

Eclipse Totale de Soleil du 11 Juillet 1991

Cette éclipse, très largement acclamée et commentée par toute la Presse et la Télévision, a pu être observée dans d'excellentes conditions par les équipes françaises et américaines opérant au Mauna Kea, et en particulier au TCFH. Ainsi l'effort important consenti à cette occasion a conduit à une première: l'observation de la couronne solaire à l'aide du plus grand télescope optique jamais pointé sur le Soleil, ce qui a permis une résolution spatio-temporelle encore jamais atteinte pour ce genre d'étude.

Bien que le ciel n'ait pas été d'une transparence digne du site, car un nuage de poussière en provenance du volcan philippin Pina Tubo couvrait l'Archipel des Iles Hawaii depuis plusieurs jours, les images obtenues sont de qualité unique; la moyenne sur 4 minutes de totalité de la résolution angulaire mesurée par la largeur totale à mi-hauteur de la fonction d'étalement sur le bord de la Lune (profils des mers/vallées, monts, etc...) observé simultanément sur chaque cliché de la couronne indique des images meilleures que 0.9 arcsec.

Le télescope de 3.6 m a parfaitement fonctionné. Il était équipé d'une toile de 4 mètres de côté qui faisait fonction d'obturateur (durée de l'ouverture: moins de 2.5 sec). Le pointage en aveugle durant l'éclipse s'est passé de manière presque nominale (malgré un ciel plus brillant que prévu) et notre étoile de référence s'est bien trouvée au bon endroit sur l'une de nos caméras vidéo-CCD (30" de champ) située pourtant très près du bord de la bonnette et de son correcteur grand champ.

Quelques Résultats Préliminaires

L'une des caméras vidéo-CCD était équipée d'un filtre dit "coronal" qui excluait toute émission dans des raies de faible potentiel d'ionisation ou d'éléments neutres (637 nm et 8 nm de bande passante). A notre grande surprise, cette caméra (pixels de 0.12"), qui couvrait jusqu'à la couronne très interne (environ 3 arcmin du Soleil), a révélé des structures très fines, notamment un plasmioïde de quelque 1500 km de dimension linéaire évoluant très rapidement avant de se confondre avec les autres structures sous-jacentes de la couronne. C'est apparemment la première fois qu'un télescope saisit un événement aussi fin, permettant d'expliquer, à condition d'admettre que c'est courant, la formation de la couronne du Soleil. Le phénomène d'ionisation se déroule littéralement sous nos yeux et il faudra tirer le maximum de l'analyse de cette séquence de plus de 6000 images vidéo ... qui permettra peut-être enfin d'appréhender la cause du chauffage de la couronne. Il est bon de mentionner que les images de structures coronales obtenues sur cette caméra sont les meilleures jamais réalisées en résolution spatiale, quelque soit le domaine de longueur d'onde considéré, des rayons X aux ondes radio.

L'expérience principale était bâtie autour de l'énorme (80 kg) caméra du NSO-SP dite rapide opérant sur film 2415 de 70 mm de largeur vers 650 nm de longueur d'onde. Après nos essais, une vitesse de 2 images/sec a été adoptée. Bien nous en pris car après développement du film on a pu constater qu'il s'agissait bien de la vitesse limite au delà de laquelle les clichés auraient été irrémédiablement pollués par les décharges électriques d'origine électro-statique générées par le déroulement du film et surtout, les prises de vue de 20 msec. Le développement du film a été particulièrement soigné, de manière à optimiser le rapport signal sur bruit sur tout le champ d'environ 12 arcmin;

ainsi, la résolution effective sur les structures les plus fines de la couronne est-elle entièrement dépendante du film. Le champ couvre sur chaque cliché une petite portion du bord lunaire, permettant de vérifier que la résolution des images données par le télescope était toujours meilleure que la seconde d'arc. Une évaluation de la qualité des clichés a pu être faite sur une petite portion (12.5 x 12.5 mm²) de 2 clichés pris vers la fin de la séquence, après balayage photométrique sur des matrices de 1024 x 1024 pixels (voir la figure 2). Après traitement numérique des images (à l'aide de I.D.L.), nous avons été très surpris à aussi de découvrir un nombre élevé de structures en boucles dans cette partie de la couronne pourtant peu "active." Les boucles semblent tellement enchevêtrées les unes sur les autres qu'elles font penser à des enveloppes successives comme pour un oignon, ce qui n'est probablement qu'une impression. Par ailleurs, plusieurs jets courbes de faible section traversent le champ, sans doute entre les boucles et certains endroits apparaissent tellement sombres qu'ils doivent correspondre à une absence presque totale de gaz. Une séquence très homogène a donc été obtenue; elle devrait servir de base à la recherche de phénomènes coronaux à petite échelle que pourraient révéler l'analyse des mouvements propres à l'aide du calcul des corrélations locales avec des fenêtres glissantes. Ces algorithmes sont très gourmands en temps de calcul, aussi une première évaluation des résultats sera tentée en montant un film en accéléré concentré sur les meilleurs champs de la séquence en 70 mm. Ce film est actuellement en train d'être confectionné par Lou Gilliam, au NSO-S.P.

Autres Expériences

Les expériences auxiliaires montées dans la coupole du TCFH ont également bien fonctionné. Tout d'abord, des clichés très

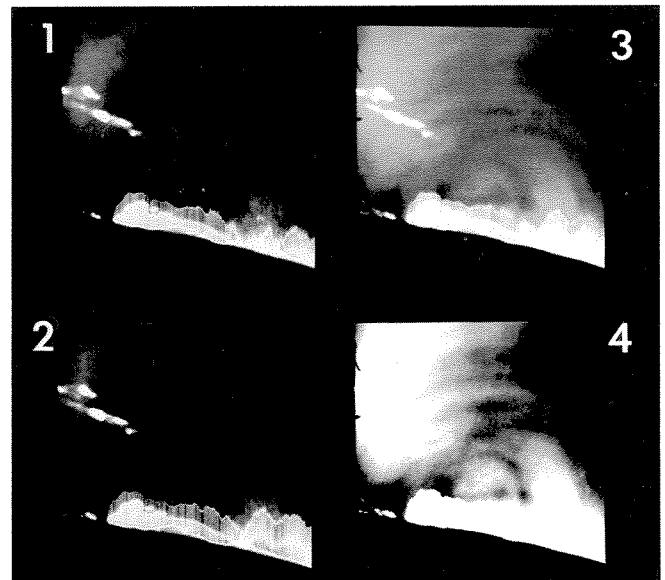


Figure 2: Montage destiné à montrer la résolution des clichés obtenus au foyer du TCFH, d'une part, et les structures en boucles très serrées observées dans la couronne solaire à l'aide de la caméra 70 mm du NSO/SP. Film 2415 et filtre W29 (630 nm), temps de pose 20 msec; champ montré: environ 170 x 170 arcsec². (1) et (2) sont 2 portions de clichés observés à 2 sec de temps d'intervalle; le limbe de la Lune ne s'est déplacé que de 1.0 arcsec entre les 2 clichés, pourtant de nouvelles structures apparaissent très clairement dans la partie inférieure. (3) et (4) à droite montrent le même champ, après addition des 2 clichés et traitement pour montrer au mieux les détails de la matière froide et de la couronne chaude.

spectaculaires à grand champs obtenus avec filtre neutre radial et une focale de 3 mètres révèlent une couronne d'activité maximum quelque peu anormale, avec de grands jets coronaux s'étendant au-dessus des calottes polaires. Des clichés similaires ont été obtenus, dans de moins bonnes conditions cependant, en Basse Californie et au Brésil, dans le cadre d'un accord international de collaboration. Leur comparaison permettra l'étude de la rotation des structures et leurs variations. Sur nos clichés 18 x 24 cm² environ 10 à 12 étoiles sont identifiables; elles serviront de référence photométrique. La résolution mesurée sur ces étoiles (LTMH ou FWHM) est typiquement de 3.5" sur le champ de 5 rayons solaires.

L'expérience d'imagerie IR (bandes J et K) et polarisation est aussi réussie. C'est la première fois que des images IR (à 1.2, 1.6 et 2.2 microns) de la couronne solaire sont réalisées à l'aide d'une

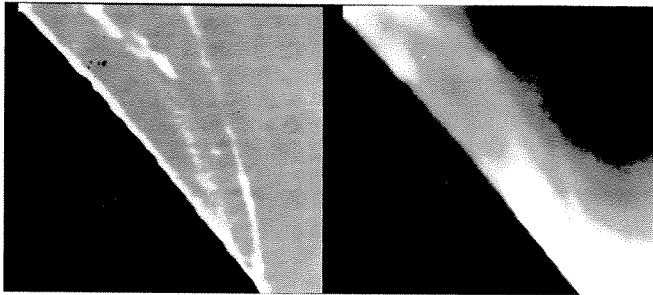


Figure 3: Quelques échantillons d'images obtenues au foyer du TCFH durant l'éclipse totale de Soleil du 11 juillet 1991: Instantané saisi durant la rotation de la bonnette au moment du passage du champ de la caméra vidéo-CCD près du bord Est; image 60"x60" obtenue après supersposition et corrélation d'environ 10 trames vidéo digitalisées.

caméra HgTeCd de 128 x 128 pixels. Une autre expérience vidéo d'analyse très précise de la polarisation a été également tentée (42 séquences de 150 trames avec polariseur linéaire dans autant de différentes positions et filtre neutre radial); la visu de cette bande indiquerait des polarisations anormales dans une région active de la couronne interne, ce qui serait plutôt inattendu. Signalons, enfin, qu'un tir fusée à partir de la base des White-Sands (N.M.) a été effectué, permettant l'observation de la couronne X (vers 6.4 nm) sur le disque, au même moment que les observations Hawaïenne et aussi qu'un film, réalisé par la chaîne américaine NOVA, sortira en mars 92 pour relater tous ces épisodes de l'éclipse 91 observée à Hawaïi.

Crédits et Remerciements

Ces observations au Mauna Kea (Hawaïi) ont bénéficié d'un effort français avant tout, avec participation de plusieurs partenaires internationaux, notamment américains. L'Institut d'Astrophysique de Paris (CNRS) a assuré la responsabilité de l'expérience principale sur le TCFH et la lunette de 3 mètres de focale, avec le soutien et la collaboration très efficace de la Société du TCFH et de ses équipes qui se sont engagés dans cette opération jusqu'à son heureux aboutissement. Des scientifiques du NRC (Canada) et, en France, de l'IAS (CNRS), de Meudon, de Toulouse et de OPM, et aux USA, de l'U.H., du CfA, de HAO et surtout du N.S.O./S.P. y ont participé. L'expérience IR était conduite sous la responsabilité du LAS de Marseille et de l'Université de l'Etat du Michigan. Les équipes françaises ont bénéficié du soutien de l'INSU (CNRS) et de l'aide apportée par le GRECO "Magnétisme des étoiles de type solaire." L'expérience à grand champ a bénéficié du soutien de la "National Geographic Society" et celle du TCFH de la NSF.

S. Koutchmy

LATEST NEWS ON INSTRUMENTATION

Optique Adaptative: Spécifications

Le projet de développement d'un système d'optique adaptative, financé à hauteur de 760 K\$, s'inscrit dans le Nouveau Plan d'Imagerie du TCFH. Un groupe de travail (J. Bouvier, J.-G. Cuby, G. Monnet, R. Racine, F. Roddier, D. Rouan, D. Salmon) a été constitué à l'automne 90 afin de définir les buts scientifiques poursuivis et les spécifications du système. Lors de sa première réunion en Avril 1991, le groupe a identifié les buts suivants:

- le système délivrera des images ayant un angle de Strehl moyen de 0.2 secondes d'arc ou mieux, entre 0.5 et 2.5 microns avec une couverture du ciel supérieure à 60%. Par comparaison, l'angle de Strehl moyen des images obtenues au télescope en 1991 est de 1.1" avec FOCAM (0.8" FWHM) et de 0.8" avec HR Cam (0.6" FWHM). Le système d'optique adaptative permettra donc d'améliorer la résolution spatiale du télescope par un facteur 4 au moins. Afin que le plus grand nombre de programmes scientifiques bénéficient de cette amélioration, le système est conçu comme une bonnette pouvant recevoir divers type d'instruments, caméras visibles et proche infrarouges, spectrographes;

- sur une plus grande fraction du ciel, 85% au moins, le système offrira des corrections de tip-tilt entre 0.4 et 2.5 μ m. Dans ce mode, les aberrations statiques du télescope auront été préalablement corrigées en agissant sur le miroir déformable, à la façon de l'optique active.

Lors de sa seconde réunion, en Octobre 1991, le groupe de travail a identifié les choix techniques offrant les meilleures chances d'atteindre ces objectifs. Dans le système proposé, la surface d'onde est échantillonnée en 19 zones sur une image de la pupille du télescope. L'échantillonnage est effectué par un assemblage de 19 mini-lentilles, chacune focalisant l'image d'une zone pupillaire sur une photodiode à avalanche. Les signaux issus des 19 photodiodes à avalanche sont alors traités pour déduire la courbure locale de la surface d'onde puis transmis à un système de contrôle modal qui commande un miroir déformable comprenant 52 actionneurs piezo-électriques et un miroir de basculement (corrections de tip-tilt). Dans cette configuration, le système est susceptible de corriger les aberrations de la surface d'onde correspondant aux 15 premiers polynômes de Zernike, délivrant ainsi des images ayant un angle de Strehl de 0.2" pour des conditions moyennes (50% du temps) de turbulence sur le site. Des images encore plus fines pourront être obtenues sous les excellentes conditions de turbulence dont le site bénéficie 10 à 20% du temps.

Le miroir déformable est intentionnellement surdimensionné