

■

DOSSIER : Propositions de travaux sur le Soleil...

Roger Meunier

Résumé : *Dans certains ouvrages de professionnels, on relève çà et là maintes idées de "manips" plus ou moins facilement réalisables par les amateurs. La liste évoquée ci-dessous est exclusivement consacrée au Soleil, passion personnelle oblige ! Certains points peuvent paraître utopistes compte tenu des performances courantes des instruments d'amateurs mais après tout, ce qui nous paraît inaccessible aujourd'hui sera peut-être envisageable dans 3, 5 ou 10 ans. D'autres pistes seront insuffisamment précises (résolution nécessaire encore mal évaluée par exemple) ; enfin, certaines propositions devraient être abordables dès maintenant avec toutefois un minimum de persévérance... Nous pouvons aussi préciser que quelques paragraphes concernent des travaux déjà réalisés par des amateurs. Le code de couleur habituel indique la difficulté.*

Introduction

La réalisation d'un spectrographe d'amateur a déjà fait l'objet d'au moins un article dans les revues Hélios, Pulsar et Cahiers Clairaut, nous ne reviendrons pas sur ce sujet maintenant. Nous pouvons tout de même signaler que si le réseau est la pièce la plus coûteuse de l'instrument, c'est quand même plus abordable qu'un filtre H α à faible bande

passante et que la spectrographie autorise de nombreuses "manips". D'autre part les possibilités de récupérer un réseau sur un matériel scientifique obsolète ne sont pas négligeables. En spectrographie, deux des paramètres importants à considérer sont les résolutions spatiale et spectrale ; pour la première, descendre en dessous de 2 secondes d'arc serait déjà bien et pour la seconde,

séparer deux raies voisines de 0.01 nm serait très intéressant. On peut rappeler qu'à l'observatoire de Meudon, on considère le ciel comme acceptable quand le seeing est de 2". Les périodes où la turbulence est faible sont rares pour un site donné ; il serait intéressant de déterminer soigneusement les conditions météo sous jacentes à ces bonnes conditions d'observation afin de diminuer la proportion d'images médiocres.

1. Mise en évidence d'une réémission au centre de la raie d'absorption K du calcium dans le cas où le Soleil est actif (essayer de placer la fente sur un groupe de taches assez tourmenté ou sur des plages faculaires importantes. Déjà réalisé avec une caméra vidéo en prenant des vues au vol avec l'arrêt sur image.

2. Mise en évidence de la granulation par déformation Doppler des raies fines. La focale nécessaire est supérieure à 10 m et il faut un très bon seeing.

3. Étude du profil de la raie H α dans différentes conditions (photosphère, taches, facules...). D'autre part, pendant la période "flash" du développement d'une protubérance, les ailes de la raie H α devraient être déformées par effet Doppler (mais il faut tomber au bon moment !). Ce phénomène a déjà été constaté à l'aide d'une petite caméra vidéo industrielle, en fait on devrait pouvoir constater des « ailes » en émission dont la largeur peut atteindre 1 nm !

4. Étude des différentes raies en se positionnant sur des facules et des régions actives, comparer avec les mêmes raies sur le fond photosphérique ; là encore, c'est le positionnement précis sur les facules qui exigera un peu de patience (essayer par exemple l'hélium à 586,7 nm).

5. Transposition du paragraphe 3 à d'autres longueurs d'onde ; en cherchant dans les ouvrages de Foukal et Zirin, on devrait trouver quelques pistes...(voir bibliographie). C'est faisable pour les raies H et K du Calcium et pour H β .

6. Recherche des raies en émission en prolongement des raies en absorption en plaçant la fente perpendiculairement au limbe solaire. La focale nécessaire sera sans doute supérieure à 10m et une caméra numérique sera la bienvenue (grâce à sa meilleure dynamique). En fait, on peut déjà voir "quelque chose" avec 2m de focale et avec du

TP2415 ! Cela a déjà été réalisé sur H α , H β et He586,7nm.

7. Séparation des composantes Zeeman lorsque la fente du spectrographe explore une région où le champ magnétique est intense (typiquement sur les taches importantes où le champ peut atteindre des valeurs de 3000 à 5000 gauss). Un filtre polarisant circulaire placé derrière la fente devrait faciliter la tâche mais la résolution spectrale doit être de l'ordre de 0,01 nm. En principe, la noirceur de l'ombre varie comme le champ magnétique ; en spectro, essayer de lier l'écartement des composantes Zeeman à la mesure photométrique de l'ombre.

8. Spectre des bords solaires Est et Ouest dans une même région spectrale ; par comparaison des deux images, éliminer les raies d'absorption de l'atmosphère terrestre. Pour cela, il faut parvenir à mettre en évidence le décalage Doppler des raies solaires dû à la rotation ; cela permet par la même occasion de vérifier les performances de son instrument en recalculant la vitesse de rotation du Soleil à partir des décalages mesurés sur les spectres.

9. Éléments ionisés. Certaines raies correspondant à des éléments ionisés (Fe II et Ti II par exemple) sont plus faibles dans les taches que sur le fond de la photosphère ; les fonctions photométriques de certains logiciels de traitement d'images seront fort utiles. Il faudrait approfondir dans le Zirin ou le Foukal pour trouver les bonnes longueurs d'onde.

10. Raies moléculaires. Par contre, certaines raies neutres sont plus intenses dans les taches que sur la photosphère (par exemple le lithium). On peut même y déceler des raies moléculaires telles que TiO (entre 700.5 et 715 nm), CaH (vers 638 nm), MgH ; là encore, il faut aller chercher des compléments d'information dans la littérature professionnelle. Aux dernières nouvelles, ce ne sera pas facile car nous allons nous retrouver dans le proche U.V. Voir dans le Zirin les bonnes longueurs d'onde.

11. Vitesse d'éjection. Faire la mesure de la vitesse d'éjection d'un phénomène éruptif par déplacement de la raie H α en émission dû à l'effet Doppler. Dans ce cas, le problème est de parvenir à placer la fente à l'endroit voulu ! Il faudrait observer en même temps au coronographe (ou avec un filtre H α) et guider celui qui manipule le spectrographe ou bien disposer d'un spectro-héliographe mais ceci est une autre histoire...

12. Spectre d'une protubérance. Après la réalisation d'une fente courbe (ou circulaire), faire le spectre d'une protubérance quiescente dans le violet et le proche U.V. (si on utilise une matrice CCD, il y aura peut-être un problème de sensibilité ; sinon tenter l'usage d'une caméra vidéo). Comme au point précédent, il y aura un problème de repérage à résoudre.

13. Comparaison des spectres de protubérances. Si les problèmes de repérage sont résolus, comparer des spectres de protubérances actives et quiescentes afin de pouvoir les classer (tableau 9.4 p.290 de l'ouvrage de Zirin).

14. Rapport de raies. Une autre classification des différents types de protubérances a été effectuée par Waldemeier; celle-ci repose sur l'étude des ratios entre les intensités des raies du Fe II (516,9nm) et du Mg neutre (518,4nm, 517,3nm, 516,7nm). Voir à ce sujet le tableau 9.3 p.287 du livre de Zirin.

15. Contraste ombre/pénombre. On peut tenter la mesure du contraste ombre/pénombre et ombre/photosphère des taches solaires à plusieurs longueurs d'onde.

16. Même genre de mesure mais le long du diamètre solaire. Ce sera plus délicat pour aller positionner la fente sur une tache lorsqu'on s'approchera du bord !

17. Mesure du rapport Ipén./Iphot. Il est d'environ 0,8 (en fait, il varie avec la longueur d'onde). À haute résolution, la pénombre apparaît comme composée de filaments alternativement sombres et brillants. Ces zones sont animées de mouvements propres de sens contraires (v de 5 à 10 km/s). Il faudrait voir la possibilité de mettre en évidence ces mouvements par décalage des raies par effet Doppler (décalage en λ à 500 nm pour 10 km/s = 0,015 nm). Effet Evershed : essayer de se placer sur des taches placées près du limbe mais cela ne va pas être facile...

18. Catalogue des raies solaires. Faire un catalogue des raies solaires en vidéo ou en CCD en allant le plus loin possible en longueur d'onde dans les deux sens, approfondir l'optimisation résolution/focale. Des premiers tests avec une caméra vidéo industrielle montrent que l'on devrait pouvoir observer depuis la limite de Balmer (vers 364,6 nm) jusque vers environ 770 nm...

19. Oscillations solaires. En réalisant une version plus résolutive de spectrographe, on pourrait peut être mettre en évidence les oscillations solaires de 5 min (des variations de vitesse de 0,5 km/s sont à détecter !).

Conclusion (très provisoire...)

Il serait souhaitable que les lecteurs de ces propositions de travaux en fassent une analyse critique afin d'affiner et d'enrichir ces différents objectifs.

Cette liste de travaux envisageables par l'amateur est en effet toute provisoire : certains points seront peut-être à supprimer car trop difficiles ; par contre, il reste encore des pistes à explorer. Ce qui est probable, c'est qu'une vie d'astronome amateur sera bien remplie si elle épuise toutes ces propositions. Les ouvrages qui nous ont permis de progresser sont les suivants :

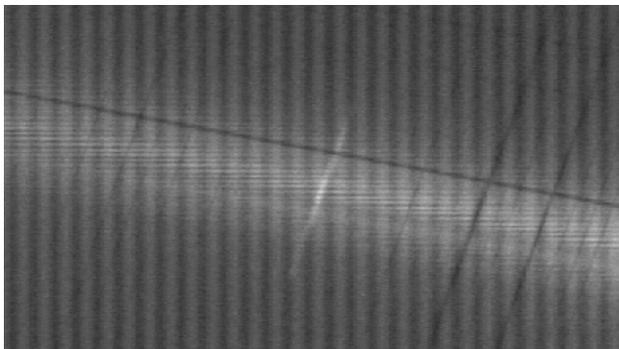
Références

- Astronomie, méthodes et calculs (A. Acker et C. Jaschek) Ed. Masson
- Méthodes de l'astrophysique (L.Gouguenheim) Ed. Hachette CNRS
- Astrophysics of the Sun (Zirin) Cambridge University Press
- Astrophysique : méthodes d'observation (P. Lena) Interéditions/CNRS
- Introduction à la théorie de l'observation en astrophysique (H. Reboul) Ed Masson
- Le guide de l'observateur (sous la dir. de P. Martinez) SAP
- Observing the Sun (P. O. Taylor) Cambridge University Press
- Solar Astrophysics (Foukal) Wiley : Interscience
- Guide to the Sun (K. Philips) Cambridge University Press
- Solar Astronomy Handbook (Beck, Hilbrecht,...)

A propos de la raie de He 587,6 nm...

L'hélium a été découvert par Jules Janssen en 1868 à l'occasion d'une éclipse totale de Soleil. Janssen réalisa un spectre "flash" obtenu au moment où il ne reste plus qu'un mince filet de lumière (aux 2^e et 3^e contacts) ; ceci permettant d'observer le spectre de la chromosphère. Plus tard, lorsque les progrès de la physique ont permis de comprendre les phénomènes d'ionisation, on s'est rendu compte que la raie de l'hélium observée était difficilement ionisable et qu'il fallait beaucoup d'énergie pour y parvenir. Et c'est encore bien plus tard que l'on s'est rendu compte que cette raie était provoquée par le

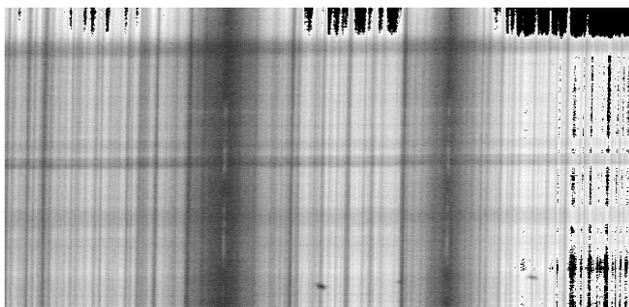
rayonnement ultraviolet de la couronne. Cette raie est donc observable en émission dans un spectrographe d'amateur ; elle est surtout visible au limbe (presque aussi brillante que H_{α}) ; par contre, sur le disque, elle ne diffère que de quelques pour cent de la photosphère.



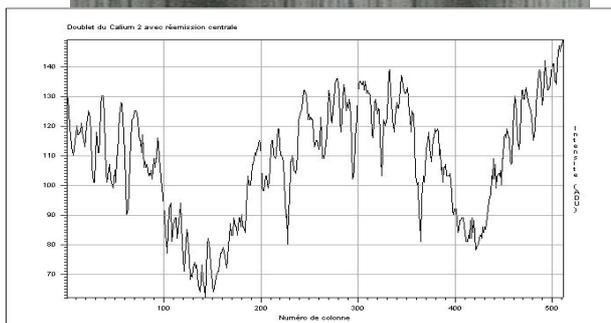
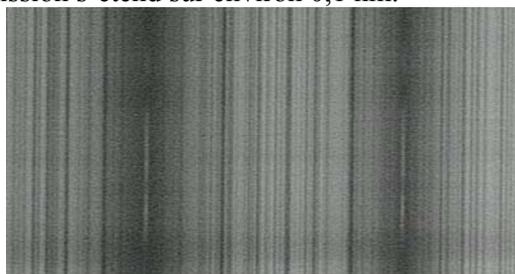
Le maximum d'émission de la raie a lieu à environ 1200 km au dessus de la photosphère ; elle est en principe plus intense à proximité des régions actives, et plus faible en dessous des trous coronaux. En fait, si on pouvait observer le Soleil à l'aide d'un filtre monochromatique réglé sur 587,6 nm, on verrait une mince bande brillante s'étendant entre 1000 km et 2500 km d'altitude au-dessus du limbe solaire. Sur le cliché, à côté de la raie de l'hélium en émission, on peut distinguer le doublet du sodium, raies photosphériques en absorption (589 nm et 589,6 nm).

Spectre d'une région active dans la raie du Calcium II

Il faut tout d'abord placer la fente du spectrographe sur une région active de type Fkc ou assimilée. En longueur d'onde, le spectrographe est réglé à l'extrémité bleue du spectre visible, plus particulièrement sur le doublet du Calcium² (atome ionisé une fois), situé à 393,4 nm et 396,8 nm. Ces deux raies, très larges, mesurent chacune environ 2 nm de large. Les ailes de la raie prennent naissance



à la base de la chromosphère, tandis que la région centrale prend naissance à environ 1000 km au-dessus. Ce pic d'émission correspond à une région active où la température est élevée (environ 10000 °K). Le cliché montre également une bande transversale aux raies (dans le bas de l'image) qui est l'image d'une tache solaire étalée par le réseau, preuve que nous sommes bien sur une région « perturbée ». C'est d'ailleurs la température qui donne aux électrons l'énergie cinétique suffisante pour qu'il y ait une réémission lumineuse qui compense partiellement le phénomène général d'absorption qui existe dans les raies. Le profil associé au spectre est une simple coupe horizontale passant par un endroit où la réémission est évidente (bande claire dans l'axe de la raie) ; la partie en réémission s'étend sur environ 0,1 nm.



Les perles des enseignants, des astronomes et des autres ... Puisque nous parlons de spectro, je voudrais vous relater une histoire vraie, célèbre dans le petit monde de l'astronomie. Un jour un astronome réputé observa des raies du phosphore dans des étoiles très chaudes (étoiles B). La publication de ce résultat fit sensation. Les américains répétèrent l'observation mais ne confirmèrent pas. Après analyse, on découvrit l'explication : dans l'espace exigu où l'observateur s'installait pour guider l'étoile le long de la fente spectrale du spectro coudé du "193", à l'OHP, notre astronome avait l'habitude de fumer la pipe en craquant, de temps à autre, une allumette au... phosphore. GP