

Compte-rendu de la réunion du 3/11/2014 organisée à Toulouse (IRAP) par Arturo Lopez Ariste et Ludwig Klein .

Objectifs de la réunion :

- Informer et débattre avec la communauté scientifique française de Themis des projets instrumentaux et des modifications du design optique prévus pour l'implantation d'une optique adaptative à Themis.
- Recueillir les premières réactions de la communauté concernant les programmes scientifiques qui bénéficieront de ces améliorations.

Présents : Véronique Bommier (en visio-conférence depuis Meudon), Marianne Faurobert, Arturo Lopez Ariste, Richard Muller, Thierry Roudier.

Malgré le faible nombre de participants, des représentants des principaux laboratoires utilisateurs de Themis en France sont présents, hormis ceux concernés par la planétologie (observations de l'exosphère de Mercure).

MF rappelle que cette réunion a été organisée suite aux recommandations du comité de revue de l'INSU sur le projet d'implantation d'une optique adaptative à Themis.

Point 1 :

Arturo présente brièvement les études techniques menées par Claude Le Men et l'équipe Themis pour l'implantation d'une OA qui préserve la qualité de l'analyse polarimétrique. Les rapports techniques complets présentés au comité de revue de l'INSU le 15/09/14 seront bientôt à la disposition de la communauté.

MF qui était membre de ce comité de revue comme représentante du CS du PNST, souligne que la qualité des études a été très appréciée par le comité qui a rendu un rapport positif à l'INSU.

Le système proposé vise à assurer une résolution spatiale de 0.5 secondes d'arc environ 40% du temps. Ceci semble raisonnable au vu de la qualité de site de Tenerife (l'OA proposée fonctionnera dès que le r_0 sera supérieur à 4,7 cm).

Un des points fondamentaux pour le fonctionnement de l'OA est qu'on doit travailler avec un seul faisceau et non pas avec deux faisceaux comme c'est le cas actuellement à Themis en mode polarimétrique. De plus, la limitation actuelle du champ par un système de grille est également incompatible avec le fonctionnement d'une OA.

En conséquence, le projet inclut une révision profonde du design optique de Themis.

Pour assurer la qualité polarimétrique, l'analyse en deux polarisations orthogonales se fera toujours au foyer primaire, mais les deux faisceaux seront ensuite superposés pour passer dans le système d'analyse et de correction du front d'onde, puis dans toute la chaîne optique jusqu'aux caméras. La séparation des deux polarisations orthogonales se fera en bout de chaîne devant les caméras, ce qui assurera une parfaite co-spatialité des faisceaux sans nécessiter l'utilisation d'une grille.

Pour assurer la qualité de l'analyse polarimétrique dans ce système, le design optique sera calculé pour que la matrice de Mueller de l'optique de transfert soit la plus proche possible de la matrice identité. Ceci est possible en particulier grâce à l'utilisation de systèmes de deux miroirs à 22,5° en remplacement des miroirs à 45° et par une modification du dérotateur de champ proposée par Claude Le Men. La question a été posée de la précision attendue sur cette matrice identité. Il a été répondu que cette précision a été évaluée à 2.e-3 dans le rapport technique, c'est-à-dire que les éléments non-diagonaux peuvent valoir jusqu'à 2.e-3 au lieu de zéro.

Actuellement, avec le système à deux faisceaux, l'intensité relative des deux faisceaux varie dans la chaîne optique. Ceci ne peut être corrigé qu'en utilisant l'échange de voies selon la formule de Donati et al (1990, A&A 232, L1). **Le nouveau système à un seul faisceau permettra donc une meilleure précision polarimétrique, notamment si la possibilité de l'échange de voies est préservée, ce qui devrait aussi permettre de corriger le défaut d'identité de la nouvelle matrice de Mueller de l'optique de transfert signalé plus haut.** Une autre conséquence importante du nouveau design est que **le rendement de l'ensemble en terme de photons collectés au niveau des caméras sera multiplié par un facteur deux.**

Le budget estimé pour l'ensemble du projet (712 000 euros) est compatible avec le budget attribué à Themis par Solarnet. en ajoutant des fonds propres à Themis. En revanche la charge de travail en ETP ne pourra pas être assurée par la seule équipe technique sur place. La direction de Themis et l'INSU devront faire appel à une aide extérieure. Plusieurs pistes sont envisagées (DT de l'INSU, ateliers de mécanique de Bordeaux et Lyon, IAC ? ...).

Calendrier : Le contrat Solarnet prévoit que le prototype d'OA soit livrable en avril 2017.

Il est prévu que les travaux commencent dès le début 2015, et il n'y aurait donc pas de campagnes d'observations entre 2015 et 2017.

Point 2 :

Les participants font une première analyse des programmes scientifiques qui bénéficieront du nouveau design optique+OA.

VB rappelle que les applications concernant la météorologie de l'espace, la surveillance solaire, l'extrapolation du champ magnétique vers la couronne, nécessitent de faire des cartes de champ magnétique vectorielles sur des grands champs, de manière systématique. Ce type de travaux est plus adapté à des observations spatiales systématiques comme celles faites par SDO par exemple et plus tard par Solar Orbiter ou Solar C.

Les champs de recherches pour les télescopes au sol équipés d'OA sont plutôt orientés vers la physique des processus où les petites échelles spatiales jouent un rôle important :

Sont cités :

Soleil calme :

- la structuration à petites échelles des champs magnétiques dans le soleil calme qui est encore très mal connue (a t'on des tubes de flux très fins avec des champs du kG, des boucles dipolaires à diverse échelles, un champ turbulent ? diamètre du tube de flux ? distance entre les tubes de flux ? relation entre les tubes de flux et la granulation ?...)
- l'émergence des champs magnétiques à petite échelle dans le soleil calme, et leur évolution dans la photosphère : reconnections, advection par les champs de vitesse granulaires, mésogranulaires et super granulaires, diffusion?

Si la résolution spatiale est suffisante on peut envisager d'utiliser à la fois des mesures de l'effet Zeeman sur certaines raies spectrales et de l'effet Hanle sur d'autres. L'étude du second spectre solaire pourra être reprise, avec, cette fois, de la résolution spatiale.

L'enjeu de ces questions sur les champs magnétiques dans le Soleil calme est de déterminer quelle est la quantité d'énergie magnétique contenue à petites échelles dans le soleil calme, comment elle est dissipée ou transportée, comment elle évolue au cours du cycle d'activité, comment elle est générée?

Ces questions ont un intérêt évident en physique solaire, mais également plus généralement en physique des plasmas turbulents.

Structure des taches solaires :

- Problème de la divergence du champ magnétique, notamment dans les taches. Actuellement les tentatives de mesure de cette divergence sont incompatibles avec une divergence nulle, pas seulement pour les mesures effectuées avec THEMIS (problème soulevé par VB). Il serait nécessaire de refaire les mesures avec la meilleure résolution spatiale possible.
- Mesure du champ magnétique dans les 'umbral dots' et dans les espaces entre eux pour comprendre leur origine (convective ou non)
- Détections de la propagation d'ondes dans les taches
- Emergence de flux dans les régions actives, reconnections, etc ...

-Connections photosphère-chromosphère :

Les phénomènes de transport/dissipation d'énergie entre la haute photosphère et la basse chromosphère peuvent être étudiés avec Themis en utilisant des observations simultanées dans des raies spectrales formées à diverses altitudes: du bleu (raies H et K du CaII, raie du CaI à 422.7 nm,) au proche IR (triplet du CaII à 854 nm ou He I 1083 nm) observées sur le disque solaire.

Avec Themis on peut aussi envisager d'observer cette région de transition directement au limbe solaire et au-dessus du limbe. Ce type d'observations est possible grâce à la qualité du poli du miroir primaire qui permet un taux de lumière diffusée assez faible.

Ce type de programmes bénéficiera de la nouvelle configuration instrumentale essentiellement par l'amélioration de l'analyse polarimétrique et du rendement en

terme de photons. A noter que l'OA ne fonctionnera pas pour les observations au limbe (sauf si une tache ou un pore se trouve proche du limbe observé) mais le tip-tilt permet de stabiliser l'image dans la direction perpendiculaire au limbe.

Cette qualité de Themis est également cruciale pour l'étude des champs magnétiques dans les protubérances solaires régulièrement observées en dehors du limbe solaire à Themis.

- *Champs magnétiques des protubérances solaires*

La déstabilisation des protubérances solaires est souvent à l'origine des éjections de masse coronales. Themis est un des rares télescopes solaires au sol capable de mesurer avec précision les 4 paramètres de Stokes de raies spectrales formées dans les protubérances (HeI D3, HeI 1083 nm ...) afin de déterminer la structure du champ magnétique à petite échelle dans ces objets. Des structures fines verticales de la matière sont bien visibles dans les observations $H\alpha$, comment s'associent-elles à un champ magnétique que l'on a plutôt trouvé horizontal pour l'instant ? Il faut donc résoudre encore mieux la mesure du champ magnétique. Des observations coordonnées sol/espace sont réalisées. Ces programmes bénéficieront de l'amélioration de la qualité d'analyse polarimétrique et du rendement de l'instrument pour un meilleur rapport signal/bruit.

Finalement les participants concluent en soulignant l'importance de continuer à développer des télescopes au sol car les manipes embarquées sur satellites sont par essence des manipes standardisées qui utilisent des techniques déjà bien testées. Les possibilités d'innovations technologiques, d'une part, et de méthodes d'investigations (choix des raies, etc ...) d'autre part, reposent sur le développement d'instruments et d'observations au sol.