

**Zeitschrift:** Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 39 (1986)  
**Heft:** 2: Archives de Sciences

**Artikel:** Spectrographie stellaire. III. Traitement des images par FFT  
**Autor:** Goy, Gérald  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740358>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## SPECTROGRAPHIE STELLAIRE

### III. TRAITEMENT DES IMAGES PAR FFT

PAR

**Gérald GOY**<sup>1</sup>

#### INTRODUCTION

Dans deux articles précédents parus dans cette revue (Goy, 1981 et 1984) nous avons examiné l'influence du temps de pose et de la granulation sur la qualité d'un spectre dispersé à 65 Å/mm sur 0.6 mm de hauteur. Après avoir effectué quelques essais de lissage par moyennes glissantes, nous nous sommes tournés vers la Transformée de Fourier (FT) pour éliminer le bruit qui se superpose à l'enregistrement du spectre. Ce procédé de décomposition d'un signal est déjà anciennement connu, mais les applications à la restauration d'images ne se sont généralisées qu'il y a une dizaine d'années. J. W. Brault (1971) a publié une étude détaillée dans le cas des spectres «The analysis and restoration of astronomical data via the fast Fourier transform (FFT)». Paul Bartholdi a réalisé les programmes de traitement adaptés à un travail en grande série. Pour nous assurer de la bonne qualité des enregistrements restaurés nous avons examiné des spectres standards et d'autres, particulièrement accidentés. Plus de 1200 spectres représentant une dizaine de programmes de recherche ont été enregistrés et filtrés par la méthode de FFT.

Le présent article s'en tiendra uniquement à une critique sévère des enregistrements traités en laissant de côté tout l'arsenal mathématique déployé à cet effet.

#### LA RECTIFICATION DU SPECTRE

L'enregistrement d'un spectre en densité se présente, dans notre cas, comme une colline:

L'optique et l'atmosphère du côté bleu, la sensibilité de la plaque (IIaO) du côté rouge limitent les deux bouts de spectres qui se fondent avec le voile de l'émulsion. Il est très pratique de redresser l'ensemble de l'enregistrement. La lecture est facilitée et des suites comparatives de spectres décalés prennent une place minimum.

Nous avons profité de la décomposition de chaque enregistrement par FFT pour écarter les fréquences les plus basses et obtenir un graphique qui s'inscrit, en moyenne,

---

<sup>1</sup> Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny.

sur une droite. Des accidents du spectre, comme la discontinuité de Balmer ou les bandes moléculaires des étoiles froides, sont conservés. On sait que, dans certains cas maintenant mieux connus, le filtrage par transformée de Fourier peut introduire des oscillations parasites. Ce phénomène est d'autant plus gênant que les oscillations se confondent avec les raies du spectre. J. Lasala (1985) a même mis au point une méthode de rectification qui permet d'éviter la transformée inverse. Pour illustrer la validité de son travail, il donne des exemples de raies parasites dues au filtrage par FT. En fait, nous verrons que des précautions simples permettent d'éviter cet écueil. Elles sont d'ordre mathématique, mais aussi d'ordre expérimental.

Avant de produire des enregistrements en grande série nous avons donc analysé dans le détail le comportement d'images filtrées par FFT dans les cas les plus variés de nos quelque 1200 spectres stellaires.

Car l'emploi de la FFT cumule au moins trois avantages:

- la rectification de l'enregistrement
- l'élimination consciente et dosée du bruit
- le caractère impersonnel de la restauration.

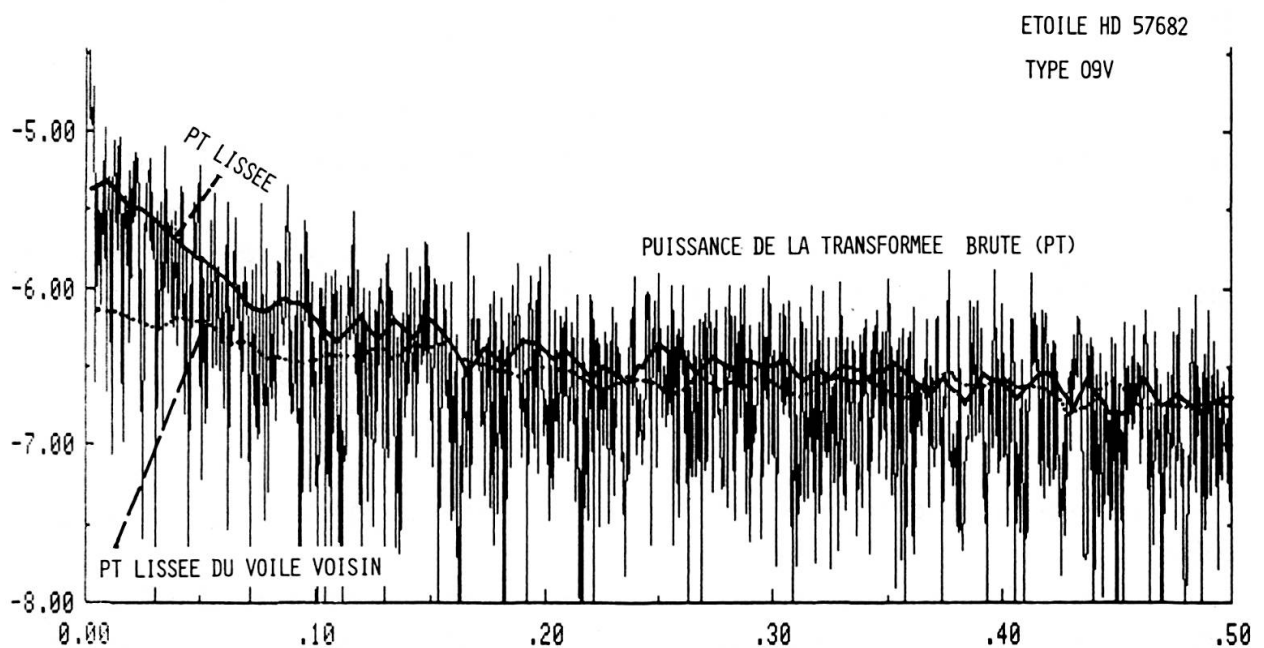


FIG. 1.

Diagramme log. puissance/fréquence de la transformée brute (PT).

La ligne continue est le lissage de la PT. La ligne pointillée est la PT du fond de plaque pris à côté du spectre. Le spectre est un peu sous-exposé, ce qui explique la faible amplitude du signal utile.

Il reste à montrer que cette restauration n'altère pas les propriétés strictement astrophysiques de nos enregistrements. Pour simplifier, nous appellerons

FT la transformée de Fourier

FFT la transformée rapide selon Brault

PT la puissance de la transformée (diagramme log. puissance/fréquence)

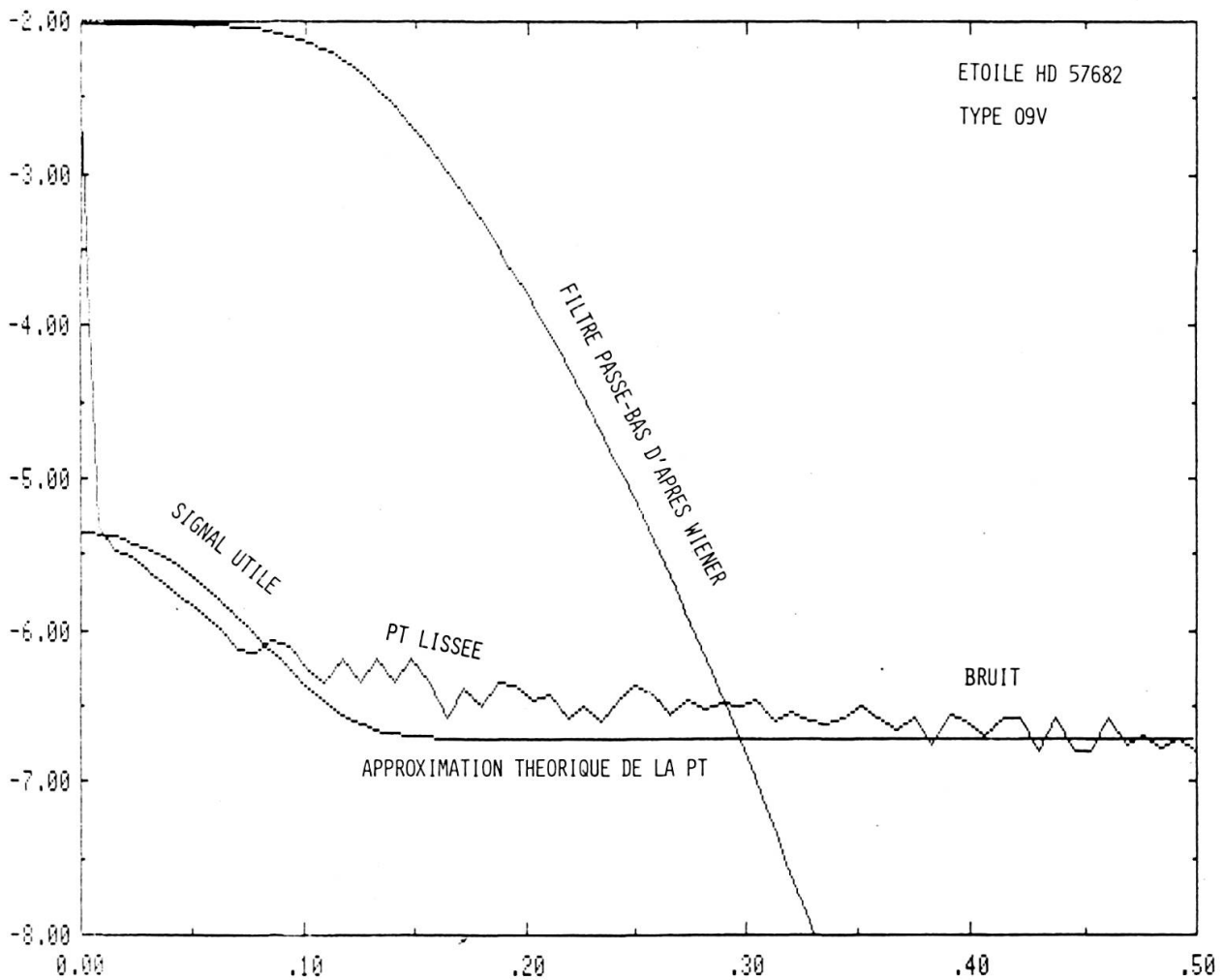


FIG. 2.

Diagramme log. puissance/fréquence (PT) de la même étoile que la figure 1. La PT brute a été supprimée mais on a tracé l'approximation théorique avec le filtre de Wiener qui lui est associé. L'expérimentateur détermine lui-même sur l'écran l'approximation théorique à partir de la PT calculée puis affichée.

NB: Le filtre est décalé de 2 unités vers le bas.  
 A l'abscisse zéro il commence donc à log. = 0.

## LE CHOIX DU FILTRE THÉORIQUE

Cette opération n'est pas confiée à un système automatique car les spectres ont une allure très variable et la granulation n'est pas constante. Le diagramme log. puissance/fréquence (PT) est tracé sur l'écran (fig. 1). Il est formé de 2024 valeurs qui, à l'état brut, sont munies d'une dispersion considérable. Pour améliorer la lecture, nous n'affichons qu'une PT lissée (ligne continue). Ce procédé facilite la recherche de l'approximation théorique (trois points déterminés au moyen d'un curseur). Cette approximation théorique est une fonction mathématique continue.

La figure 2 montre la même étoile avec le filtre passe-bas (selon Wiener) qui lui est associé. Pour économiser la place, il a été décalé de 2 unités vers le bas. A l'origine des abscisses (fréquence 0.00) il faut donc lire une ordonnée 0. dans l'échelle logarithmique et non  $-2$ . Les étoiles O ont des raies très peu nombreuses, larges et peu profondes. La partie utile de la PT est donc étroitement limitée aux basses fréquences. La

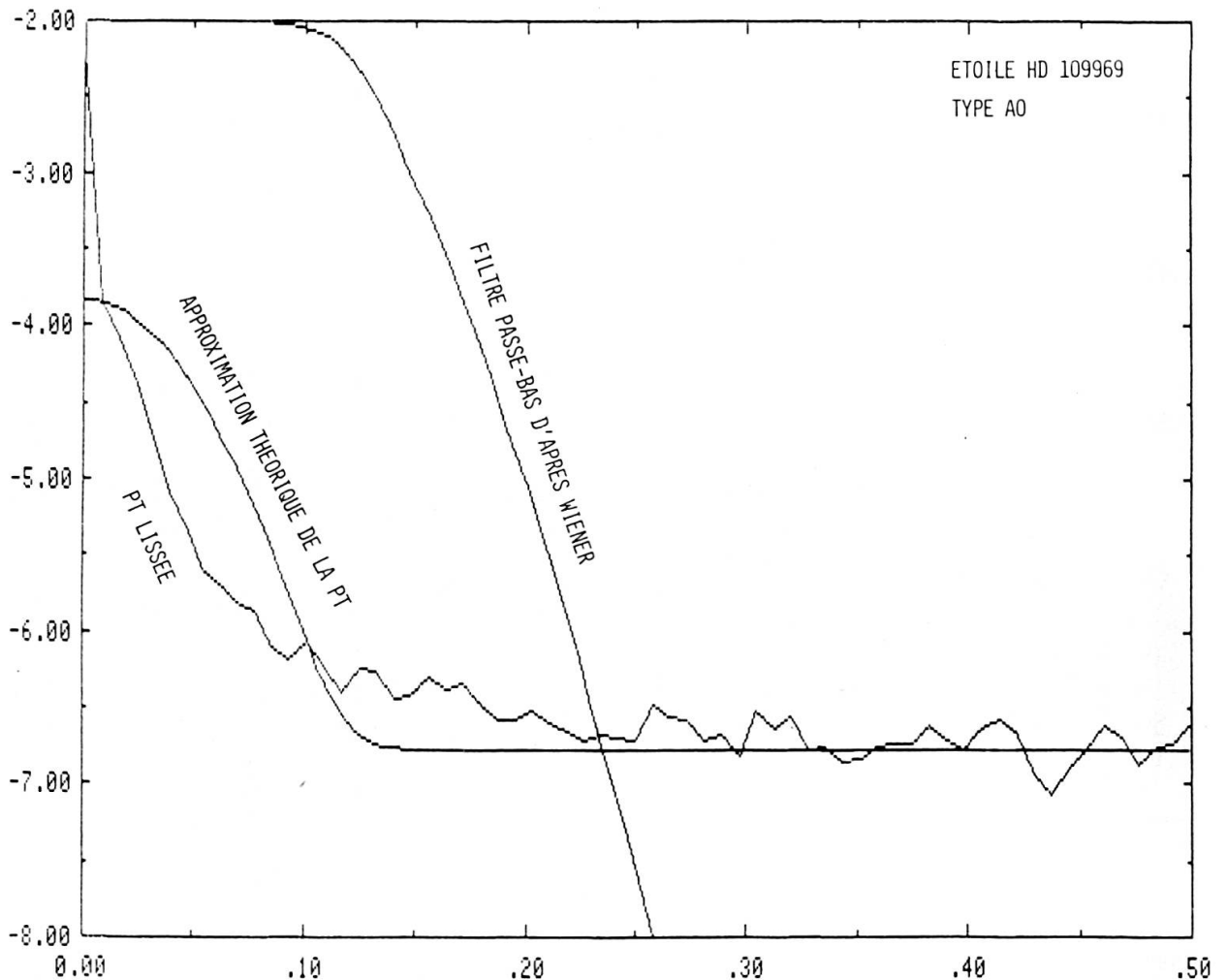


FIG. 3.

Comme la figure 2, mais pour une étoile de type plus tardif.

pointe voisine de 0.00 (que l'on retrouve dans tous les types d'étoiles) est la décomposition de la forme générale du spectre. Ce sont ces très basses fréquences qui sont éliminées avant l'application de la transformée inverse (rectification). Dans ce cas, le filtre de Wiener est très efficace car le bruit est bien séparé du signal utile.

HD 109969 est une étoile A0 (fig. 3).

Les raies de Balmer sont très profondes; le nombre total de raies est encore très réduit. Le filtre de Wiener reste très efficace.

HD 95129 est une étoile de type M2 (fig. 4). Les accidents du spectre sont extrêmement nombreux, souvent très profonds et parfois très larges (bandes moléculaires). Les raies fines sont également très abondantes et leur largeur peut rejoindre le diamètre du grain de l'émulsion. Le signal utile s'étend donc largement vers les hautes fréquences et le filtre passe-bas est obligatoirement très large.

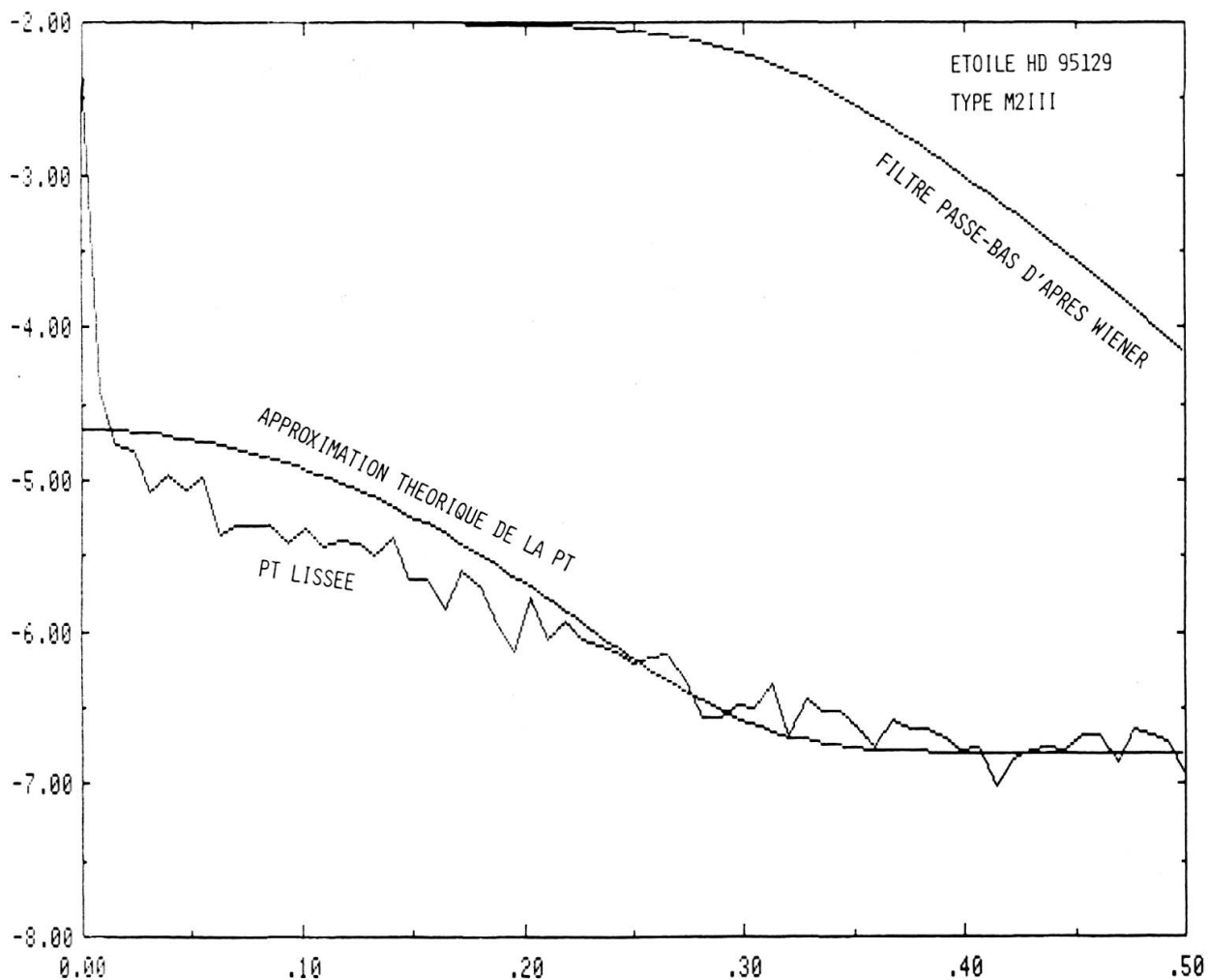


FIG. 4.

Comme la figure 2, mais pour une étoile de type très tardif.

En positionnant manuellement les trois points qui déterminent l'approximation théorique de la PT nous nous réservons la possibilité de doser le filtre de Wiener cas par cas. Cette méthode de dépouillement fait perdre un peu de temps mais garantit la conservation de tout le signal utile.

### PHÉNOMÈNES PARASITES (étoiles normales)

L'introduction d'oscillation parasites après filtrage et restauration de l'enregistrement avec la transformée inverse a été testée en détail. L'élimination des phénomènes parasites dépend d'un certain nombre de facteurs.

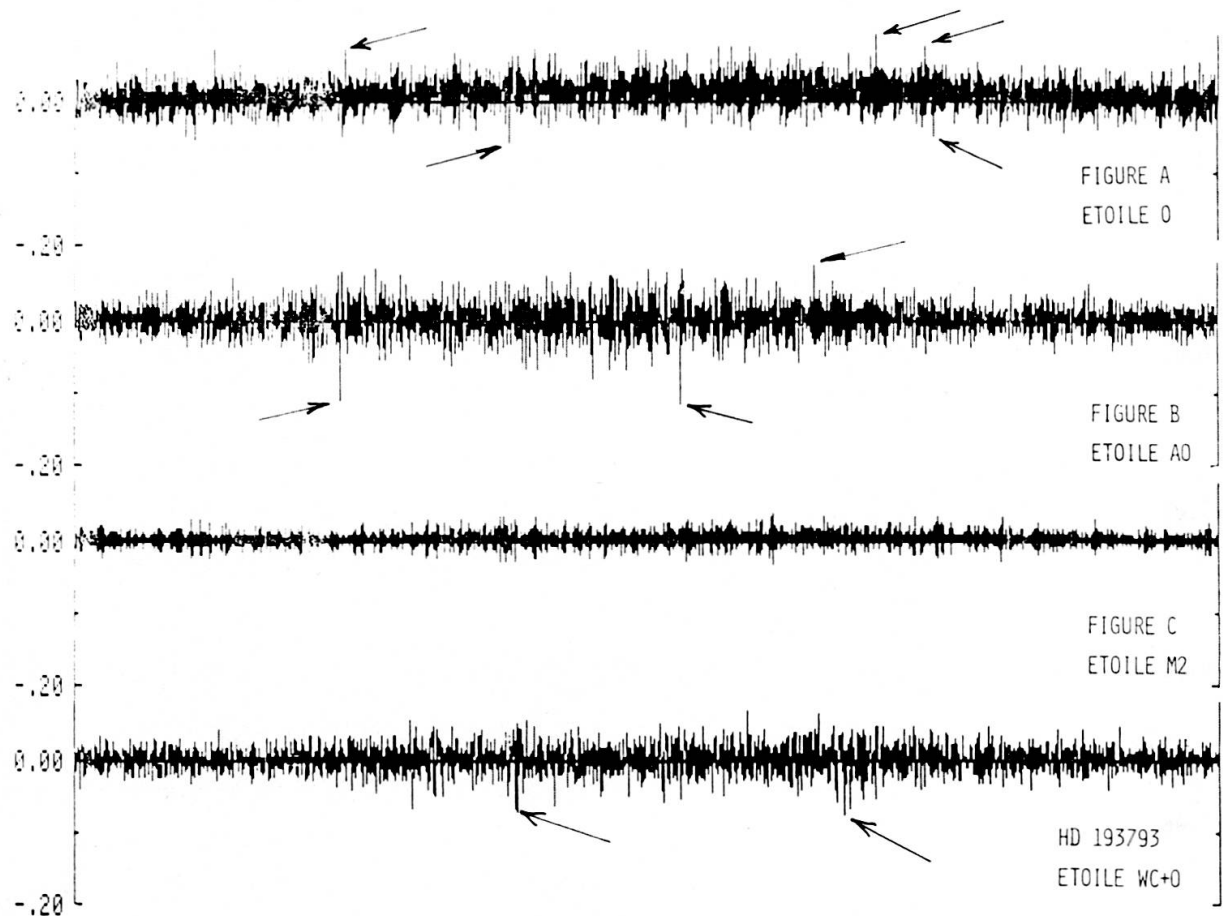


FIG. 5.

Tableau des différences:  
*Résidu* = Densité brute - Densité filtrée  
 pour chacun des 2024 points d'un enregistrement complet du spectre.

En A, B, C, résidus des étoiles des figures 2, 3, 4.  
 En bas, résidus de l'étoile particulière.

Les uns sont expérimentaux:

- largeur de la fente du microphotomètre
- pas de l'échantillonnage
- densités aux extrémités du spectre analysé.

Les autres sont d'ordre mathématique:

- nombre de points analysés
- apodisation
- continuité mathématique des fonctions.

Il s'agit donc d'examiner le comportement de spectres restaurés en les comparant au spectre brut.

Pour chacun des 2024 points de l'enregistrement, nous avons formé le tableau des différences:

$$\text{résidu filtré} = \text{Densité brute} - \text{Densité filtrée}$$

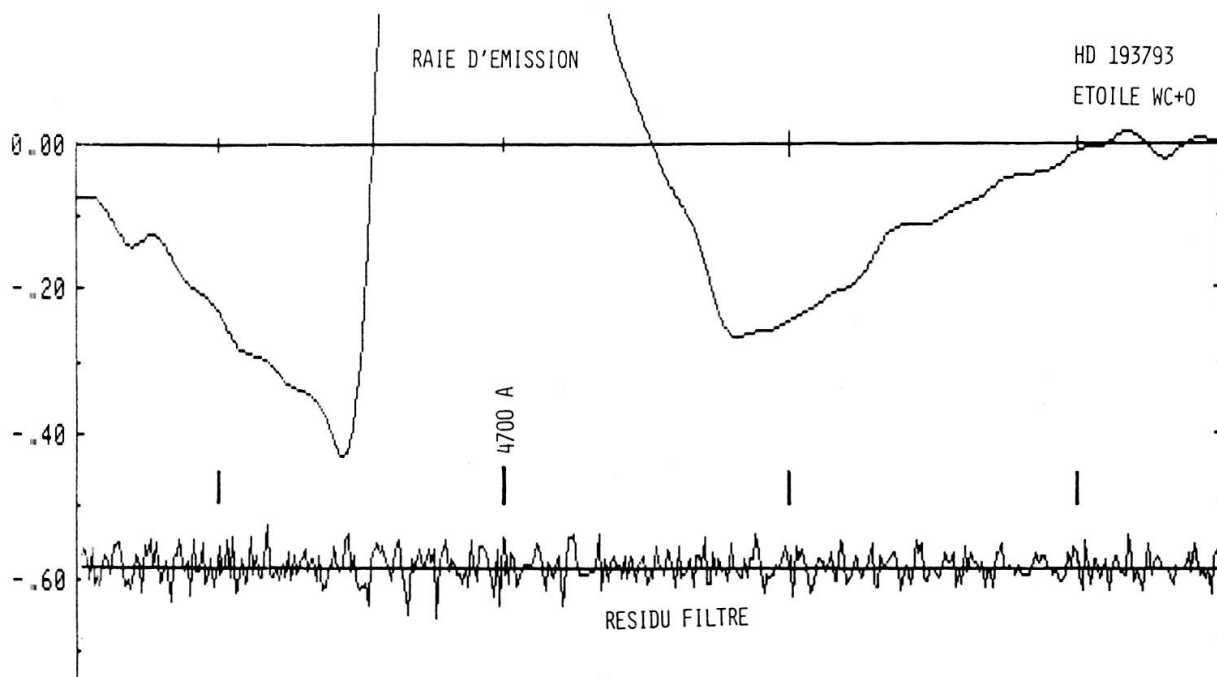


FIG. 6.

Portion d'enregistrement d'une étoile particulière (WR).  
La très forte raie d'émission est située vers 4700 Å et monte jusqu'à la cote 1.70.  
L'enregistrement s'étend sur environ 260 Å.

En bas, le résidu correspondant à cette région est à la même échelle.

La figure 5 illustre les résidus des 3 étoiles qui nous ont servi de test. A première vue, aucun fantôme des structures du spectre original n'apparaît sur ces 3 diagrammes (A, B, C). Nous avons vérifié que certains accidents désignés par des flèches ne correspondaient ni aux raies, ni aux bandes, ni à la discontinuité de Balmer. On remarque que l'amplitude du résidu dépend bien du type d'étoile: le filtre des 2 étoiles chaudes (A et B) est plus efficace que celui de l'étoile froide (C). En conclusion, aucune structure parasite ne se superpose au spectre filtré!

### PHÉNOMÈNES PARASITES (étoile extraordinaire)

Une étoile de Wolf-Rayet WC6 + O6 (HD 193793) a été choisie. La densité du continu ne dépasse pas 0.9 tandis que l'énorme raie d'émission atteint 2 avec des ailes profondes en absorption. Les raies les plus intenses de la série de Balmer ne dépassent pas 0.05. Le filtre est encore plus efficace que pour l'étoile O. Au voisinage de la raie d'émission, les gradients de densité sont très élevés. En revanche, les raies de l'étoile O sont très faibles, peu profondes et peu nombreuses.

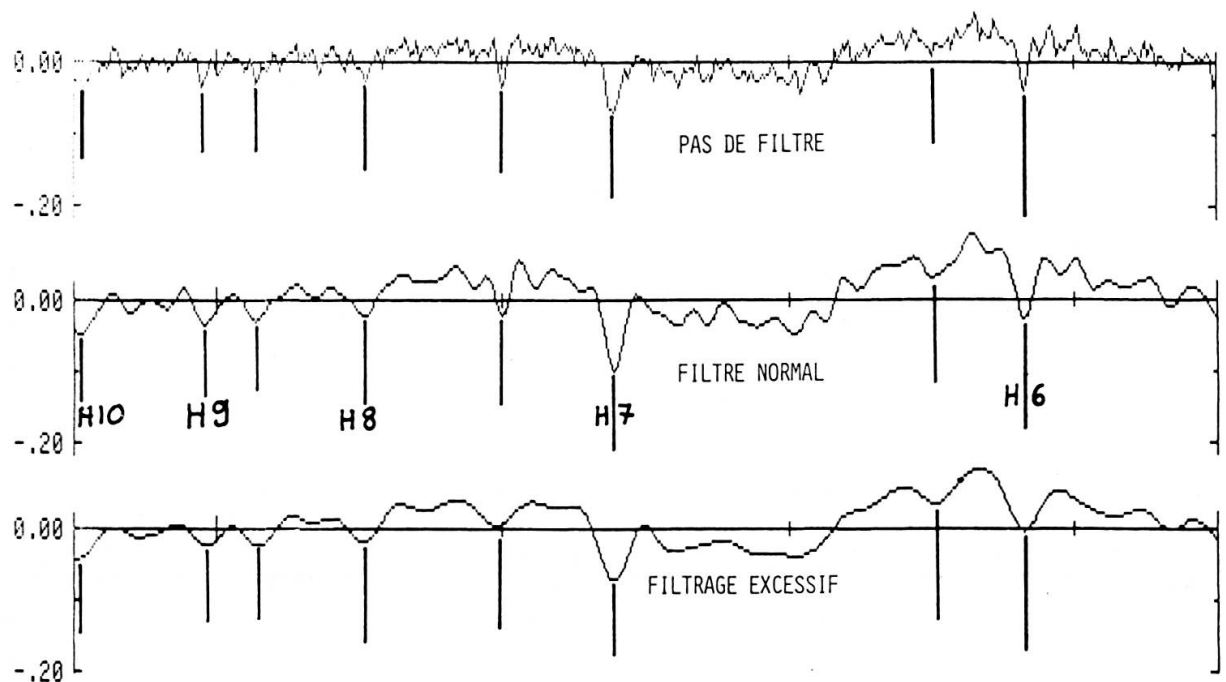


FIG. 7.

Portion du spectre de la figure 6 comprise entre H6 et H10. En haut, le spectre est brut. Au milieu, il est filtré «normalement». En bas, le filtrage est volontairement excessif. Les fonds plats sont dus à la résolution trop faible de l'imprimante.

Le bas de la figure 5 illustre le résidu et la figure 6 l'allure d'une portion du spectre au voisinage immédiat de la puissante raie d'émission. Au-dessous, le résidu ne montre aucune corrélation avec les accidents du spectre lui-même. La figure 7 examine une autre portion du spectre de la même étoile entre H6 et H10.

L'expérimentateur dispose d'une certaine latitude dans le choix du filtre. Il peut opter pour un filtrage doux, normal ou sévère. En haut (fig. 7) le spectre est brut, au milieu le filtre est «normal», en bas le filtrage est volontairement excessif. Les différences sont évidentes. Ces enregistrements sont destinés à l'établissement de types spectraux par une inspection visuelle. Le filtre normal semble le mieux adapté.

### CONCLUSION

D'autres essais de qualité ont encore été effectués, en particulier aux extrémités de l'enregistrement où des oscillations peuvent apparaître. Ils établissent la validité de la FFT à condition d'intégrer dans les calculs un certain nombre de sauvegardes qui assurent une restauration sans effets parasites. On constate, en particulier, qu'un filtrage volontairement excessif conduit à une déformation évidente des profils de raies faibles mais que leur présence n'est pas remise en cause.

Je tiens à remercier particulièrement Paul Bartholdi pour sa contribution à ce travail de dépouillement. C'est lui qui a réalisé un programme de traitement très souple qui permettait, à tout moment, de vérifier en temps réel toutes les données brutes avec un test de qualité, tous les paramètres du filtrage et toutes les données de l'image restaurée.

### BIBLIOGRAPHIE

- BRAULT, J. W. et O. R. WHITE. *Astron. Astrophys.* 13, 169.  
GOY, G. 1981. *Arch. Sc. Genève*, Vol. 34, fasc. 2, 251.  
— 1984. *Arch. Sc. Genève*, Vol. 37, fasc. 2, 221.  
LASALA, J. et M. J. KURTZ. Center of Astrophysics, preprint series n° 2158.

