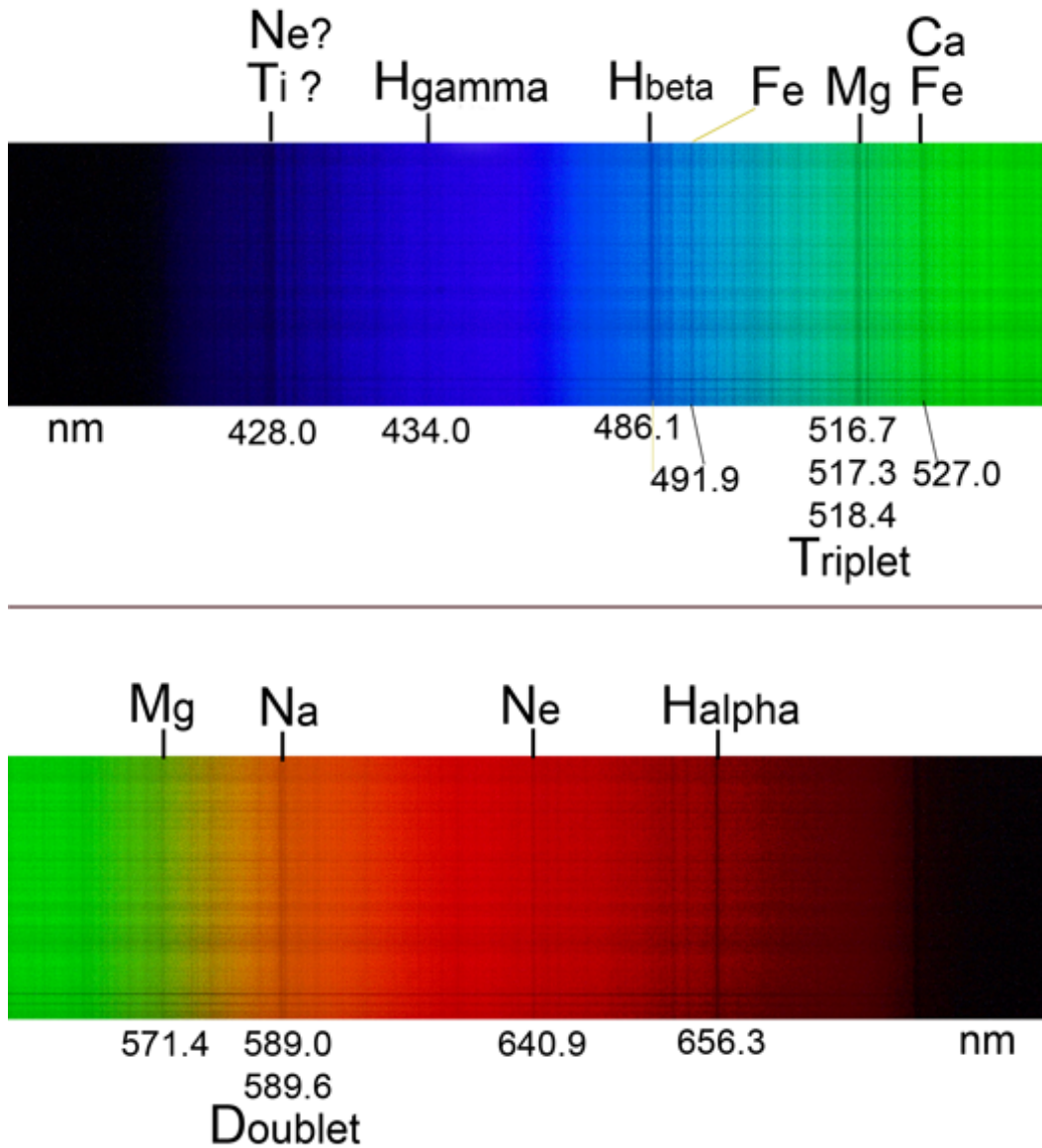


## L'image du mois d'octobre 2012 ou comment obtenir le spectre du Soleil

En octobre 2011, nous avons publié [1] les spectres des étoiles Véga et Arcturus obtenus avec un réseau de diffraction de marque Thorlabs, de 300 traits/mm travaillant par transmission, placé en aval d'un objectif de focale 200 mm, lui-même monté sur un APN Canon EOS 40 D. En reprenant ce montage et en lui ajoutant quelques composants optiques supplémentaires, l'auteur de cet article a réussi à obtenir le spectre du Soleil présenté ci-dessous.



*Cliquez sur l'image pour*

*obtenir le spectre en haute résolution sur une seule ligne.*

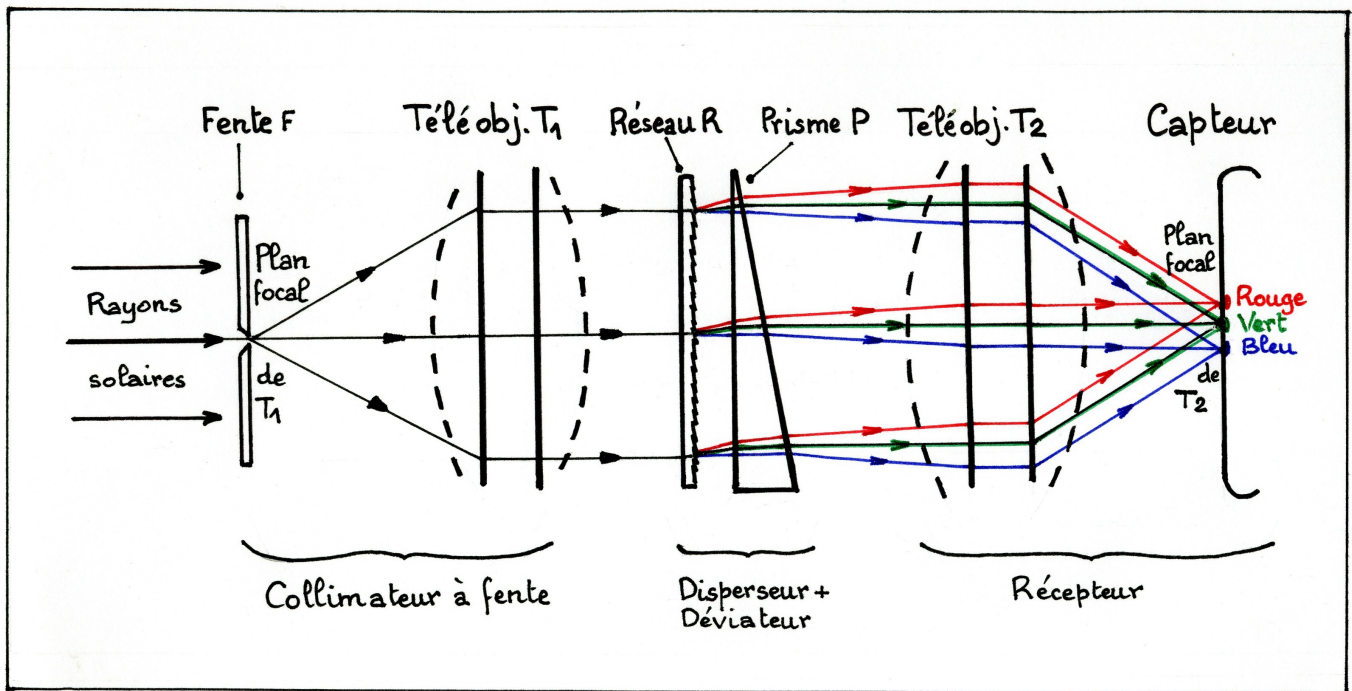
Le repérage et l'étalonnage des raies spectrales a été effectué à partir du logiciel référencé en [2].

On remarque de suite qu'on distingue sans difficulté la double raie du Sodium (écart de 0,6 nm) dans l'orange, ainsi que le triplet du Magnésium (même écart) dans le vert. Les performances de ce nouveau dispositif disperser sont donc identiques à celles que nous avons déjà obtenues en octobre 2011 avec ce même réseau pour l'analyse du spectre des étoiles.

Le deuxième intérêt de cette expérience réside dans la méthode expérimentale d'obtention de ce spectre, à savoir un spectroscopie **à fente, en ligne**, équipé d'un réseau de **diffraction par transmission et d'un prisme déviateur de faisceau**.

### **Schéma optique du spectroscopie à fente, en ligne :**

Dans ce schéma de principe, les rayons solaires se propagent de la gauche vers la droite. On suppose, pour simplifier, que ceux-ci comportent seulement trois rayonnements monochromatiques : le rouge, le vert et le bleu. Nous allons passer en revue les trois parties du spectroscopie : le collimateur à fente, le disperser/déviateur, le récepteur.



**1) le collimateur à fente** : les rayons provenant du Soleil tombent sur le collimateur. Celui-ci est constitué d'une fente très fine  $F$  placée dans le plan focal objet d'un téléobjectif photo  $T_1$  de focale 200 mm réglé sur l'infini (ici un zoom Sigma 18/200mm, ajusté à 200 mm). La fente est fabriquée manuellement avec deux lames de rasoir collées sur une feuille de carton. Son épaisseur est calculée pour que le lobe central de la tache de diffraction qu'elle produit couvre entièrement la largeur du réseau de diffraction  $R$ . Celle-ci étant de 20 mm, on trouve une largeur de fente de l'ordre de 10 micromètres. La feuille de carton est ensuite collée sur un double cylindre coulissant (pour faire varier sa longueur et l'orientation de la fente) qui vient s'adapter sur la capuchon arrière du téléobjectif  $T_1$  évidé en son centre. Attention, le téléobjectif est monté à l'envers, car il est destiné à produire un faisceau lumineux parallèle.

Pour cela, le plan de la fente doit coïncider avec le plan focal du téléobjectif. Un pré-réglage est donc indispensable (par auto-collimation avec un faisceau laser vert par exemple) avant l'assemblage des 3 parties. Après réglage, le faisceau sortant du collimateur doit être parallèle et de largeur 20 mm environ.

**2) le disperseur/ déviateur** : il est composé d'un réseau de diffraction  $R$  et d'un prisme déviateur  $P$ . L'ensemble de ces deux composants forme un "grism" (assemblage des mots anglais : grating et prism). Le réseau travaillant par transmission est "blazé" dans l'ordre 1. Ici, c'est un réseau Thorlabs à 300 traits/mm dont une largeur de 20 mm a été sélectionnée au préalable (pour ne conserver que la partie présentant un minimum de défauts optiques). Le faisceau diffracté dans l'ordre "blazé" est incliné de  $8,5^\circ$  environ par rapport à sa normale. Chacune des trois couleurs (rouge, vert, bleu) se propage dans des directions légèrement différentes. Pour que ces directions reviennent à peu près dans l'axe du téléobjectif  $T_1$ , le réseau est suivi d'un prisme déviateur  $P$  de petit angle. Ici, un prisme Thorlabs d'angle au sommet  $17^\circ$ , assure une déviation moyenne de  $8,5^\circ$ . La dispersion chromatique de ce prisme est négligeable par rapport à celle du réseau. Dans la pratique, le réseau et le prisme sont montés sur un support mécanique rotatif réalisé à cet effet, se vissant sur le filetage externe du téléobjectif  $T_2$ , celui du pare-soleil. L'arête du prisme est orientée parallèlement aux sillons du réseau.

**3) le récepteur** : c'est un appareil photographique numérique réflex muni d'un téléobjectif  $T_2$ . Ici, un APN Canon EOS 40D équipé d'un téléobjectif Canon de focale fixe 200 mm réglé sur l'infini. En affinant la mise au point, le spectre du Soleil s'affiche directement sur le capteur. On pourrait utiliser à bon escient un APN à capteur défiltré pour obtenir une extension du spectre dans le rouge.

**4) la procédure de montage** : le disperseur/déviateur se monte sans difficulté sur le filetage de l'objectif  $T_1$ . On obtient alors un spectroscopie, sans fente, en ligne, qui peut être utilisé en l'état pour photographier les spectres des étoiles, soit avec une monture avec suivi (spectre d'étoiles peu lumineuses sur une seule ligne), soit sur une monture fixe sans suivi (spectre étalé en hauteur par le mouvement relatif de l'étoile visée).

Pour obtenir le spectre du Soleil, il faut ajouter le collimateur à fente au montage précédent. Le diamètre de la monture du disperseur/déviateur a été choisi de façon à ce que ce composant vienne s'encastrent dans le pare-soleil de l'objectif  $T_1$ . Celui-ci est monté sur l'objectif  $T_1$  et avec un collier plastique auto-serrant, on vient fixer solidement le collimateur à fente sur l'ensemble précédent. Après orientation de la fente parallèlement aux sillons du réseau et quelques retouches des

différents réglages, le spectroscopie devient opérationnel.

Il suffit alors de viser directement le soleil pour voir son spectre apparaître dans le viseur. Avec une sensibilité affichée de 400 ISO et une ouverture de F/8 sur l'objectif T2, le temps de pose tourne autour de 1/500 de seconde.

### Résolution du spectroscopie

La définition de la résolution  $R$  d'un instrument disperser (faculté du dispositif à distinguer deux raies sombres rapprochées) est donnée par le rapport sans dimension entre la longueur d'onde moyenne  $l$  de travail et le plus petit écart spectral  $dl$  que l'instrument permet de distinguer, ce qui s'écrit :  $R = l/dl$ .

Ici, nous pouvons l'évaluer avec la raie double du Sodium ou la raie triple du Magnésium. Pour la raie double du Sodium, la longueur d'onde moyenne  $l$  vaut 589,3 nm et l'écart entre les deux raies 0,6 nm. Comme cet intervalle est encore nettement visible, on peut évaluer à 0,5 nm le plus petit écart observable  $dl$ . Ce résultat est aussi confirmé par l'observation de la raie triple du Magnésium. Une analyse plus précise avec le logiciel de traitement des spectres "Visual Spec "(non publiée ici) donne le même résultat.

Ainsi, nous arrivons à une résolution :  **$R = 5\ 893/5 = 1\ 179$  arrondis à 1 200.**

Ce résultat est très honorable eu égard à la résolution théorique intrinsèque du réseau de diffraction utilisé seul. Dans l'ordre 1, celle-ci est donnée par le nombre de sillons effectivement illuminés, soit 20 mm X 300 sillons/mm = 6 000.

Dans le dispositif entier, il faut prendre en compte la largeur de la fente, les défauts de réglage, et les défauts optiques du réseau et des composants . Une réduction d'un facteur 5 de la résolution intrinsèque est acceptable.

### Conclusion

Cet article rapporte la réalisation et les performances **d'un spectroscopie à fente** se montant directement sur un appareil photographique numérique. Au sein d'une association où il est facile de trouver deux téléobjectifs de focale 200 mm et quelques compétences de mécanique, la construction de ce spectroscopie ne nécessite l'achat que de deux composants : le réseau de diffraction et le prisme déviateur. Leur coût s'élève à moins de 200 Euros. Le poids et l'encombrement de l'ensemble restent raisonnables. Son utilisation est particulièrement aisée, aussi bien avec le collimateur à fente (observation du Soleil) que sans (observation du spectre des étoiles). La résolution effectivement atteinte est de l'ordre de 1 200.

Pour tout renseignement complémentaire : [contact@saplimoges.fr](mailto:contact@saplimoges.fr).

Webographie :

[1] <http://saplimoges.fr/l-image-du-mois/145-limage-du-mois-doctobre-2011>

[2] [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/spectres\\_soleil.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_soleil.swf)

[ 3 ]

[http://www.pierron.fr/ressources/fichestp/2nde\\_phy/CPHY-223\\_Interpreter\\_le\\_spectre\\_de\\_la\\_lumiere\\_emise\\_par\\_une\\_etoile\\_fiche\\_professeur.pdf](http://www.pierron.fr/ressources/fichestp/2nde_phy/CPHY-223_Interpreter_le_spectre_de_la_lumiere_emise_par_une_etoile_fiche_professeur.pdf)

[4] [http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages\\_tp-spectre-soleil/impression.html](http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_tp-spectre-soleil/impression.html)

Rédaction : Michel Vampouille.