge H_{α} . Ces raies ont été isolées déjà avec le spectrohélographe par Hale et Ellermann, qui ont obtenu des résultats fort curieux. En 1903 ils ont reconnu que, avec H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , les plages faculaires ne sont plus brillantes par rapport au fond, comme avec le calcium, mais sont souvent noires au contraire. Avec H_{α} , isolé en 1908, on a en plus tout autour des taches des séries de petites lignes, qui donnent parfois l'impression nette d'un tourbillon, et que Hale a décrites ici même dans une conférence spéciale. De plus ces images de H_{α} sont magnifiques et très riches en fins détails.

Cependant ces images américaines de H_{α} sont obtenues par l'isolement de la raie entière, et j'ai annoncé en 1908 qu'elles devaient être un mélange de deux ou trois images et couches distinctes. En effet, d'après Rowland, la raie H_{α} est doublement renversée, comme la raie K du calcium, mais plus faiblement. Sa largeur avec les parties dégradées est $1^{\text{A}} 24$, et $0^{\text{A}} 90$ sans ces mêmes parties. Il faut donc s'attendre à des images quelque peu différentes, lorsqu'on isole les différentes parties de la raie.

Or nous avons vérifié nettement ce fait, et même, contrairement à notre attente, les différences entre les images de l'hydrogène sont relativement plus grandes qu'avec le calcium.

Les résultats exacts sont les suivants :—

Si on isole avec H_{α} la partie dégradée près des bords, qui correspond à K_1 du calcium à une distance du centre comprise entre $\frac{1}{10^{\text{A}}}$ et $\frac{0.2}{10^{\text{A}}}$ d'Angström, on a le résultat de 1903, c'est-à-dire les plages faculaires noires par rapport au fond.

Avec le milieu de chaque moitié, entre les distances $\frac{1}{10^{\text{A}}}$ et $\frac{0.5}{10^{\text{A}}}$ d'Angström, l'image est toute différente; elle offre les principaux caractères des images américaines de 1908, et en particulier les groupements de petites lignes qui constituent ce que Hale a appelé les *Solar Vortices*.

Enfin, avec le centre de la raie, on a une troisième image différente des deux autres, beaucoup plus pâle et simple, qui correspond à la couche supérieure de l'hydrogène.

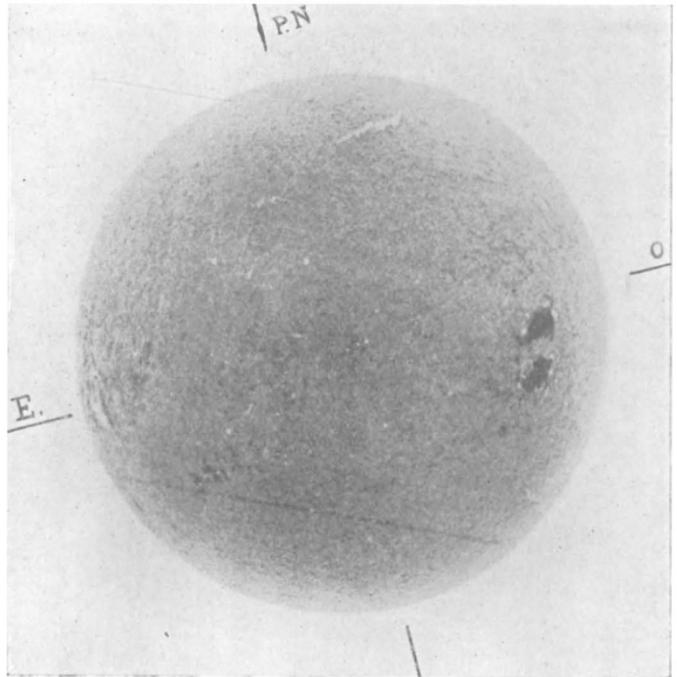
Or, et ce point est important, cette nouvelle image offre les mêmes filaments noirs que la couche K_2 du calcium. Quant aux plages faculaires, sur cette image, elles ne sont jamais noires mais brillantes; elles sont moins étendues qu'avec K_2 , et correspondent aux maxima de lumière de ces mêmes plages dans la couche K_2 , maxima qui diffèrent de ceux des couches K_2 et K_1 . Les parties les plus noires et les parties les plus brillantes sont les mêmes. (Voir les images conjuguées de K_2 et de H_{α} , obtenues le 11 septembre 1909, les 21 mars et 11 avril 1910.)

De plus nous avons isolé aussi les différentes parties de la raie bleue H_{β} de l'hydrogène, moins élevée dans l'atmosphère que la raie H_{α} et nous avons obtenu des images qui montrent presque exclusivement les plages faculaires en noir, comme la partie dégradée de la raie rouge H_{α} , et qui correspondent donc à une couche basse.

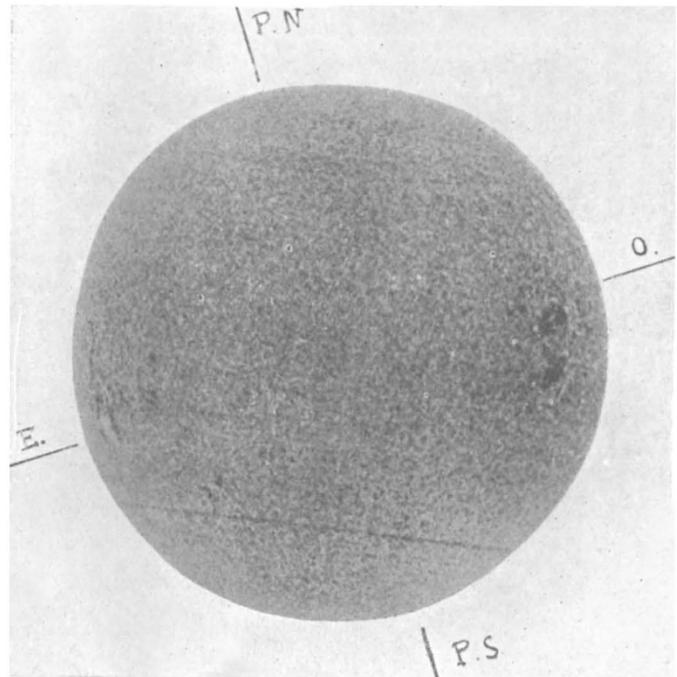
Finalement, on est conduit à conclure que l'hydrogène offre, comme le calcium, au moins trois couches distinctes superposées, qui sont pour la première fois clairement séparées.

Cependant, dans ce qui précède, j'ai expliqué les différentes parties d'une même raie, et les différentes images par le jeu ordinaire de l'émission et de l'absorption dans les gaz, en admettant, comme il est naturel, que la densité du gaz et la largeur de la raie diminuent lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère. Mais on a objecté que la dispersion anormale

pouvait jouer aussi un rôle et expliquer au moins en partie les particularités des images. Or, à mon avis, la dispersion anormale, certes, doit intervenir, mais faiblement, et est négligeable dans une première étude. Les raisons sérieuses à l'appui de cette assertion, seraient ici trop longues à développer. D'ailleurs si on a reconnu dans



Couche supérieure de l'hydrogène.



Couche moyenne de l'hydrogène.

PLATE II.—Images du 22 septembre, 1909.

le laboratoire la dispersion anormale avec la raie H_{α} de l'hydrogène, on ne l'a pas constatée avec les raies du calcium. De plus, comme le centre de la raie ne subit pas la dispersion anormale, l'objection ne s'applique pas aux images de la couche supérieure, qui nous occupent surtout ici.

¹ Discourse delivered at the Royal Institution of Great Britain, on Friday June 12, 1910, by Dr. H. Deslandres, Membre de l'Institut. Continued from p. 425.

Les filaments noirs qui se retrouvent les mêmes avec le calcium et l'hydrogène, sont bien un élément caractéristique des couches supérieures. Quelques uns avaient été déjà entrevus ou signalés par Hale dans les premières images

large. En fait la reconnaissance complète des filaments et de leurs propriétés ne peut être abordée qu'avec les images mêmes des couches supérieures.

Un autre élément important de ces dernières couches est la plage faculaire brillante qui se retrouve au même point que sur la surface, mais avec des formes différentes.

En résumé, si on considère les quatre couches formées par la surface et l'atmosphère, les parties les plus brillantes restent au-dessus des facules. Mais les parties les plus noires ont des positions très différentes sur la surface et dans la couche supérieure. En bas ce sont les taches et en haut ce sont les filaments, qui ont une surface noire totale supérieure à celle des taches. Il convient de mesurer l'aire des filaments aussi exactement que celle des taches.

*Recherches sur les mouvements de l'atmosphère.
Spectro-enregistreurs des vitesses.*

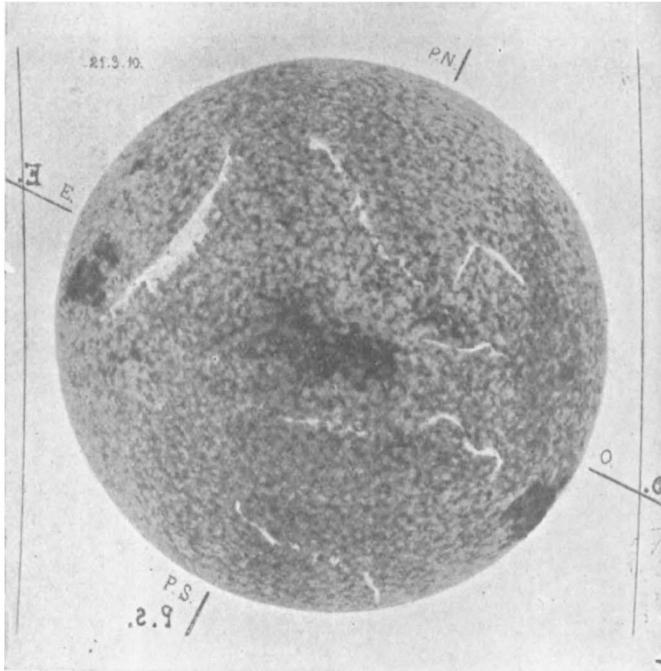
Le filament noir attire surtout l'attention, et a bien, comme il a été dit plus haut, une importance au moins égale à celle des taches. Quelle est donc l'origine, quelle est donc la nature de ces longues lignes noires? Une réponse précise est bien difficile, et il suffit de rappeler notre incertitude à l'égard des taches qui sont étudiées depuis 300 ans. Cependant avec le filament, la recherche peut être plus facile. La surface, qui porte la tache, est comprise entre l'intérieur du soleil, qui nous échappe et les couches basses complexes de l'atmosphère; mais la couche supérieure, à laquelle est lié le filament, est plus libre, plus dégagée, et peut avoir une structure et des mouvements plus simples.

Et en effet, nous avons obtenu récemment à Meudon sur le filament quelques résultats dignes d'intérêt et grâce à l'emploi d'un appareil spécial, organisé jusqu'ici à Meudon seulement et appelé *Spectro-enregistreur des vitesses*. Cet appareil que j'emploie depuis 1892, a été en 1907 largement amélioré. Il décèle, comme son nom l'indique, les mouvements radiaux des vapeurs solaires, en juxtaposant les petits spectres de sections successives équidistantes sur le disque solaire, avec une seconde fente large et des mouvements discontinus automatiques. Cet enregistreur est un complément obligé du spectrohéliographe et est au moins aussi utile. Il décèle, outre les vitesses radiales, les formes générales de la vapeur, les détails de la raie entière et en particulier la largeur de la raie isolée, largeur très variable d'un point à l'autre de l'astre. Il révèle les points où le spectrohéliographe est en défaut; car ce dernier ne peut, avec une fente de largeur constante, isoler exactement une raie de largeur variable; en un mot il enregistre tous les éléments qui échappent au spectrohéliographe et permet d'interpréter sûrement ses résultats.

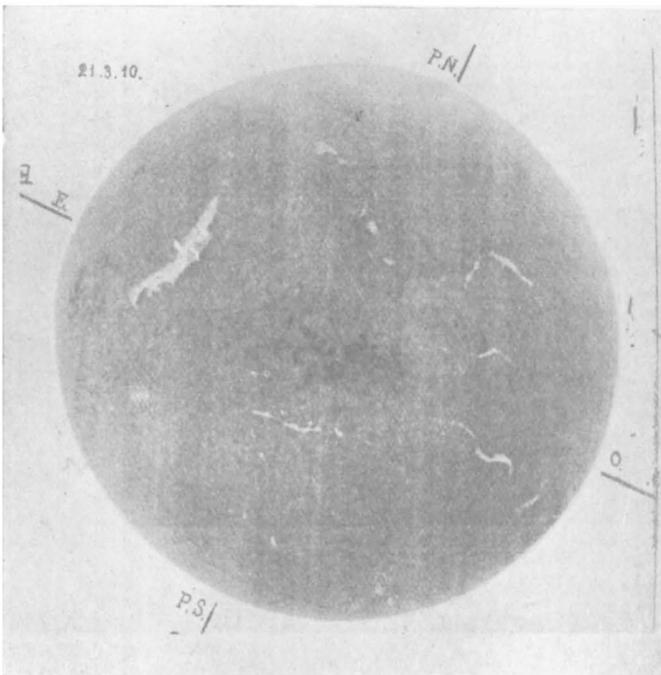
Sur les épreuves obtenues avec la raie K, l'examen à l'œil nu montre aussitôt que les mouvements radiaux sont en général plus notables sur le filament que sur les points voisins; parfois même toutes les raies K₃ du filament sont inclinées dans le même sens; ce qui annonce un tourbillon à axe horizontal, qui peut être opposé au tourbillon à axe vertical admis dans les taches. Mais, à cette agitation succède, comme avec la tache, un calme relatif. Si alors, on mesure avec soin les déplacements et la vitesse radiale de K₃ lorsque la vapeur est au centre du soleil, on trouve que la vapeur est ascendante et avec une vitesse souvent supérieure à la vitesse équatoriale de rotation (soit 2 km. par seconde). Le fait a été vérifié sur plusieurs filaments. Les taches et les filaments mis à part, les vitesses verticales dans la couche supérieure sont notables et souvent du même ordre que la vitesse équatoriale de rotation.

La grandeur de ce mouvement vertical étonne moins si on remarque que la masse de gaz qui est l'atmosphère repose sur un foyer intense de chaleur.

Des mesures analogues ont été faites avec soin au centre



Couche supérieure du calcium.



Couche supérieure de l'hydrogène mélangée à une petite portion de la couche moyenne.

PLATE III.—Images du 21 mars, 1910.

complexes de K et de H_α sous le nom de longs flocculi noirs, et présentés comme dus très probablement aux couches élevées. On a en effet dans ces conditions les filaments les plus importants dont la raie noire est très

NO. 2153, VOL. 85]

du soleil sur les facules et les flocculi, et le résultat a été inverse. La vapeur, au contraire, a un mouvement descendant et les parties relativement noires autour sont ascendantes. D'une manière générale aux points brillants de l'image K_3 de la couche supérieure, la vapeur descend; elle monte là où l'image est relativement sombre; ce qui est assez logique, car la vapeur qui descend se comprime et s'échauffe; celle qui monte se détend et se refroidit.

Cette propriété reconnue déjà sur un grand nombre d'épreuves est importante; car elle explique la structure spéciale de ces couches atmosphériques, qui s'annoncent comme divisées en courants de convection juxtaposés, exactement comme les liquides de nos laboratoires chauffés uniformément par le bas.

Les flocculi brillants forment souvent sur une étendue notable et avec netteté des polygones juxtaposés par leurs sommets, et tout semblables aux polygones qui constituent les cellules tourbillons des liquides, si bien étudiées en France par Besnard.¹ Comme la vapeur descend sur les flocculi brillants et s'élève dans des intervalles, chaque polygone solaire est aussi une cellule tourbillon. Quant aux autres flocculi du même soleil ils offrent des polygones moins nets ou incomplets, ou encore, mais plus rarement, ont des formes tout à fait irrégulières.

D'autre part, les filaments et alignements sont probablement la limite de tourbillons cellulaires plus grands, superposés aux précédents dans la couche supérieure, et dont les taches occuperaient le centre. Cette disposition est en accord avec les mouvements de cette couche près des taches reconnus par l'astronome anglais Evershed. On s'explique alors aisément pourquoi les taches sont des points et les filaments des lignes parfois très longues. La question, par ces recherches, est donc déjà un peu éclaircie; elle sera, semble-t-il, élucidée complètement par des mesures continues de vitesses radiales, mesures étendues au disque entier de l'astre, et malheureusement très longues.

Reconnaissance des filaments polaires.

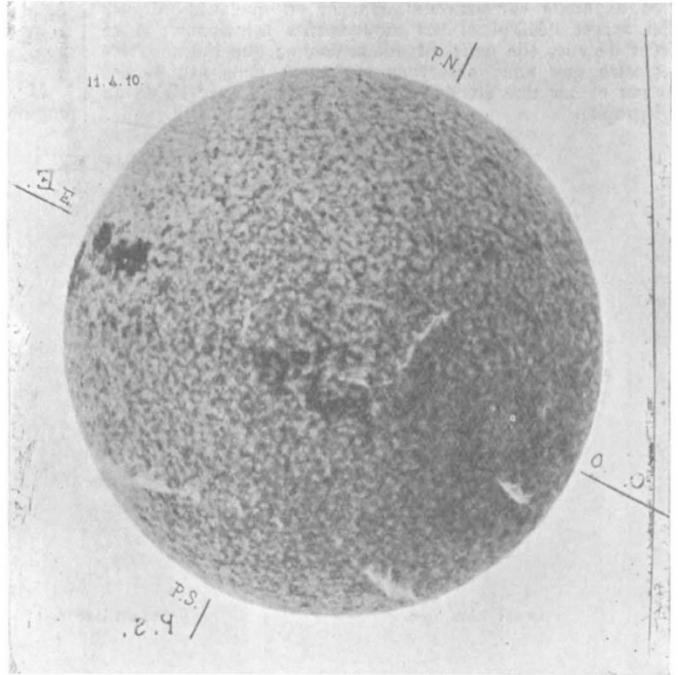
Je terminerai par une nouvelle propriété des filaments récemment reconnue à Meudon et publiée. L'observatoire a déjà les images de la couche supérieure pour plus de 20 rotations entières de l'astre, et il est possible d'étudier la distribution des filaments. Ils apparaissent à toutes les latitudes; mais, aux pôles, en général, ils sont groupés sur une courbe plus ou moins circulaire, souvent non confondue avec un parallèle, et qui entoure le pôle. Cette courbe polaire de filaments est parfois nettement dessinée au deux pôles; mais en général elle est nette seulement à un seul, et se déplace d'un pôle à l'autre. Cette courbe polaire était particulièrement nette et forte en avril dernier au pôle sud. (Voir les deux images du 11 avril et la Fig. 4, qui représente les filaments de quatre jours différents.)

Ces filaments polaires sont accompagnés de proéminences, et sont en accord avec les maxima secondaires de proéminences qui ont déjà été signalées aux pôles. Ils peuvent aussi être en relations avec la forme particulière de la couronne solaire au moment du minimum et avec l'inclinaison souvent constatée de l'axe coronal par rapport à l'axe ordinaire de rotation.

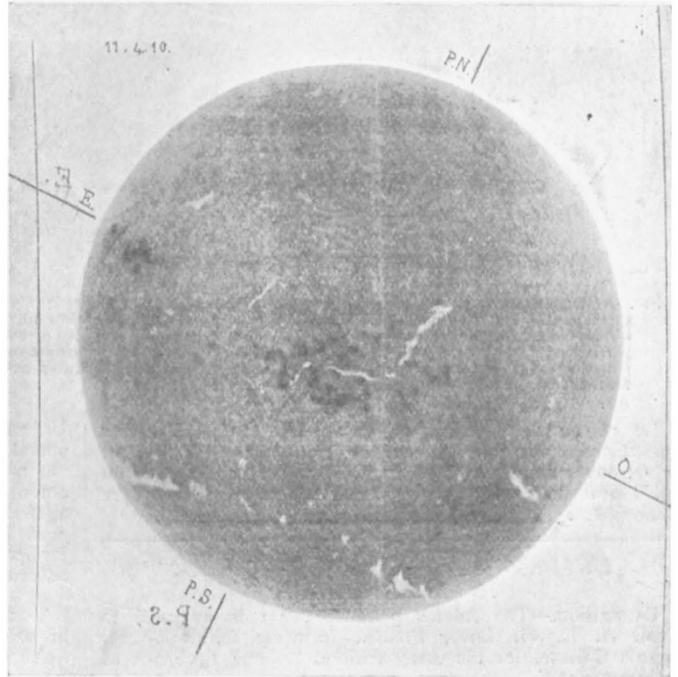
Parfois, la courbe polaire est accompagnée du côté de l'équateur d'une ligne de filaments parallèles, qui est réunie à la courbe par des filaments ou alignements inclinés; et on a ainsi une disposition analogue à celle des bandes de la planète Jupiter.

Enfin la zone polaire de filaments, où la vapeur, comme on l'a vu plus haut, est ascendante, peut être rapprochée de la zone des taches et facules

voisine de l'équateur, et où la vapeur est au contraire descendante. On est conduit à supposer dans la couche supérieure une grande circulation méridienne, un grand courant général de convection, analogue à celui qui existe



Couche supérieure du calcium.



Couche supérieure de l'hydrogène mélangée à une petite partie de la couche moyenne.

PLATE IV.—Images du 11 avril, 1910.

¹ Cette disposition par polygones juxtaposés est parfois très nette sur le Soleil presque entier. L'épreuve K_3 du 18 Septembre, 1908, présente dans l'hémisphère sud, près du centre, quelques-uns de ces polygones, réunis par leurs côtés et leurs sommets; mais, une image plus nette et plus grande est nécessaire pour les bien voir.

sur la terre dans chaque hémisphère entre la latitude de 35° et le pôle.

Le temps manque malheureusement pour développer toutes les conséquences de ces premières observations.

Mais les faits présentés suffisent à montrer le grand intérêt des études sur l'atmosphère solaire supérieure et la nécessité de les continuer.

L'atmosphère solaire est la seule que nous puissions observer dans son ensemble et dans ses couches successives. Nos appareils enregistreurs donnent en quelques minutes son aspect général et ses mouvements principaux; à ce point de vue, elle nous est mieux connue que l'atmosphère terrestre que nous observons seulement dans ses parties basses et sur une étendue restreinte, même avec l'aide du télescope.

MR. FRANK HOWSON has resigned the lectureship in physiology in the College of Medicine of the University of Durham to accept a similar appointment at Sydney, New South Wales.

DR. T. J. MACNAMARA, M.P., Parliamentary Secretary to the Admiralty, will distribute the awards of prizes and certificates at the Battersea Polytechnic, and deliver an address, on Tuesday evening, February 28.

MR. JAMES LEES, assistant lecturer in the faculty of engineering at the University of Bristol, has been appointed to the post of lecturer in engineering in the South African College, Cape Town.

THE annual distribution of prizes to students of the City and Guilds of London Institute will be held on February 17 at the Mansion House, the Lord Mayor presiding. Dr. R. T. Glazebrook, F.R.S., of the National Physical Laboratory, will deliver an address.

It is announced in *Science* that the fund of 150,000*l.* for the Johns Hopkins University is now complete. This insures the payment to the fund of a further 50,000*l.* offered conditionally in February of last year by the General Education Board, as was explained in our note last week on the report of the president of the Johns Hopkins University for the year ended August 31, 1910.

DR. HERMON C. BUMPUS has resigned the post of director of the American Museum of Natural History, New York, which he has held since 1902, and has accepted an appointment as "business manager" of the University of Wisconsin. The post is a new one, the University having recently decided to divide the administrative work between the president and an officer of this name. The office will be entirely separate from academic or teaching functions.

THE Drapers' Company has made a grant of 15,000*l.* for the erection of a new wing for the department of applied science of the University of Sheffield. The new buildings will be used to house the mining section and the research department for the silver and allied trades. The council of the University on January 27 passed a resolution thanking the Drapers' Company, and expressed a desire to associate the name of the Drapers' Company with the extensions as a record of the company's generosity.

THE Birmingham Education Committee has decided to recommend the City Council to increase the grant to the University of Birmingham from one halfpenny in the pound to an amount equal to one penny in the pound on the assessable value of the city, which it is expected will amount to about 12,000*l.* The Education Committee has agreed also to suggest to the University authorities the need for increasing the number of scholarships available for persons who would not otherwise be able to take advantage of the University teaching.

THE following gifts and bequests for higher education in the United States have been announced recently in *Science*. An old student, who does not wish his name disclosed, has given 20,000*l.* to the University of Pennsylvania for the endowment of a chair of physiological chemistry. It will be known as the "Benjamin Rush chair of physiological chemistry." Dr. Alonzo E. Taylor, formerly of the University of California, will be the first occupant of the chair. The University of Vermont has received 13,593*l.* from the Rockefeller Foundation, repre-

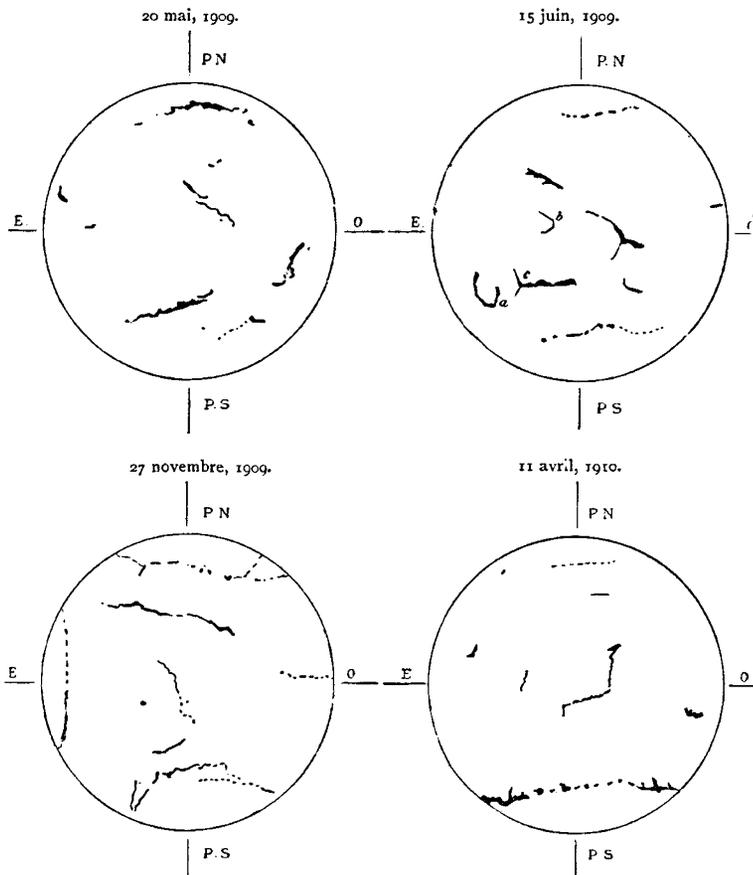


Fig. 4.—Images de la couche supérieure de l'atmosphère solaire qui montrent les filaments noirs caractéristiques et en particulier les filaments polaires. Ces images, obtenues avec l'aide de d'Azambuja, ont été relevées sur les épreuves monochromatiques du soleil obtenues avec la partie centrale des raies H_{α} de l'hydrogène ou K du calcium. Elles montrent seulement les filaments noirs sans les alignements. Les plages brillantes des épreuves au-dessus des faucelles n'ont pas été représentées.

Le réseau de courants de convection et les filaments curieux reconnus dans les couches hautes du soleil, peuvent se retrouver aussi sur la terre, et c'est ainsi que l'étude du soleil peut nous apprendre à mieux connaître notre propre atmosphère.

UNIVERSITY AND EDUCATIONAL INTELLIGENCE.

CAMBRIDGE.—The Adams prize for 1911 is awarded to Prof. A. E. H. Love, F.R.S., formerly fellow of St. John's College, for his essay entitled "Some Problems of Geodynam'cs."

The adjudicators of the Hopkins prize awarded by the Philosophical Society for the period 1900-3 have awarded the prize to Prof. J. H. Poynting, F.R.S., for his researches on the transmission of energy in the electric field and on the pressure exerted by radiation.