

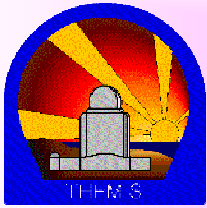


# Statut de THEMIS et Perspectives 2005 - 2015



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE





## OBSERVATORIO DEL TEIDE



### GENERAL DESCRIPTION

THEMIS is a joint operation from France (CNRS/INSU) and Italy (INAF) national research agencies. It is located at Izaña, 2400 m, within the Teide Observatory from the Instituto de Astrofísica de Canarias, on the island of Tenerife. THEMIS stands for "Télescope Héliographique pour l'Etude du Magnétisme et des Instabilités Solaires". It is a 90 cm useful aperture solar telescope, and currently the third largest in the world. Its specific design allows for high-accuracy spectropolarimetry of the solar surface together with monochromatic high resolution imaging.



### HISTORY

After two decades of giant progress and findings in the internal structure of the Sun, the measurement and understanding of the solar magnetic fields has become the true burning issue at the dawn of the 21st century. There is now a rapidly growing interest for scientific topics like the generation and transport of the magnetic field from the base of the solar convective zone to the corona. Flux tubes existence and behavior, coronal heating, interplanetary magnetic field structure, space meteorology and solar-terrestrial relationships possibly connected to the solar activity cycles are major emerging issues of this 21st century.

From the development of the first instruments in France during the 50's, the solar group from Paris Observatory became an international leader for solar magnetic observations during the 70's. Within this group emerged in 1982 the project of a large solar telescope dedicated to the observation of the solar magnetism. The construction started in 1993 and the first light happened in 1996. The telescope is opened to the international community since 1999.

The Observatorio del Teide, on the island of Tenerife belongs to the INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

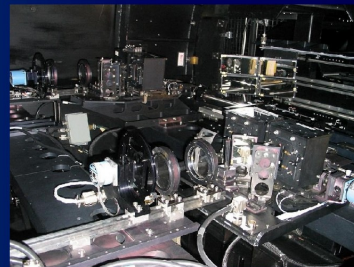
# THEMIS



### TECHNICAL DATA

The f/16 Ritchey-Chretien telescope includes an alt-az mounting, a helium filled telescope tube, a Stokes polarimeter located at the prime focus. The multi-mode spectrograph, delivers routine vector polarimetry analysis with an accuracy ranging from  $10^2$  to  $10^3$  in some configurations. The spectrograph design allows the observation of up to 10 wavelengths simultaneously from 400 to 1100 nm, giving an opportunity to perform 3d inversion of the magnetic fields structure in the solar atmosphere. Themis currently offers 3 complementary observing modes:

- MTR mode for multiline spectropolarimetry
- MSDP mode allowing for multichannel subtractive double-pass spectro-imaging with polarimetry
- IPM mode for a very narrow-band imaging with a universal birefringent filter followed by a Fabry-Perot interferometer.



### FUTURE SCIENCE

Foreseeable science stemming from THEMIS rely on progress in either the instrument or the data analysis or both. In terms of the instrument, evolution is driven towards increasing present accuracy and sensitivity without any major refurbishing of the instrumental design. Addressing image stability through a soon-to-be commissioned tip-tilt system and in-project adaptive optics will allow observers to routinely scan the solar surface with 0.5 arcsec resolution. This, which may seem an average number when compared to high-resolution imaging telescopes, is a major step forward when combined with the multiline spectropolarimetric capabilities of THEMIS. All study areas of THEMIS should benefit from this improvement, from active region to quiet sun and filaments. The improvement in image resolution should be necessarily accompanied of an improvement in polarimetric accuracy, mostly through control of seeing with high-pass modulating polarimeters (above 10Hz for a beginning). THEMIS is also widening its spectral covering with experiments that show the capabilities of the instrument to perform up to 13000 Angstroms in the near IR. Coming work should explore the region up to 2 microns opening the telescope to a full new set of solar spectral lines rich with information and waiting to be observed simultaneously with visible lines, a possibility only open at THEMIS. In the other direction, THEMIS is also improving its photon budgets in the blue up to 4000 nm and exploring capabilities down to 3900 Angstroms where the well-known Ca H and K lines are found.



The sophistication of THEMIS data (4-dimensional data cubes in up to 10 spectral domains) is yet to be exploited. Present on-line data tools have already started a very significant progress in this direction by filling the gap between raw data and second level data products like magnetic field vector and thermodynamics of the solar atmosphere. The next big jump forward should combine different spectral lines into a coherent and comprehensive picture of not just a layer of the solar atmosphere but of a volume of that solar atmosphere. Such a goal should be understood in a philosophy of not providing the observer at THEMIS with just an instrument, but with a probe of the solar atmosphere. And as such, advanced data products should be readily available to the observer.

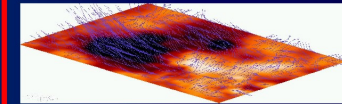
### MORE INFORMATION

On <http://www.themis.iac.es>

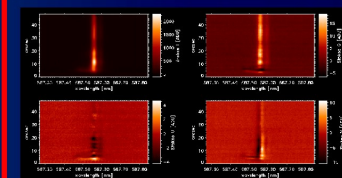
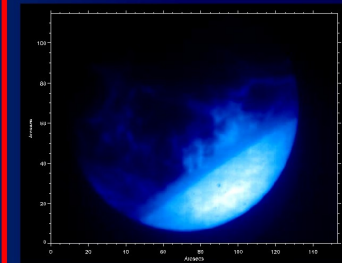
## OBSERVATORIO DEL TEIDE

### SCIENTIFIC HIGHLIGHTS

High resolution magnetic field vectors in filament channels in the photosphere are filled with parasitic polarities like the one shown in the figure (40x20 arcsecs approx). The field topology represented by the blue arrows reveals what at first sight seems to be like a dip in the magnetic line of force. Such a dip would be a place of choice for the accumulation of cool plasma escaping from the filament hanging over the channel 10000 km high. Those structures, called filament feet, would thus be explained by magnetic dips like the one seen by THEMIS and shown in the figure.

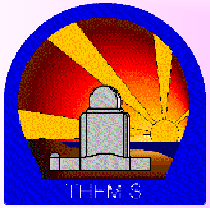


Magnetic fields can also be measured directly in prominences through polarimetric measurements in selected spectral lines of He and high control of scattered light in the telescope. THEMIS simultaneously measured the 4 Stokes parameters and in particular the circular polarization of the He D3 line which resulted in a preliminary field strength of 40G, stronger than expected.



OPTICON is funded by the EC 6<sup>th</sup> Framework Programme. Contract no. RI3-CT-2004-001564

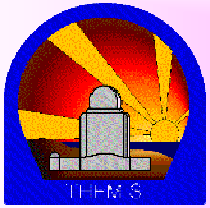




# Aspects statutaires

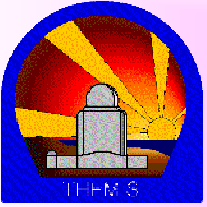
- Est un TGE INSU
  - Budget: 914k€ /an incluant les salaires de 12 permanents
  - Aucun espoir d'augmentation du budget figé depuis 97.
  - ...mais pas de diminution en 2004.
- THEMIS est une opération internationale Franco-Italienne
  - 20% Italie / 80% France
- Les accords internationaux de 2eme et 3eme niveau liant le CCYT au CNRS et l'IAC à L'INSU expirent en 2009.
  - Phase préliminaire de la négociation à débuté
  - 20 % de temps espagnol + 5% de temps international ?
  - Pas nécessairement très grave, sauf si d'autre facteurs s'additionnaient
    - En - : Désintérêt d'un partenaire statutaire (Italie, Espagne...)
    - En + : Envie subite de faire un SuperThemis ?
- 2009 constitue un horizon « naturel » pour les projets d'évolutions instrumentale lancés a/c 2004, dans le but de disposer d'un télescope modernisé de 1er rang mondial pour la spectropolarimétrie et la spectroimagerie solaire.
- D'où des projets ...





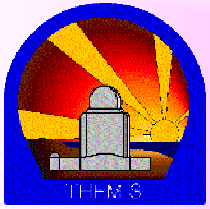
# Eléments du contexte sol-espace d'ici 2015.

- **STEREO** (US, 2006)
  - Imageur sur SECCHI
  - Les autres surtout plasmas, diagnostics CMEs
- **Solar-B** (Jap/UK/US), 2006.
  - Follow-up of Yokkoh
  - 0.5 m telescope, optical + EUV + X rays instrumentation
  - Interaction of B with corona, solar variability
  - 0.25" resolution, Full-Stokes vector magnetography, over 4 lines (FeI 5250, FeI 6302, Cont: 5246, Vel: 5324)
- **SDO** (US /ILWS, 2008+)
  - HMI vector magnetograph + velocities, 1.5" at least.
- **Solar Probe** (US, 2012 baseline)
  - Structure et chauffage de la couronne, processus d'accélération, plasmas interplanétaires.
- **Solar Orbiter** (ESA, 2013+)
  - Field ( plasma + magnetometers)
  - Particles
  - Solar remote sensing (Vis imaging + magnetograph, EUV imaging + spectro, Corono, X imaging + spectro.
  
- **ATST** (NSO , 2012+)
  - 4 m spectropolarimetric telescope
  - IR instrumentation
- **VST/SOLIS** (NSO, en remplacement du VST)
  - VSM: SpectroMagnetographe vectoriel à basse résolution spatiale (soleil entier)
  - FDP: (Full-Disk Patrol) Images monochromatiques soleil entier.
  - ISS: Spectrographe soleil entier
  - L'ensemble est une opération de monitoring du cycle solaire (plusieurs cycles)



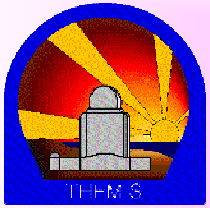
## Contexte sol 2005-2010

- **IMAX** (IAC/IAA/INTA/GACE)
  - Imaging magnetograph instrument for **SUNRISE**
  - 1 m solar telescope, balloon flight over antarctica.
- **VTT** (KIS .../...)
  - 60 cm
  - Echelle spectrograph (Themis-like), 3 lambdas simultanément + cameras
  - TESOS: FP ajustable, x-y,  $\lambda$  ajustable,  $f=250000$  (similaire IPM)
  - FPI: FP du même genre que TESOS, optique optimisée pour la haute résolution.
  - POLIS: spectropolar de Fe 630 + Ca II 397
  - TIP: spectro polarimétrie ->  $2 \mu\text{m}$  ( a été essayé avec succès à THEMIS en 2004, revient en 2005)
  - DALSA speckle caméra
  - Ability to **COMBINE** observing modes.
- **GREGOR** (KIS/...)
  - 150 cm, analyse en F2 avec polarisation calibration unit integrated at F2
  - FP optimisé pour haute résolution + stokes polarimétrie (VTT/FPI refurbished)
  - HR slit spectrograph pour IR et VIS avec de 1 à 2 A/mm  $\leq$  first light
  - POLIS (from VTT)
  - **Combination** of instrumental modes possible
- **DST** (HAO/...)
  - Spectro-échelle avec 2 et plus longueurs d'onde simultanées possibles
  - ASP: Advanced Stokes polarimeter, 60Hz polarimétrie avec modulateur ?
  - UBF: Universal Birefringent Filter.
  - IBIS: Interferometric BIdimensional Spectrometer
  - Certaines **combinaisons** sont possibles.
- **SVT** (RSVT)
  - Spectropolarimètre en cours d'achèvement
  - 3 longueurs d'ondes avec résolution spectrale modérée



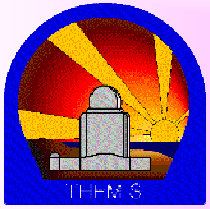
# Positionnement de THEMIS

- Points forts de l'instrumentation actuelle par rapport à la concurrence:
  - Le potentiel multiraies du mode MTR n'a aucun équivalent à ce jour
  - Les progrès de 'l'instrument logiciel', quick-look et réduction au télescope commencent à permettre d'exploiter ce potentiel comme jamais auparavant
  - Le schéma actuel d'analyse polarimétrique en F1 entraîne des difficultés (cospatialité, réduction du champ) mais procure une qualité de détection qui est à la pointe
  - La possibilité de commutation entre 3 modes complémentaires (IPM DPSM MTR)
- Le concurrent spatial immédiat (2006) est Solar-B
  - Mais son domaine limité de longueur d'onde restreint le champ scientifique
- Le prochain concurrent sol sera GREGOR (2006 / 2007...)
  - Cependant pas d'instrumentation révolutionnaire par rapport à l'actuel VTT



# Premières conclusions...

- Il reste un peu de temps avec le THEMIS strictement actuel, mais l'instrumentation doit nécessairement évoluer pour rester concurrentielle.
- Il manque obligatoirement
  - Un tip-tilt pour la spectropolar
  - De meilleurs détecteurs (sensibilité, vitesse, domaine de longueur d'onde)
  - Une vitesse d'acquisition plus grande (raccourcir les cycles d'observation)
  - Une réelle exploitation de la complémentarité des 3 modes d'observation
  - Un cycle de travail observation/dépouillement/publication plus rapide (logiciel ...)
- Il manque peut-être
  - Une qualité d'image supérieure (OA)
  - Une effort sur l'analyse polarimétrique (vitesse, précision..)



## Comité d'évaluation (Oct 2003)

### ■ Rappel du relevé de conclusions:

- « *In the Committee's view, the priority for improvement should be:*
  - The **development of a tip-tilt image motion**/drift correction system to be implemented **as soon as possible**,
  - The **development of an adaptive optics system** together with an investigation and improvement of the internal seeing conditions, and
  - The development of **a plan for improving the multi-line spectro-polarimetry** »

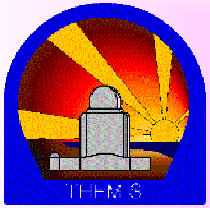
### ■ **Actions** en cours:

- Tip-tilt et stabilisation d'image: 2003-2005, en cours d'achèvement
- Détecteurs pour le mode DPSM
- 'Instrument logiciel' (+ Bass2000)
- Refonte logiciel de poursuite

### ■ **Groupes** de travail en cours

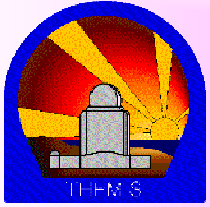
- Amélioration de la spectropolarimétrie
- Evolution des détecteurs
- Optique adaptative





## Groupes de Travail

- Evolution de la polarisation (CS/THEMIS Resp. F. Paletou, OMP)
  - Réflexion sur l'augmentation la sensibilité polarimétrique de THEMIS
  - Proposer des tests de calibration pour choisir entre des solutions déjà proposées ou en faire d'autres
  - Automne 2005: classement des propositions et action de financement / projet (50 – 100 ??? K€).
- Evolution des détecteurs (CS/ THEMIS) Resp. T. Appourchaux, IAS)
  - Proposer un schéma d'évolution pour l'ensemble des détecteurs, mais en particulier pour le mode MTR (en liaison avec le GT polarisation)
  - Automne 2005: projet de financement pour le MTR (~200 k€) et rapports sur les deux autres modes
- Optique adaptative (Resp. R. Raggazoni, Firenze)
  - Faisabilité toujours possible, pas de problème majeur. Rapport préliminaire, chiffrage des besoins, dimensionnement du projet, été 2005.
  - Motivation très sensible de la communauté italienne et motivation plus prudente de la communauté française
  - Groupe THEMIS prêt à faire une proposition (let's make one step forward) ou à simplement jouer son rôle de maître d'oeuvre

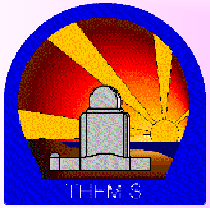


# Projets approuvés, budgets

- **T3** (stabilisation d'image): 45 k€
  - THEMIS 12/2003 - 04/2005
- **Caméras DPSM:** 79 k€ (THEMIS)
  - LESIA + THEMIS - 2004 - 2005
  - WG: DPSM ~OK, MTR à revoir.
- **Refonte poursuite** - 8K€
  - THEMIS 2004 - 2006

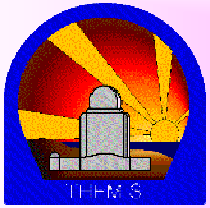
PROJETS	FONDS EXERCISE PRECEDENTS				FONDS EXERCISES 2004				TOTAL
	I - C	CV. INSU	U.E	I.F.	I - C	CV. INSU	U.E.	I.F.	
Optique Adaptative	5.000,00	-	400	10 299,96	-	-	-	-	15.699,96
Environnement F1/F2	4.128,68	-	-	-	-	-	-	-	4.128,68
I - Q	39.440,02	27,01	-	77,71	-	-	-	-	39.544,74
Renouvell. Caméras	32.651,81	22.761,46	-	-	23.454,59	-	-	-	78.867,86
Etude Polarimétrie	5.000,00	-	-	-	14.738,59	-	-	-	19.738,59
SOUSTOTAL	86.220,51	22.788,47	400	10.377,67	38.193,18	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>119.786,65</b>				<b>38.193,18</b>				<b>157.979,83</b>

- Projection (optimiste) 2005/2006
  - 100K€ pour suite caméras (MTR) en 2005
  - 70 k€ pour TBD en 2006.
  - + OPTICON contrib



# Objectifs 2008

- Stabilisation et qualité d'image
  - Stabilisation à 0.05'' pour tout les modes au minimum 50% du temps
  - OA, 3 hypothèses:
    - Rien
    - OA 'lourde' en cours
    - Hypothèses intermédiaires ...
- Evolution spectropolarimétrie
  - $10^{-4}$  à mieux que 0.5'', en cours ou terminée selon projets
- Evolution détecteurs
  - 3 i/s à <0.2'' pour DPSM
  - 1 à 20 i/s à 0.2'' pour MTR, de 400 nm à 1.4  $\mu\text{m}$  (importante ouverture IR)
  - Quelques possibilités de spectropolar planétaire/stellaire
- Evolution 'instrument logiciel'
  - Réduction Stokes en-ligne couplée à l'observation pour tout les modes
  - Programme d'inversion en ligne, cartes de vecteur B proche temps réel pour FeI au minimum, + ?



## Horizon 2012+: THEMIS est-il upgradable ?

- Cf. upgrade du 'vieux' Gregory en GREGOR
- Stratégie différente selon l'existence et l'accessibilité de l'ATST à cette époque
- Besoin au minimum d'un télescope d'une coupole, et d'une instrumentation
- Mais nous serions prisonnier du site: **Que vaut-il vraiment ?**
  - Information diurne très faible depuis campagne JOSO (1979)
  - Un survey va commencer en 2005 et donnera au minimum la possibilité de comparer Tenerife et La Palma...

