

Introduction

Lucien d'Azambuja

M. J. Martres

Observatoire de Paris, 92195 Meudon Cedex, France

1. Lucien d'Azambuja ou l'histoire des protubérances solaires à Meudon (*French*)

En 1868, Lockyer et Janssen ont montré qu'il était possible de faire un relevé journalier de la chromosphère et des protubérances au bord du Soleil en dehors des éclipses totales en utilisant un spectroscopie. De 1892 à 1894, H. Deslandres, installé à l'Observatoire de Paris, montra "que la chromosphère entière est décelable dans la demi-sphère tournée vers la Terre" à l'aide d'un petit spectrohéliographe et d'un spectro-enregistreur de vitesses. Avec ces instruments de première génération il obtient des images de la chromosphère de calcium. "L'analyse spectrale et l'application du spectrohéliographe aux raies du spectre solaire ouvre un champ nouveau d'investigation extrêmement vaste" écrit-il. Mal à l'aise à Paris pour développer ses recherches, il s'installe à Meudon. Là, tout est à faire et il trouve peu de ressources. Il crée un sidéostat et un petit bâtiment pour recevoir les deux petits instruments de Paris, qu'il utilisera jusqu'en 1906. Mais en 1899 il a fait entrer à l'Observatoire de Meudon Lucien d'Azambuja, un jeune homme de 15 ans, soigneux et habile de ses mains pour l'aider dans ses installations et participer aux observations et aux recherches en cours.

Il entraîne le jeune Lucien dans les missions d'éclipses totales du 28 Mai 1900 et du 30 Août 1905 - visibles en Espagne. Il faut noter que les observations accumulées de 1893 à 1906 forment déjà la collection la plus complète existant au monde, d'images photographiques de la raie K_2 (appelée K_{2-3} à Meudon) de diamètre solaire de 90 mm et, ajoute H. Deslandres "comparables aux meilleures faites en Amérique avec des appareils plus volumineux et plus puissants." En effet la concurrence est à pre entre Hale et Deslandres. Chacun d'eux a entrepris l'analyse de ses nouvelles images du Soleil et donne des noms aux structures ignorées jusque là. C'est ainsi qu'après avoir baptisé "filaments" les lignes noires qui apparaissent sur le disque, H. Deslandres conteste l'appellation "flocculus," (flocculi au pluriel) donné par Hale aux petits maxima de lumière du réseau chromosphérique aussi bien qu'aux structures plus importantes. H. Deslandres baptise ces dernières les "plages faculaires" par opposition avec les "flocculi" parce que les unes dépendent de la phase de l'activité solaire, les autres non.

En 1908, Hale aidé par Adams obtient avec son "Snow spectrohéliographe" les premières images monochromatiques de la raie rouge de l'hydrogène $H\alpha$. Mais H. Deslandres a, en 1907 chargé L. d'Azambuja de l'installation du grand spectrohéliographe quadruple (3 chambres de 3 m et 1 de 7 m) éclairé par un coelostat à 2 miroirs permettant diverses combinaisons. A ce propos, H. Deslandres déclare "C'est un appareil délicat et difficile à régler. Dans la recherche j'ai été aidé constamment par d'Azambuja, jeune astronome de talent dont le nom

est associé au mien dans la découverte." Au cours du deuxième semestre de 1908 apparaissent les premières images K_3 prises au grand spectrohéliographe dans sa combinaison de 14 m, et en janvier 1909 celles prises dans la région centrale de la raie $H\alpha$. Dans le même temps, l'enregistrement des vitesses radiales est poursuivi sans relâche avec l'appareil spécial que Meudon est jusque là le seul à posséder. L'installation nouvelle ainsi conçue doit permettre l'étude simultanée des formes et des mouvements: but fixé au spectrohéliographe par l'inventeur.

Les séries d'observations quotidiennes de cette période ont apporté les résultats suivants:

* Les "couches supérieures" de la chromosphère solaire montrent des structures non décelables dans les enregistrements de la surface, K_1 et même K_2 .

* Les images prises au centre des raies $H\alpha$ et K_3 montrent les mêmes structures caractéristiques, les "filament noirs" communs aux deux images appartiennent à la couche supérieure comme les "circum facules, les protubérances et les plages faculaires."

* "Le filament correspond aux vitesses d'ascension les plus intenses." Par contre, alors que Hale et Ellerman, et aussi L. d'Azambuja, ont quant à eux présenté les filaments comme la marque des protubérances sur le disque, Deslandres affirme que "la protubérance en général n'est pas sur le filament lui-même; vue au bord elle est plutôt sur le côté ou même sur un seul côté et si un prolongement lumineux correspond au filament lui-même, ce prolongement est habituellement plus faible que la protubérance elle-même."*

A la mort de Janssen, H. Deslandres, "le Maître," est devenu directeur de l'Observatoire de Meudon (1908) et il prépare le mémoire de synthèse de ses travaux et de leurs résultats pour accéder au grade de docteur es sciences (1910). Il incombe alors à L. d'Azambuja de poursuivre l'exploitation du nouvel instrument et l'étude des propriétés des différentes "couches" de la chromosphère solaire. Dès 1913, H. Deslandres et d'Azambuja, persuadés que les filaments constituent un des éléments les plus caractéristiques de la "couche supérieure" de cette atmosphère, ont proposé dans une note aux C. R. de l'Académie (t. 157, p. 413) une représentation graphique permettant à la fois de dégager leur individualité et de les suivre dans leur évolution: c'est la première ébauche d'une carte synoptique.

1914, la mobilisation de H. Deslandres et de L. d'Azambuja met le service solaire et l'observatoire en sommeil. Ce n'est qu'en 1919 que reprennent les enregistrements monochromatiques quotidiens dans les trois longueurs d'onde des raies $H\alpha$, K_3 et K_1 avec 2 des combinaisons du spectrohéliographe quadruple horizontal installé au bâtiment du grand sidérostas sur le 2-ème terrasse de l'Observatoire de Meudon (2 chambres de 3 m, réseau et prismes). d'Azambuja termine ses études universitaires, assure les observations de routine avec un personnel réduit souvent à lui seul. En 1923, Alfred Pérot, professeur à l'École Polytechnique et astronome à Meudon, introduit à l'observatoire l'un de ses assistants, Marguerite Roumens, qui mesure pour lui les spectres enregistrés à Meudon. Il meurt en 1925 et c'est au service solaire qu'elle se retrouve engagée comme assistante-auxiliaire. En 1925 Monsieur Deslandres est nommé directeur de l'Observatoire de Paris-Meudon, car ces 2 observatoires ont été alors regroupés sous une direction unique. Moins absorbé par les observations systématiques, d'Azambuja envisage de bénéficier des qualités exceptionnelles du nouveau spec-

trohéliographe pour reprendre et étendre les recherches antérieures sur le spectre solaire à des raies encore peu étudiées, celles de la partie "basse" de la chromosphère en particulier. - En effet l'interprétation des spectrohéliogrammes dépend de la connaissance précise de "l'aspect, en chaque point du disque, de la raie employée pour former l'image."

A partir de fin août 1925 jusqu'à la fin de l'été 1927, 145 spectres ont été photographiés avec le spectrographe double à 3 fentes au grand sidéostat de Meudon et l'assistance de Marguerite Roumens - De cet échantillon, 11 raies solaires ont été analysées, mesurées, interprétées - des raies d'un même élément mais d'importances différentes, de différents éléments ou des raies d'éléments ionisés. - Les résultats obtenus ont fait l'objet de la thèse de doctorat d'état de d'Azambuja - "Recherches sur la Structure de la Chromosphère Solaire." (Annales de Meudon, t. 8, fasc 2, 1930). Parallèlement, les règles de représentation des structures solaires sur des Cartes Synoptiques s'affinaient, en particulier celle des filaments qui étaient à l'époque la raison première de cette publication (voir note de L. d'Azambuja aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, t. 173, p. 1450, 1921). Dès 1928, d'Azambuja publiait aux Annales de l'Observatoire de Paris, section de Meudon (t V1, fasc 1) les Cartes Synoptiques de la chromosphère solaire et catalogue des filaments de la couche supérieure des 11 rotations solaires de la période mars 1919 - janvier 1920. Déjà une collaboration est assurée par les observatoires de Kodaikanal (Indes du Sud) et de Mt. Wilson qui fournissent des clichés de complément pour les jours sans observation à Meudon.

Pour cette première publication 575 filaments ont pu être identifiés, soigneusement mesurés pour chaque jour d'observation et cartographiés - Au cours de la préparation, d'Azambuja a présenté à l'Académie des "mesures nouvelles de la vitesse de rotation des filaments - Evaluation de la hauteur de ces objets au-dessus de la chromosphère solaire" (C.R.A.S., 1923, t. 176, p. 950) - on verra par la suite que l'amélioration de cette évaluation est restée l'objet de tous les soins de d'Azambuja. Par la suite lorsque la relation filaments - taches a semblé intéressante une représentation des taches, des plages faculaires, a été soigneusement élaborée, le tout sous le contrôle pointilleux et sévère de d'Azambuja en personne; - ceci jusqu'à son départ de l'Observatoire en 1959 et pour la petite histoire.

Ainsi se poursuivaient la publication des Cartes Synoptiques de la chromosphère et dans le même temps l'exploitation des spectres et des images solaires du spectrohéliographe de Meudon. La collaboration scientifique commencée en 1926 pour la thèse du doctorat entre L. d'Azambuja et M. Roumens s'est poursuivie aussi jusqu'à la fin de leur carrière et bien au-delà car M. Roumens est devenue Mme L. d'Azambuja en 1935. Leur expérience et leurs connaissances partagées les ont conduits à vouloir exprimer le résultat de leurs travaux en un volumineux mémoire publié en co-signature en 1948 aux Annales de l'Observatoire de Meudon (t. 6, fasc 7) intitulé: "Étude d'ensemble des protubérances solaires et leur évolution effectuée à l'aide des spectrohéliogrammes obtenus à l'Observatoire de Meudon et des Cartes Synoptiques de la chromosphère publiées par l'établissement."

Si ce mémoire fait superbement le point des connaissances sur ce sujet en 1948, la suite des recherches faites à Meudon en particulier, et partout dans le monde, sont en fait accrochées aux bases énoncées là.

Les cartes n'ont pas épuisé tout ce qu'elles pouvaient donner: on en a extrait les "rouleaux," les "points pivots," les relations avec les phénomènes éruptifs, les plages et les taches, les champs magnétiques dans les protubérances et les régions calmes ou actives du Soleil et en général tout ce qui concerne l'observation chromosphérique à moyen terme - Tous les développements expérimentaux si rapides des dernières décennies et les résultats obtenus ont pour support les caractères généraux reconnus et énoncés par des chercheurs comme L. et M. d'Azambuja.

Tous les astronomes solaires sont un peu les héritiers de ces pionniers de la recherche. Il ne faut pas oublier non plus qu'ils ont aussi dans le même temps participé, puis pour L. d'Azambuja, présidé à l'organisation de la discipline tant en France qu'à l'étranger mais cela est une autre histoire.

* Annales de Meudon: Mémoire de thèse, H. Deslandres 1910 (le fait que le filament et la protubérance ne sont que deux projections différentes d'un même objet a été officiellement reconnu en 1928). En 1911, H. Deslandres et L. d'Azambuja publient déjà des mesures de la vitesse de rotation de quelques filaments bien observés en 1906, 1908, 1909, 1910. (Note aux C.R.A.S., 153, 442).

2. Lucien d'Azambuja or the history of solar prominences at Meudon (*English*)

In 1868 Lockyer and Janssen had shown that it was possible to make a daily record of the chromosphere and of prominences on the limb without total eclipses by utilizing a spectroscope. From 1892 to 1894, H. Deslandres, working at the Observatory in Paris, showed "that the entire chromosphere is observable on the half-sphere turned to the Earth" with the help of a small spectroheliograph and a "velocity meter." With these first-generation instruments he made images of the calcium chromosphere, and he wrote: "Spectral analysis and the application of the spectroheliograph on the dark lines of the solar spectrum open a vast new field of investigation." Because of difficulties in Paris in developing his research, he moved to Meudon. There he has to start from scratch, and he finds few resources. He makes a siderostat and erects a small building to house the two small instruments from Paris, which he will use until 1906. However, in 1899 he had hired at Meudon Observatory, Lucien d'Azambuja, a young man, 16 years old, careful and handy, to help with the work, particularly the ongoing observations and research.

He brings the young Lucien along on the eclipse expeditions to Spain in 28 May 1900 and 30 August 1905. One should note that the many observations from 1893 to 1906 constituted at the time the most complete collection in existence, of photographic images in the K_2 line (called K_{2-3} in Meudon) with solar diameter of 90 mm and, writes H. Deslandres: "comparable to the best made in America with bigger and more powerful instruments." The competition between Hale and Deslandres was really quite bitter. Each of them had analyzed their new images of the Sun and given names to structures never seen before. For example, after having coined the word "filament" for the dark lines visible on the disk, H. Deslandres contests the use of "focculus" (focculi in plural) given by Hale



Figure 1. Lucien D'Azambuja: 1884 – 1970.

to small, bright areas of the chromosphere, as well as to larger structures. H. Deslandres calls these latter "plages faculaires," as opposed to "focculi," since the former depend on the phase of solar activity, while the latter do not.

In 1908 Hale, aided by Adams, obtains the first monochromatic images in the red line of hydrogen $H\alpha$ with his Snow spectroheliograph. But in 1907 H. Deslandres charged L. d'Azambuja with the installation of the big quadruple spectroheliograph, fed by a versatile 2-mirror coelostat. In that connection H. Deslandres says: "This is a delicate instrument and difficult to operate. In the research I have been constantly aided by d'Azambuja, a young, talented astronomer whose name is associated with mine in the discovery." In the second half of 1908 came the first K_3 images from the big spectroheliograph, and in January 1909 those taken in the center of the $H\alpha$ line. At the same time radial velocity measurements were constantly made with the special instrument that only Meudon still possesses. This new instrumentation permits the simultaneous study of forms and velocities: the inventor's goal for the spectroheliograph.

The daily series of observations from this period led to the following results:

* The "higher layers" of the solar chromosphere show structures not seen in observations of the surface; K_1 and even K_2 .

* Images taken in the center of the $H\alpha$ and the K_3 lines show the same characteristic structures: "dark filaments," the same in both images, part of the upper layer, as well as "circumfaculae, prominences and the plage faculaires."

* The filament corresponds to the strongest velocities of ascension. On the other hand, while Hale and Ellerman – and also L. d'Azambuja – have considered filaments as prominences seen on the disk, Deslandres was of the opinion that "the prominence is in general not on the filament itself; seen on the limb it is rather to one side, and if there is a bright structure which corresponds to the filament, this structure is in general less bright than the prominence itself."*

When Janssen dies in 1908, H. Deslandres becomes director of the Observatory at Meudon, and he writes his thesis, a synthesis of his work and the results, for the Doctor of Science degree (1910). Hence, it falls to L. d'Azambuja to continue using the new instrument and to study the properties of the different "layers" of the solar chromosphere. After 1913, when Deslandres and d'Azambuja were convinced that the filaments are one of the most characteristic elements of the "upper layer" of the chromosphere, they proposed, in a note to C. R. de l'Academie (Vol. 157, p. 413), a graphic representation that would allow both to study the filaments individually and to follow their evolution: this was the first draft of a synoptic map.

After 1914, with the drafting of H. Deslandres and L. d'Azambuja, the solar service at the observatory fell silent. It was only in 1919 that daily monochromatic observations in the three wavelengths of the lines $H\alpha$, K_3 , and K_1 were restarted with the horizontal, quadruple spectroheliograph in the building of the big siderostat on the second terrace of the Meudon Observatory. L. d'Azambuja completes his university studies and takes care of the routine observations, often alone. In 1923, Alfred Pérot, professor at Ecole Polytechnique and astronomer at Meudon, brings to the observatory one of his assistants, Marguerite Roumens, who analyzes the spectra obtained at Meudon. Pérot dies in 1925 and she finds herself as assistant in the solar service. That year H. Deslandres is named director of the Observatoire Paris-Meudon, as the two observatories are placed under

one and same director. Less occupied with routine observations, d'Azambuja plans to take advantage of the exceptional quality of the new spectroheliograph to extend previous research on the solar spectrum, particularly the little studied "lower" part of the chromosphere. Remember that the interpretation of spectroheliograms relies on precise knowledge of the "appearance, at every point on the disk, of the spectral line used to obtain the image."

From the end of August 1925 to the end of the summer of 1927, 145 spectra were photographed with the double spectrograph with three slits fed by the big siderostat, with the assistance of Marguerite Roumens. From these data 11 solar lines were analyzed, measured and interpreted: lines from the same element but of different strength; lines from different elements; or lines from ionized elements. The obtained results constituted L. d'Azambuja's doctoral thesis: "Research on the Structure of the Solar Chromosphere" (*Ann. de Meudon*, Vol. 8, part 2, 1930). At the same time the rules for representing solar structures on the synoptic maps were developed, in particular rules for filaments which, at the time, was the main reason for this publication (see L. d'Azambuja's note to *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Vol. 173, p. 1450, 1921). Starting in 1928 d'Azambuja published in the *Ann. de l'Observatoire de Paris*, section de Meudon (Vol. VI, part 1) "The Synoptic Maps of the Solar Chromosphere and Catalogue of Filaments in the Upper Layer" for the 11 solar rotations in the period March 1919 – January 1920. Collaboration had been assured from the observatories of Kodaikanal (Southern India) and of Mt. Wilson, which would provide observations for the days when Meudon could not observe.

In this first publication 575 filaments were identified, carefully measured for each day of observation, and put on the maps. During the preparation, d'Azambuja made to the Academie the presentation "New measurements of the velocity of rotation of filaments – Evaluation of the height of these objects above the solar chromosphere" (*C.R.A.S.*, 1923, Vol. 176, p. 950). Later, improvements on this evaluation remained d'Azambuja's major concern. Then, when the relationship filament – sunspot caught the interest, a scheme was carefully developed to display spots and plages faculaires, all under L. d'Azambuja's personal supervision, until he left the observatory in 1959.

In this way the production of the Synoptic Maps of the chromosphere continued, as did the study of the spectra and the solar images from the spectroheliograph at Meudon. The scientific collaboration between L. d'Azambuja and M. Roumens, that had begun in 1926 with the doctoral thesis, likewise continued until the end of their careers, and even longer because M. Roumens became Mrs. L. d'Azambuja in 1935. Their experience and their shared knowledge led them to publish the results of their works in 1948 in a voluminous joint memoir entitled, "A comprehensive study of solar prominences and their evolution from spectroheliograms obtained at the observatory and from Synoptic Maps of the chromosphere published at the institution" (*Ann. de l'Observatoire de Meudon*, Vol. 6, part 7).

This memoir superbly summarizes the knowledge of the subject matter as of 1948, and the continued research, in particular at Meudon, but in general all over the world, also built on the results presented there. The usefulness of the maps has not been exhausted. By using these maps new ideas have emerged regarding "pivot points", relationships with eruptive phenomena, prominence

magnetic fields, active and quiet regions on the Sun, and in general, all that has to do with observations of the chromosphere. All the rapid experimental developments of the last decades and the obtained results have been supported by the knowledge of solar phenomena recognized and characterized by scientists like L. and M. d'Azambuja.

All solar astronomers are in a way inheritors of these research pioneers. Furthermore, we should not forget that L. d'Azambuja was active in the organizational aspects of his discipline, both in France, as well as on the international scene – but that is another story.

* *Annales de Meudon*: H. Deslandres, Thesis, 1910 (the fact that filaments and prominences are simply two different projections of the same object was officially recognized in 1928). In 1911, H. Deslandres and L. d'Azambuja published measurements of the rotation rate of several filaments that had been well recorded in 1906, 1908, 1909, and 1910 (*Compte Rendu Acad. Sci.*, 153, 442).

Translated from the French by E. Tandberg-Hanssen