



# Imagerie à Très Haute Résolution Par Segmentation Pupillaire

L'amélioration de la qualité d'image est, depuis 7 années, restée une priorité permanente pour les personnels techniques et scientifiques affectés au TCFH, car il s'agit là d'un facteur de progrès essentiel dont bénéficient immédiatement tous les programmes scientifiques.

Un effort soutenu a été développé afin de continuer à réduire les dégradations locales dans l'environnement de la coupole et du télescope, grâce à des actions d'ensemble impliquant tous les groupes techniques du TCFH. De nombreux facteurs doivent être améliorés et les points suivants ont fait l'objet d'une attention particulière: réduction et élimination des sources de chaleur dans la coupole, inspections systématiques grâce à une caméra infrarouge spécialisée, mesure des gradients et des fluctuations de température, changement de l'huile de supportage, pointage et suiviage du télescope, alignement et qualité optique des miroirs et correcteurs etc. La tâche technique est longue et difficile mais les résultats justifient les moyens engagés puisqu'à présent et en moyenne, la qualité d'image est voisine de 0,85" aux foyers primaire et cassegrain F/8. Nombreuses sont aussi les observations ayant des résolutions de 0,5" à 0,7".

Parallèlement à ces améliorations techniques, des expériences ponctuelles ont été faites pour atteindre les plus hautes résolutions spatiales possible. A la suite des mesures systématiques de traînées d'étoiles (bulletin no. 5), un prototype de caméra à haute résolution a été construit (bulletin no. 8). Cette caméra fondée sur un obturateur rapide dont l'ouverture était déclenchée par une qualité d'image déterminée a montré qu'il était possible d'atteindre des résolutions proches de 0.25 seconde d'arc. L. Thompson (UH) a construit une caméra, ISIS, ou un miroir mobile permettait de s'affranchir de l'agitation des images. Des gains de 15 à 20% ont été enregistrés sur des poses longues.

Une autre approche a été développée avec l'aide de la caméra à comptage de photons de l'ESA lors d'une mission en octobre 1984 où participaient J.L. Nieto, G. Lelièvre, F.D.

Maccheto, M.A.C. Perryman, S. di Serego Alighieri et C. Vanderriest: pendant les moments de meilleures images le mode d'enregistrement rapide, soit une image toutes les 30 ms, a été utilisé en vue de traitement ultérieur. Grâce à des algorithmes de sélection et de recentrage, développés par J.L. Nieto et A. Llebarria des résolutions spatiales meilleures que 0,4" ont pu être obtenues.

Toutes ces expériences et observations étaient effectuées en utilisant la pleine dimension du miroir de 3,6m du TCFH, c'est à dire dans des conditions où le rapport  $D/r_0$  entre le diamètre du télescope et le paramètre de Fried était de l'ordre de 10 à 20.

Ce paramètre caractérise la diffraction par les zones turbulentes dans l'atmosphère. Hecquet et Coupinot ont montré théoriquement que le meilleur gain en résolution spatiale

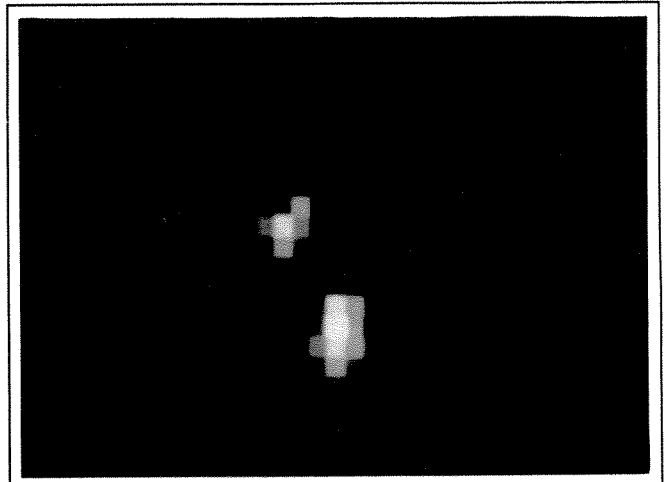


Figure 1: Image de l'étoile double Virgo 48 (séparation 0,7"), intégrée sur 2 secondes, produite par le dispositif de segmentation pupillaire. Un élément image de la caméra à comptage de photons représente 0,12" sur le ciel.

pouvait être obtenu pour des rapports  $D/r_0$  de l'ordre de 3,5.

En s'appuyant sur ces conclusions et ces travaux de recentrage et de sélection une expérience originale de faisabilité a été implantée rapidement au foyer coudé du TCFH. A un mètre environ du plan focal du train coudé il y a une image du grand miroir. A cet endroit un dispositif optique a été placé afin de ramener l'ouverture du faisceau de  $F/20$  à  $F/12$ . La face de sortie du dispositif était constituée de 8 prismes et d'une lame à face parallèle afin de produire 9 images du champ observé. Le champ de chacune de ces 9 images était limité à  $10''$  par un diaphragme placé dans le plan du foyer intermédiaire du train coudé, ce qui permettait d'éviter la superposition des 9 champs. Le télescope CFH fonctionnait alors comme 9 télescopes de 1,1m de diamètre environ, en montage parallèle, chacune des sous-pupilles de 1,1m étant alors très proche de la valeur canonique  $D/r_0 = 3,5$  lorsque les qualités d'image sont excellentes. Les neufs images étaient projetées simultanément sur la caméra à comptage de photons prêtée par l'observatoire de Marseille, un pixel de la caméra représentant  $0,12''$  sur le ciel.

Des essais préliminaires en décembre 86 ont montré que

les 9 champs se comportaient de façon indépendante et que les critères de sélection et de recentrage devaient être appliqués de façon séparée sur chacune des sous-pupilles, le décentrement instantané entre 2 images sous-pupillaires pouvant être compris entre  $0,2''$  et  $0,4''$ . Au cours d'une excellente nuit en mars 87 plusieurs séries d'images d'étoiles doubles ont été obtenues donnant des résolutions instantanées comprises entre  $0,2''$  et  $0,3''$  pour chacune des images sous-pupillaires. La qualité d'image instantanée mesurée pour une pupille entière de 3,6m était alors voisine de  $0,5''$ . Le gain en résolution angulaire prédit par Hecquet et Coupinot était pratiquement atteint. Cette expérience préliminaire est encore en cours de dépouillement (sélection, recentrage et addition des 9 images). Elle a été mise en place grâce aux efforts de G. Lelièvre, D. Salmon, J. Boulesteix, E. Le Coarer, J. Arnaud, D. Sabin, J. Fellenstein (TCFH) en collaboration pour les dépouillements avec J.L. Nieto, E. Thouvenot (OPMT) et A. Llebarria (LAS). Elle ouvre des possibilités nouvelles pour l'imagerie et la spectroscopie à haute résolution spatiale en conservant la pleine puissance du télescope de 3.6m CFH.

G. Lelièvre

## LATEST NEWS ON INSTRUMENTATION

### Observations Tri-Dimensionnelles par Interférométrie Pérot-Fabry au TCFH

L'ensemble PALILA ("Photon Acquisition at Low Intensity Level for Astronomy"), constitué du Réducteur Focal Cassegrain  $f/8-f/2$ , d'interféromètres de Pérot-Fabry à balayage, d'une caméra à comptage de photons et du logiciel de dépouillement est désormais opérationnel au TCFH.

Cette technique d'interférométrie à balayage permet l'obtention de petits spectres ( $<100$  Angstroms) en tout point du champ observé. Dans le cas présent, on a 65000 spectres de résolution 5000-20000, correspondant chacun à un élément spatial résolu (ici  $1''$ ). L'application essentielle en est l'observation d'une raie (émission ou absorption) d'un **objet étendu et faible**. L'interféromètre offre une sélectivité spectrale particulièrement efficace et le récepteur à comptage de photons, capable de détecter des signaux de quelques photons en quelques heures, permet la mesure de raies extrêmement faibles.

Cet instrument TCFH est semblable au système CIGALE de l'observatoire de Marseille, décrit en grande partie dans l'article de Boulesteix, Georgelin, Marcelin et Monnet (SPIE 445, Instrumentation in Astronomy V, Londres, septembre 1983). PALILA est piloté par CAMAC et utilise le dispositif à comptage de photons  $256 \times 256$  du TCFH. L'observateur peut fixer le nombre de canaux de balayage, la fréquence de balayage (généralement 3 à 5 minutes pour un balayage, de façon à conserver une bonne qualité photométrique) et la

fréquence des étalonnages (généralement toutes les 3 heures). Les données photon par photon (adresse des événements avec une résolution temporelle de  $1/50$  seconde) sont stockées sur bande magnétique. L'enregistrement est donc constitué d'une suite de coordonnées correspondant à une image (canal) qui change toutes les 5 à 10 secondes. Aussi le temps de calcul nécessaire au prétraitement des données, permettant l'obtention des cubes (x, y, lambda) n'est-il pas négligeable.

Les essais sur le ciel effectués en mars 87 ont montré que la précision des mesures et la sensibilité de l'instrument étaient bonnes, approchant celles de l'expérience CIGALE. La galaxie NGC 3198 a été observée en 2h30m de pose et sur 20 canaux spectraux. L'illustration de cet article montre l'image monochromatique de la galaxie telle que l'astronome la voit se former en temps réel au cours de l'observation.

#### Caractéristiques Spatiales

Taille du pixel	réglable entre 30 et 60 microns
Taille recommandée du pixel	42 microns
Résolution spatiale à $f/2$	1 pixel = $1''$
Nombre de spectres	$256 \times 256$
Champ possible	carré $5' \times 5'$ (limité par le récepteur)

Il existe 3 interféromètres au TCFH:

#### Caractéristiques Spectrales

PF	Transmission	Ordre à $H\alpha$	Finesse	Résolution	Interfrange ( $\text{\AA}$ )	à $H\alpha$ (km/s)
CFHT1	$H\alpha-H\beta$	1162	$>20$	$>20000$	5.5	260
CFHT2	bleu-vert	233	$>40$	$>10000$	28	1300
CFHT3	$H\alpha$	72	$>40$	$>3000$	91	4150