

Eclipse 2017: Spectres profonds de la couronne

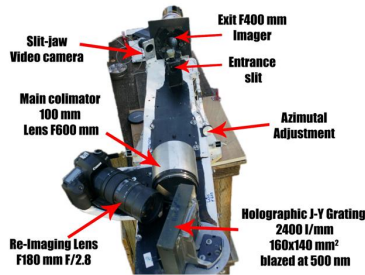
Serge Koutchmy⁽¹⁾, Frédéric Baudin⁽²⁾, Shahin Abdi^{(1) (2)}, Leon Golub⁽³⁾ et François Sèvre⁽¹⁾

(1) Institut d'Astrophysique de Paris, UMR 7095, CNRS et Sorbonne Université
 (2) Institut d'Astrophysique Spatiale, CNRS et Université Paris-Sud, Orsay
 (3) Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, USA

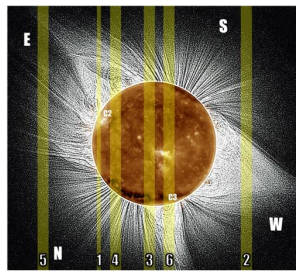
Résumé: L'éclipse totale de Soleil du 21 Août 2017 a été observée par notre équipe dans de très bonnes conditions de ciel pur et à l'aide d'une instrumentation bien contrôlée, d'où l'obtention d'excellents résultats scientifiques de manière très économique. Ce poster se concentre sur les résultats les plus originaux de l'expérience principale dédiée à l'étude spectroscopique « profonde » de cette couronne de quasi-minimum d'activité, depuis la surface jusqu'à plus de 1.4 rayon solaire (R_{\odot}) du bord. Le spectrographe d'éclipse, spécialement conçu pour ce travail, permet d'obtenir des spectres profonds de la couronne de 521 à 590 nm avec une fente s'étendant sur +/- $3R_{\odot}$ avec une résolution effective (FWHM instrumentale) de .075 nm. Environ 60 spectres ont été collectés durant la totalité, avec une camera CMOS Canon 5D MarkII équipée d'une matrice de 5616x3744 px². Plusieurs régions ont été analysées avec des balayages d'amplitude +/- 100" à raison de 10 spectres, sur une couronne calme, des streamers, des renforcement équatoriaux, des bords de streamers haute latitude et évidemment, les trous coronaux (CHs) polaires. La fente traversant souvent le disque entier de la Lune, aucune lumière parasite n'a été détectée au niveau ultime de détection, d'où une qualité spectrale jamais atteinte jusqu'ici.

Des raies faibles identifiées au FeX ou au XI et au Co XI ont été observées pour la 1^{ère} fois; une raie attribuée au K XII est détectée; la raie importante mais peu connue de l'Ar X dite « high FIP » est parfaitement mesurée. Les raies bien connues du Fe XIV et du Ni XIII sont observées partout avec un excellent rapport S/B, y compris dans les trous (CHs) et les bords de CHs, montrant pour la 1^{ère} fois la composante chaude des CHs. La variation radiale des largeurs effectives des raies ou FWHMs, après corrections de la largeur instrumentale, est mesurée dans un streamer et dans un CH jusqu'à plus de $2R_{\odot}$. L'élargissement non thermique des raies ne montre pas de valeurs exceptionnelles, ni de décalages Doppler-Fizeau importants, sur l'étendue radiale totale de tous les spectres, contrairement à des annonces récentes dans la littérature. Par contre la raie 530.285 nm du Fe XIV, extrêmement intense à l'équateur, montre pour la 1^{ère} fois et sans ambiguïté, des pieds relativement étendus (non gaussien) révélant la présence de vitesses non-maxwelliennes des ions de Fe XIV.

Enfin, le rapport S/B élevé des spectres permet une bonne évaluation du spectre F superposé au spectre K quasi-continu, même tout près du bord du Soleil. Cela permet de déduire les composantes K du plasma et F de la couronne poussièreuse partout dans le champ, grâce à la méthode de Gottrian et sans avoir besoin de mesures de taux de polarisation comme dans la méthode usuelle. Le rapport K/F mesuré permet de déduire les densités électroniques et d'interpréter les mesures d'émission (EM) des différentes raies sur un champ plus étendu que celui des images AIA de SDO, ou celles de SECCHI de STEREO ou encore celle des spectrographes de Lyot au sol.

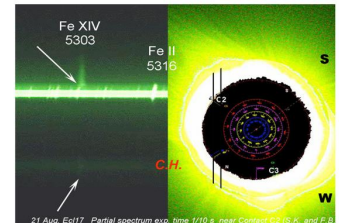


Présentation réaliste de l'expérience "Spectres profonds-Ecl17" avec couvercle du corps du spectrographe enlevé.

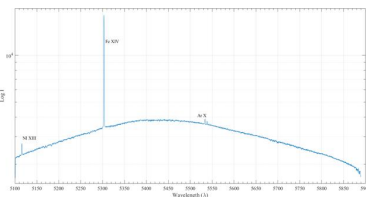


Montage destiné à montrer les positions successives de la fente du spectrographe durant la totalité (60 spectres réalisés) sur une image traitée de la couronne K.

Position « 1 » : 10 spectres rapides (expositions 1/10 sec) durant le 2ème contact C2; positions « 2 » à « 6 » : 10 spectres successifs avec exposition de 1 sec dans chaque série et décalage transversalement à la fente entre les poses.



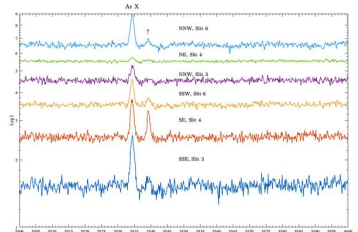
Extrait d'un des spectres rapides durant C2 montrant l'émission de la raie verte coronale de Fe XIV et celle de quelques raies « low FIP » brillantes (Fe II par ex.) le long du profil lunaire découpé dans la fente. A droite: Indication de la position de la fente sur une image non traitée de la couronne



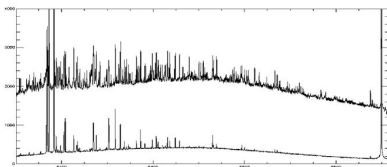
Spectre non corrigé pris dans la série 4 à l'E (haute latitude) illustrant la transmission spectrale globale et le rapport S/B en échelle log des intensités K+F avec la raie verte du Fe XIV très brillante et d'autres raies.

Wavelength (Å)	5303	5116	5534	5539	5164
Ion	Fe XIV	Ni XIII	Ar X	Fe X	Co XI
FWHM (Å)	0.82	0.85	1.03	1.03	?
Ionization Potential (eV)	355	350	350	233	275.4
FIP (eV)	7.9	7.6	15.7	7.9	7.8
μ	55.85	58.69	39.9	55.85	58.94
Log (Å)	7.6	6.3	6.8	7.6	5.1
<T> (MK)	2.0	1.5	1.5	1.1	?
I ₀ K+F	4.3	0.2	0.08	0.04	0.01
T _{eff} (MK)	3.24	2.67	2.98	3.80	?
V (km/s)	22.14	14.10	24.72	28.50	?

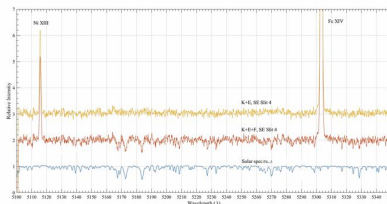
Table 1 - Paramètres importants déduits pour chaque raie coronale observée, par ordre d'importance en intensité. FIP: first ionization potential; μ : masse du ion; A- abondance relative; T: température ionique donnée par l'analyse de l'équilibre d'ionisation; K, F: intensités des composantes du continu et l'intensité centrale de la raie au dessus de ce continu; T_{eff} est aussi la température Doppler déterminée par la FWHM de la raie; V vitesse de micro-turbulence (vitesses non résolues).



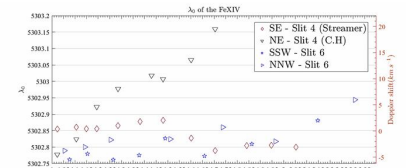
Spectres sommés montrant la nouvelle raie découverte tout près de la raie grêle et confirmée de l'Ar X à 5534 Å. Cette raie (5540) serait attribuée au FeX ou au FeXI. Notez l'échelle log des intensités et les différentes positions dans la couronne donnant des intensités variables.



Exemples de 2 spectres pris dans la séquence 1 durant le contact C2 (minimum de T en haut) avec des raies « Low FIP » en émission: triplet b1b2b3 du MgI à gauche; à droite D3 de HeI



Extraits spectres profonds sommés de la couronne interne à basse latitude (fente "4") montrant l'influence de la composante F (contribution env. 6 à 7% du spectre solaire). A noter les ailes étendues de la raie verte du Fe XIV (non-gaussiennes).



Exemple de variation radiale de vitesses « nettes » mesurées dans la couronne de streamers (en bas) et ii) dans le trou coronal (en haut) grâce à la détermination de centre de gravité du profil de la raie verte du Fe XIV observée dans les positions "4" et "6".

References:
 Confessee, L., Koutchmy, S. and Viladrich, Ch. (2004), Ann. Geophysicae, 22, 1-8;
 Del Zanna, G. and DeLuca, E.E. (2018) ApJ, 852-52 (15pp.)
 Koutchmy, S. and Magnant, F. (1973) ApJ, 186, 671-677
 Mason, H.E. and Nussbaumer, H. (1977) Astron. Astrophys. 54, 547-551
 Koutchmy, S., Abdi, Sh., Baudin, F. and Sèvre, F. (AAL- En préparation)