

- UN SPECTROGRAPHE POUR LE T 60 -

I Introduction:

Depuis la fin de 1984, et au cours de quatre missions au Pic du Midi, un spectrographe a été élaboré et mis au point par Daniel Bardin et plusieurs de ses collègues du C.L.E.A.

Le prototype fonctionne correctement; de plus, un nouvel appareil, financé conjointement par l'Association T 60 et par le constructeur, est en cours de réalisation. Ce spectro sera disponible au sommet dans le courant de 1987; il pourra être utilisé à tout moment par les missions d'amateurs qui auront programmé des recherches dans ce domaine.

II Les caractéristiques de l'appareil:

- fente métallique réglable;
- lentille de champ;
- collimateur de  $F=200\text{mm}$  à  $f/3,5$  ;
- réseau par transmission Jobin & Yvon,  $100 \times 100\text{mm}$ , 600 traits/mm ; un second réseau, identique mais à 1200 traits/mm, pourra être envisagé pour le travail à plus haute résolution;
- lampe de référence à l'argon pour le calibrage des longueurs d'ondes avec son alimentation H.T.;
- balayage de l'étoile dans la fente (pour élargir les spectres) grâce à un miroir oscillant à pas variable;
- lunette de visée et de centrage pour contrôle du suivi, devant la fente polie;
- installation électrique, éclairages et tableaux de réglages divers;
- les chambres photo seront, dans un premier temps, les  $24 \times 36$  apportés par les amateurs; les boîtiers de toutes marques, équipés de focales allant jusqu'à  $300\text{mm}$ , peuvent être montés sur la platine pivotante permettant le centrage du domaine spectral choisi.

Un objectif de chambre (  $150$  à  $200\text{mm}$  de focale à  $f/2$  ou  $2,8$  ) muni d'une bague T pourra, dans un second temps, permettre des travaux à moyenne ou haute résolution grâce à ses qualités optiques.

Le spectro fonctionne, en mode stellaire ou nébulaire, aux résolutions de  $10$  nanomètres/mm ou  $5\text{nm/mm}$  environ, cela dépendant évidemment du réseau et des focales de chambre.

La magnitude limite se situe, au Pic, aux alentours de  $9,5$  ou  $10$  sur film photographique; avec un objectif de chambre de  $135\text{mm}$  à  $f/2,8$  , (donc un peu trop petit pour récupérer toute la lumière issue du collimateur), la magnitude  $6$  est atteinte en  $30$  minutes à  $12\text{nm/mm}$  sur film  $2415 + \text{AgNO}_3$ . Un récepteur C.C.D. améliorerait très nettement ces performances; à notre connaissance, une équipe d'amateurs a testé un autre

spectro équipé en C.C.D. au début de Novembre 1986, mais nous ne connaissons pas les résultats obtenus.

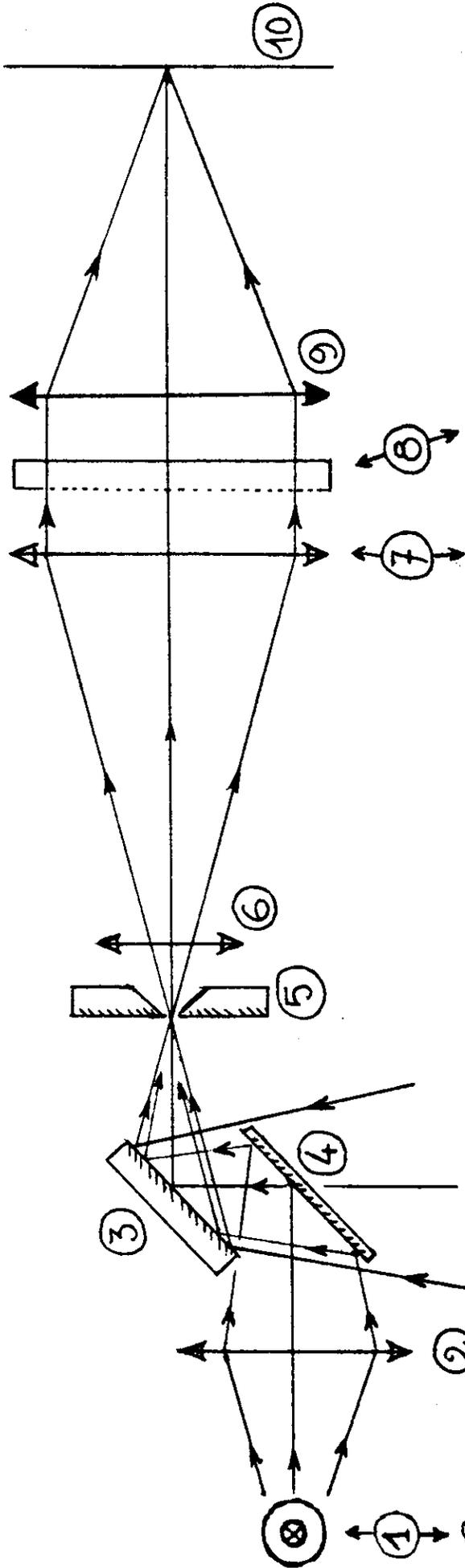
III D'ores et déjà, il serait, à notre avis, souhaitable que les équipes d'amateurs prévoient les thèmes de recherches en liaison avec cet appareil. Pour citer quelques idées directrices, nous pouvons indiquer:

- tests de sensitométrie spectrale, N&B ou couleur, en relation avec l'effet Schwartzchild;
- classification fine de spectres;
- toutes variations dans les spectres: étoiles variables, étoiles à raies en émissions, renforcements ou affaiblissements de raies dus à des variations dans les conditions régnant à la surfaces des astres, doubles spectroscopiques, étoiles à abondances anormales, astres à débit énergétique élevé, etc...;
- décalages spectraux et vitesses radiales;
- nébuleuses planétaires, nébuleuses diffuses, régions H II brillantes, comètes, novae, avec possibilités de comparaisons fines et de classification.

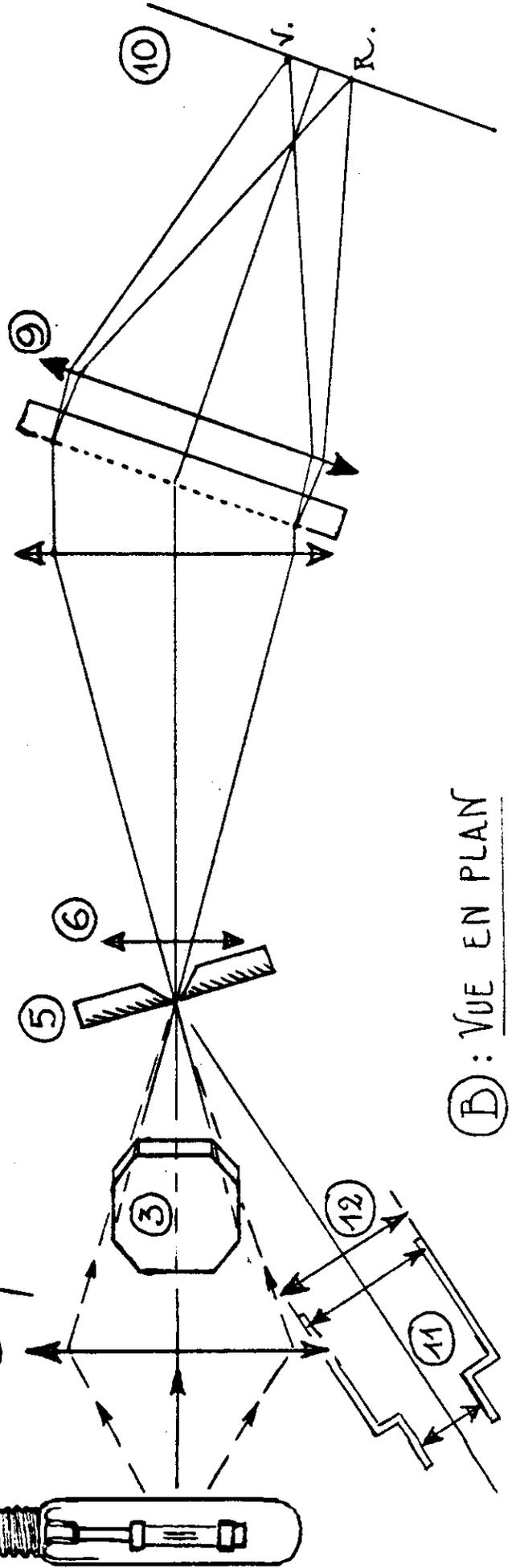
IV Notes techniques relatives aux schémas:

- 1: lampe à argon;
- 2: lentille focalisant le faisceau sur la fente et assurant la couverture du collimateur 7;
- 3: miroir oscillant assurant le balayage des étoiles dans la fente 5; la position correcte de celle-ci est indiquée sur la vue en plan; le balayage a donc lieu en  $\alpha$ , puisque le spectrographe est installé dans le même plan que la platine porte-oculaire;
- 4: miroir amovible par translation et ne servant qu'au moment de la prise du spectre de référence;
- 5: fente à miroirs polie à  $\lambda/10$ ;
- 6: lentille de champ, simple, fournissant l'image de la pupille d'entrée du télescope sur le collimateur;
- 7: collimateur ouvert à 3,5; il éclaire le réseau d'un faisceau parallèle;
- 8: réseau de diffraction;
- 9: objectif(s) de chambre;
- 10: film;
- 11: lunette de centrage et de poursuite;
- 12: collimateur de la lunette de visée.

(A): VUE DE PROFIL



(B): VUE EN PLAN



Notes relatives à quelques résultats:

Les photos présentées ici proviennent de clichés réalisés au cours de la mission du 28 Octobre au 1er Novembre 1986.

Ces tirages ont été faits sans précautions particulières; un travail de laboratoire plus fin, en particulier par contretypage sur des émulsions appropriées, montrera mieux les détails dans les régions surexposées.

Les raies du spectre de référence proviennent d'une lampe à argon (réf. 93 100 de Philips).

Les longueurs d'ondes de l'argon se trouvent dans un document édité par Mc Graw-Hill (New-York): American Institute of Physics Handbook, chapitre 7g, Important atomic spectra, Crosswhite & Dieke.

Les longueurs d'ondes des spectres ont été estimées par, au moins, deux mesures différentes sur les tirages. Ultérieurement, un appareil à mesurer les spectres, récupéré à l'observatoire de Marseille, servira à travailler directement sur les négatifs, ce qui est plus rigoureux.

Un tableau récapitulatif permet de tirer plusieurs leçons de ces clichés:

	Objets	Magnitudes	Spectres	Poses	Objectifs (focales et F/D)	Pellicules	Traitements
A	BU Tau	4,8 ↔ 5,5	B8 IV pe	20 mn	135mm; 2,8	103 a 0	D 19 5mn 20°
B	ζ Tau	3	B1,5 IV	10 mn	"	"	"
C	η Tau	2,6	B7 III	8 mn	"	"	"
D	Néb. d' Ori. "5"		émission	30 mn	"	"	"
E	β Ori	0,1	B8 Ia	3 mn	240mm; 4,5	"	"
F	α Ori	0,4 ↔ 1,3	M2 Iab	1 mn	135mm; 2,8	2415	idem + hyper
G	μ Gem	2,8 ↔ 3	M3 III	10 mn	"	"	AgNO <sub>3</sub> 6mn
H	ζ Tau	3	B1,5 IV	8 mn	"	"	"

Un premier groupe (de A à E) regroupe des spectres pris sur 103a0, c'est à dire dans la partie bleue, alors que le groupe de F à H montre des spectres pris avec la 2415. La finesse de la seconde pellicule n'est plus à démontrer; cependant, la sensibilité élevée de la 103 autorise l'absence de traitement préalable au nitrate d'argent (qui serait, ici, sans grand effet, puisque son action reste plus prononcée sur les films sensibles au rouge).

Les limites enregistrées en UV tournent aux alentours de 3800 Å, (soit 380 nm, ce qui a un aspect plus officiel...mais moins habituel). Sur le négatif du cliché E, on trouve encore de l'énergie à 3760 Å. De l'autre côté, la 103a0 ne répond plus au delà de 5020 Å, ce qui n'étonnera personne.

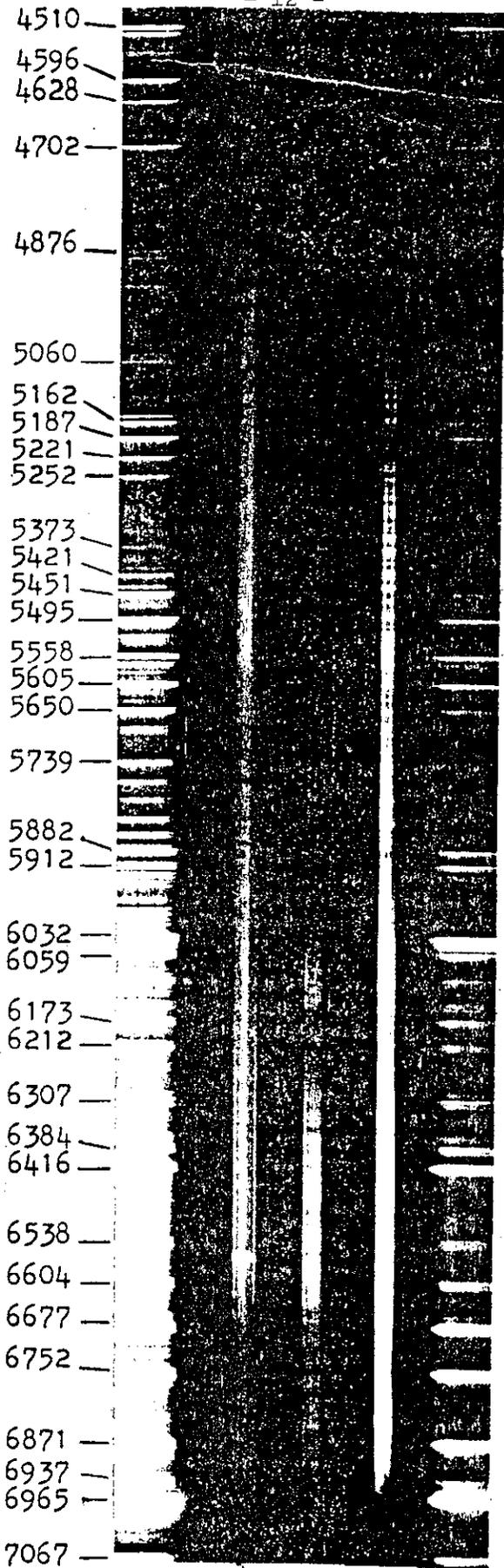
Les temps de poses, très naturellement, varient en fonction de

nombreux facteurs: magnitudes des astres, films et traitements, d'une part, mais aussi instrumentation, en particulier le diamètre des optiques des chambres photographiques. Pour récupérer toute la lumière qui parvient du miroir du T60 (sans modifier le faisceau), on a utilisé un collimateur ouvert, lui aussi, à 3,5. Le diamètre émergent vaut 60mm: la diagonale du réseau doit au moins atteindre cette valeur et, là, nous sommes gâtés puisque le réseau fourni par Christian Buil (un Jobin & Yvon) a 100mm de côté. C'est derrière le réseau que les choses risquent de se compliquer: compte tenu de l'obliquité des axes des chambres, il faut, au minimum, un diamètre d'objectif qui atteigne 70mm. Avec le réseau à 600 traits/mm, sur 24 x 36, une focale de 175mm donne un spectre étalé de 380nm à 700nm sur les 36mm; l'ouverture relative de cette optique se situe alors à  $175/70 = 2,5$ . Ce n'est pas introuvable mais, si l'on observe bien les bords extrêmes des clichés, on découvre aisément que la résolution hors de l'axe laisse fortement à désirer: c'est normal lorsqu'on travaille à pleine ouverture et avec des optiques qui ne sont pas du dernier cri. Notez, au passage, que les optiques que nous avons utilisées ont un diamètre un peu trop petit, ce qui revient à dire que nous avons diaphragmé le télescope et, donc, allongé les temps de poses.

Il faudra donc tenir compte de ces considérations pour choisir les objectifs des chambres: ou bien on veut un spectre entier sur 24x36, et la focale limite a été annoncée ci-dessus, ou bien on possède un excellent objectif (dans le genre Nikkor ED 1F de 200mm de focale ouvert à  $F/D = 2$ ) et l'on se contente d'un domaine légèrement réduit. Mais, après tout, les quelques exemples indiqués au début de ce texte comme programmes de recherches nécessitent une bonne résolution, ce qui ne s'obtient pas avec des "culs-de-bouteilles".

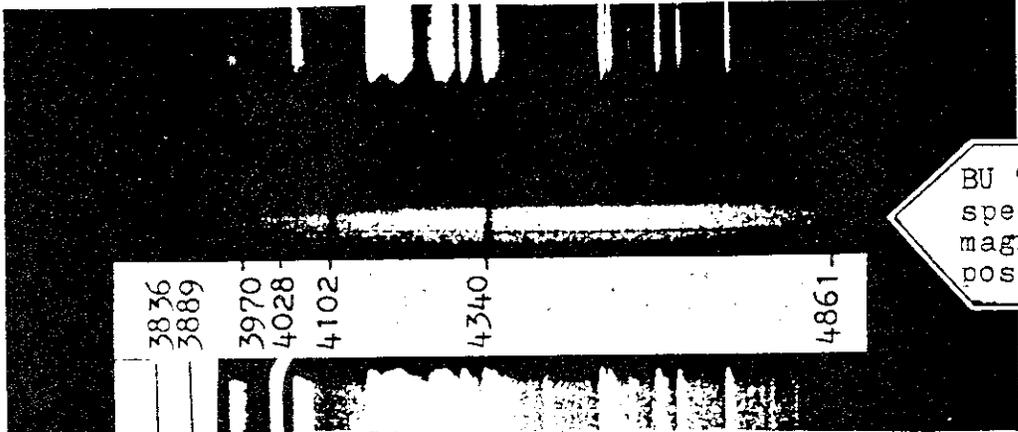
Il paraît possible, également, d'envisager d'autres variantes à ce problème: utiliser un objectif de longue focale qui ne soit pas un télé-objectif: il transmet les rayons marginaux de manière nettement moins oblique que l'élément arrière divergent d'un télé. Utiliser aussi, pourquoi pas, une petite chambre de Schmidt...

Pour terminer, nous reviendrons un instant sur les clichés: les images sont toutes à la même échelle, sauf la photo E. Cela autorise la comparaison entre les largeurs des raies: épaisses dans les étoiles de classes IV ou V, et très fines pour la classe Ia (d'autant plus que l'image est plus large). Comparaisons, aussi, entre les spectres qui sont alignés verticalement: positions des raies, différences entre les mesures des longueurs d'ondes et leur valeurs réelles, réponses des films aux différences d'intensité de l'énergie tout au long des spectres, etc...



α Or1, sp. M2 Iab  
 μ Gem, sp. M3 III  
 ζ Tau, sp. B1, 5 IV  
 Clichés  
 F, G et H.

A



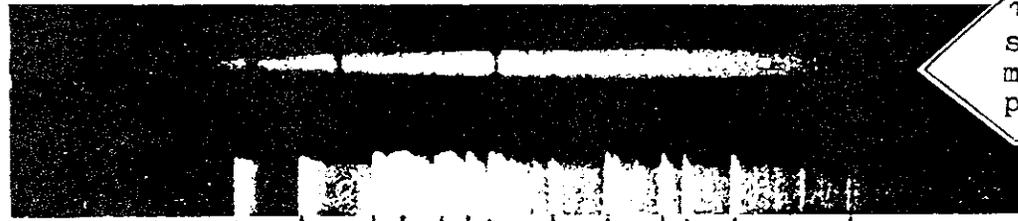
BU Tau (Pléione)  
spectre B8 IV V pe  
magn. de 4,8 à 5,5  
pose 20mn

B



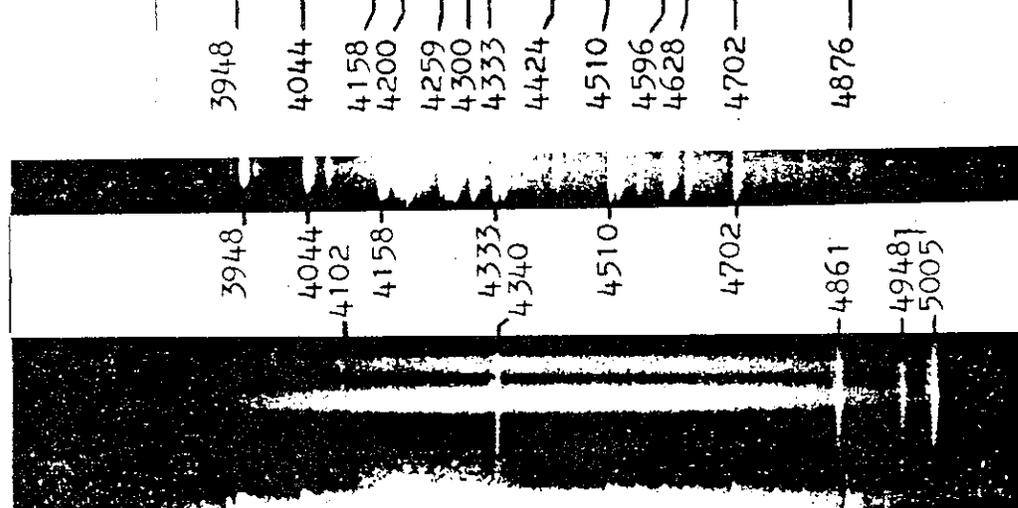
ζ Tau  
spectre B1,5 IV  
magn. 3  
pose 10mn

C

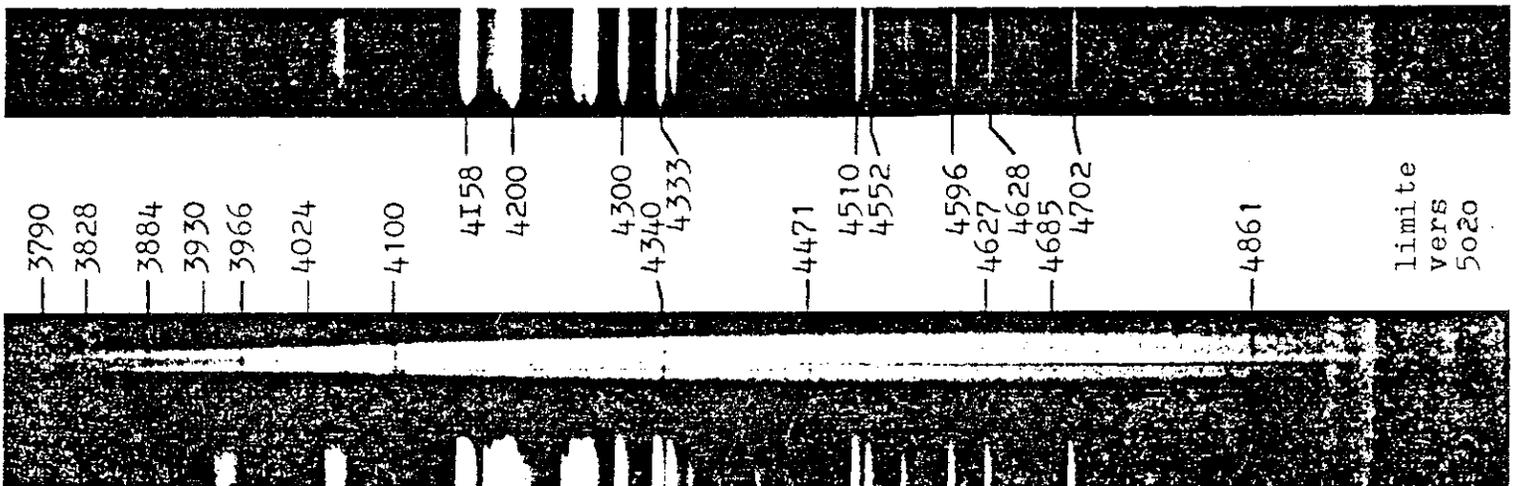


η Tau (Alcyone)  
spectre B7 III  
magn. 2,6  
pose 8mn

D



Nébuleuse d'Orion



E

β Ori (Rigel)  
spectre B8 Ia  
magn. 0,1  
pose 3mn

Les raies en émission de la nébuleuse d'Orion se superposent à un double spectre continu qui provient des étoiles du Trapèze; comme on n'a pas cherché à faire un suivi fin sur celles-ci, leurs spectres sont brouillés et illisibles.

Enfin, l'examen des clichés 2415 recèle de nombreux enseignements: le temps de pose sur les étoiles de spectres M ne peut pas être unique, l'énergie lumineuse se répartit inégalement sur les longueurs d'ondes. La courbe de Planck de ces étoiles illustre bien cet aspect du problème. Quant à l'étoile  $\zeta$  Taureau, il est possible de joindre les deux clichés bout à bout...: la série de Balmer sur 103a0 et la partie rouge, avec H $\alpha$  en émission, sur 2415.

Souhaitons que cette analyse sommaire et l'examen de ces clichés puisse montrer aux amateurs quelques unes des directions à explorer et, sans doute, comment faire mieux encore.

Daniel Bardin.

---

---

NOTRE ETOILE SOLEIL

Il arrive parfois qu'un critique soit aussi un auteur... Dans le domaine de l'astronomie, après "Ciel, Passé, Présent" (voir les CC n° 16, page 16), hélas maintenant épuisé, Gilbert Walusinski vient de publier aux Editions Epigones un ouvrage destiné aux enfants, joliment illustré par Lydie Martin.

Chaque double page présente un thème, décrit dans le sommaire détaillé qui le résume, illustré par un dessin, un texte et le plus souvent par une expérience pratique proposée au lecteur. Les mots plus difficiles ou techniques sont repérés par une astérisque et expliqués dans le glossaire.

Successivement: "le jour et la nuit", où l'on parle du mouvement apparent des étoiles, "une journée ensoleillée" où il est question du midi et des ombres et où l'on construit un gnomon, "le temps qui passe", les horloges et les cadrans solaires, "l'éternel retour" des saisons, l'arc en ciel, "le spectre du soleil" et la construction d'un disque de Newton, "la surface du soleil" et les taches - comment les observer -, "l'usine soleil", "le passé et l'avenir du soleil" et de ses planètes et la construction d'un planétaire, "le soleil parmi ses semblables" et la Galaxie puis "la Galaxies parmi ses semblables", "le soleil et la vie" avec le cycle de l'énergie et celui de l'eau et enfin "soleil et civilisation", depuis le dieu Horus jusqu'aux panneaux solaires des satellites artificiels.

Celui qui connaît un peu Gilbert retrouve très vite son style et son goût des explications claires où la simplicité n'exclue pas la rigueur. Comme tout autre lecteur, un enfant a le droit qu'on lui épargne les erreurs ou les assertions inexactes, ce qu'oublie trop d'ouvrages qui leurs sont destinés.

L. Gouguenheim