



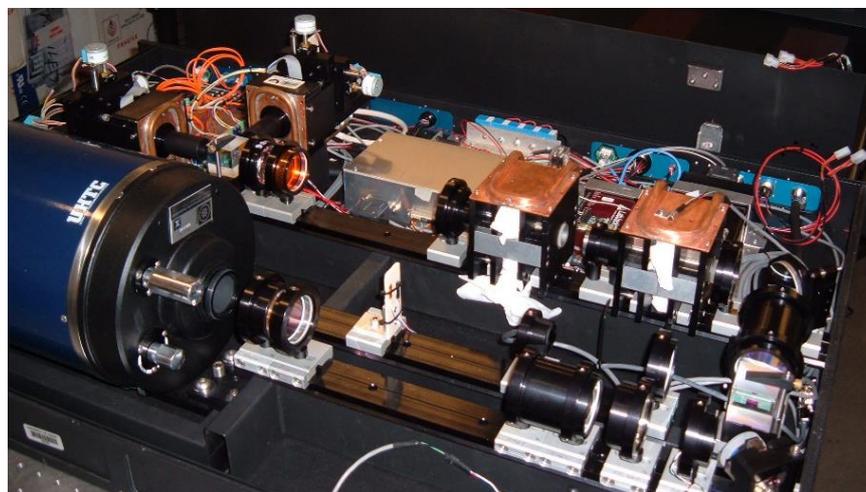
Full-disk MOTH images

Roberta Forte

Università di Roma Tor Vergata
Solar Physics group

www.fisica.uniroma2.it/~solare/en/

MOTH II - Magneto-Optical filters at Two-Heights



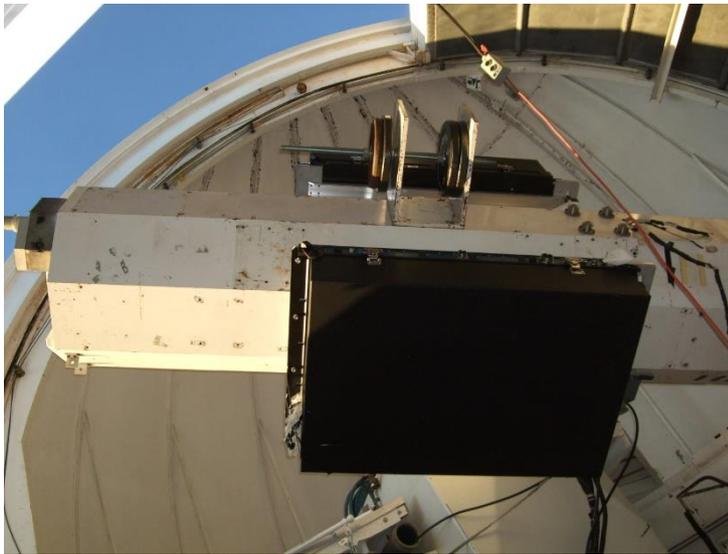
line	λ (nm)	Formation height (km)
K I	770	300-400
Na D2	589	600-700
Ca I	422	1000
He I	1083	1900
Fe I (HMI)	617	100
Ni I (MDI)	677	125

Specifiche strumento:

- Immagini Full-disk
- CMOS 3072x3072 pixels
- Apertura: 20 cm
- Risoluzione: 1 arcsec/pixel
- Sensitività: 7 m/s in v; 5 Gauss in B.

MOTH II - Magneto-Optical filters at Two-Heights

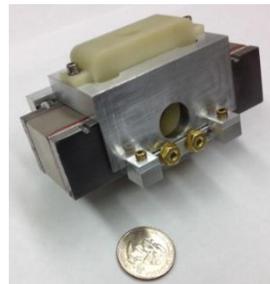
Siti di osservazione:



Mees Solar Observatory
Maui, Hawaii



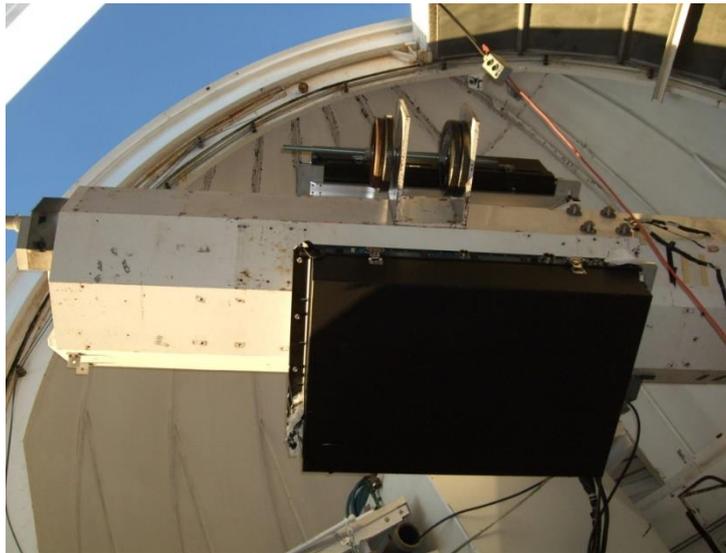
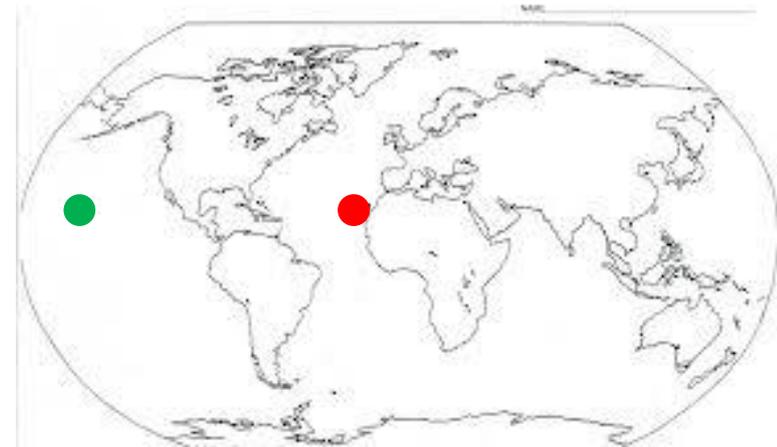
South Pole
Antarctica



Space

MOTH II - Magneto-Optical filters at Two-Heights

MOTH Synoptic Telescopes

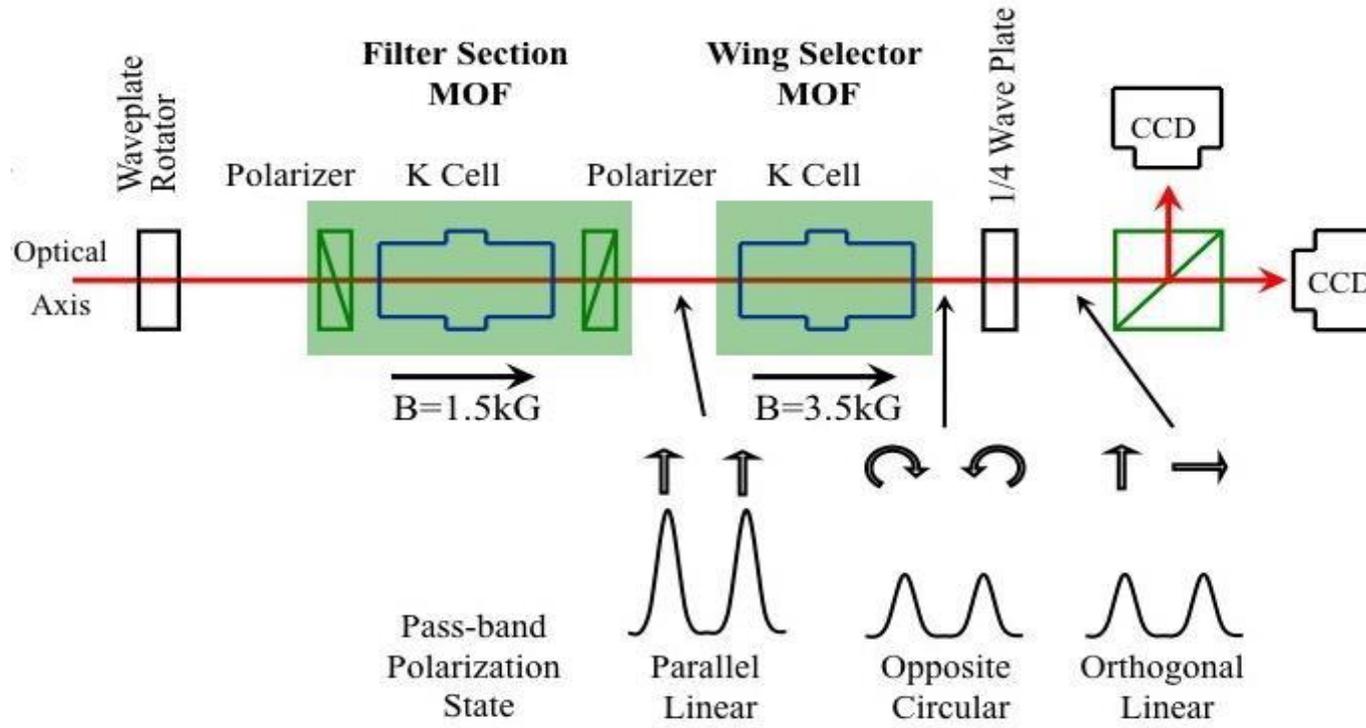
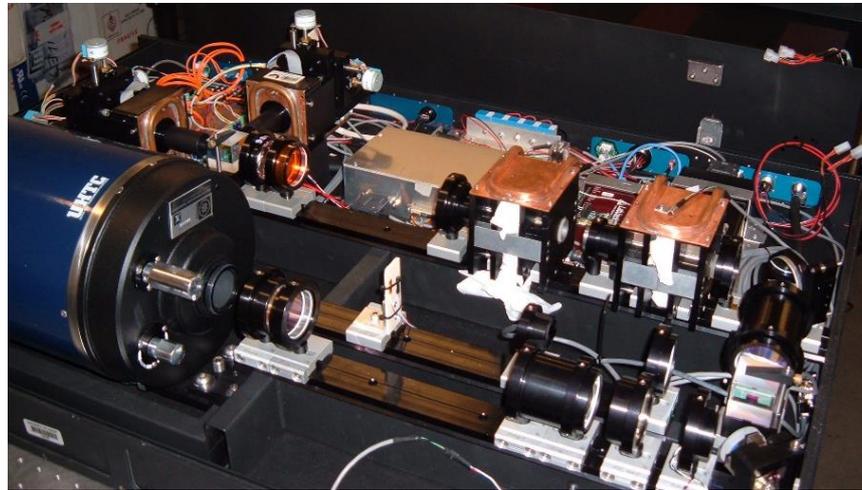


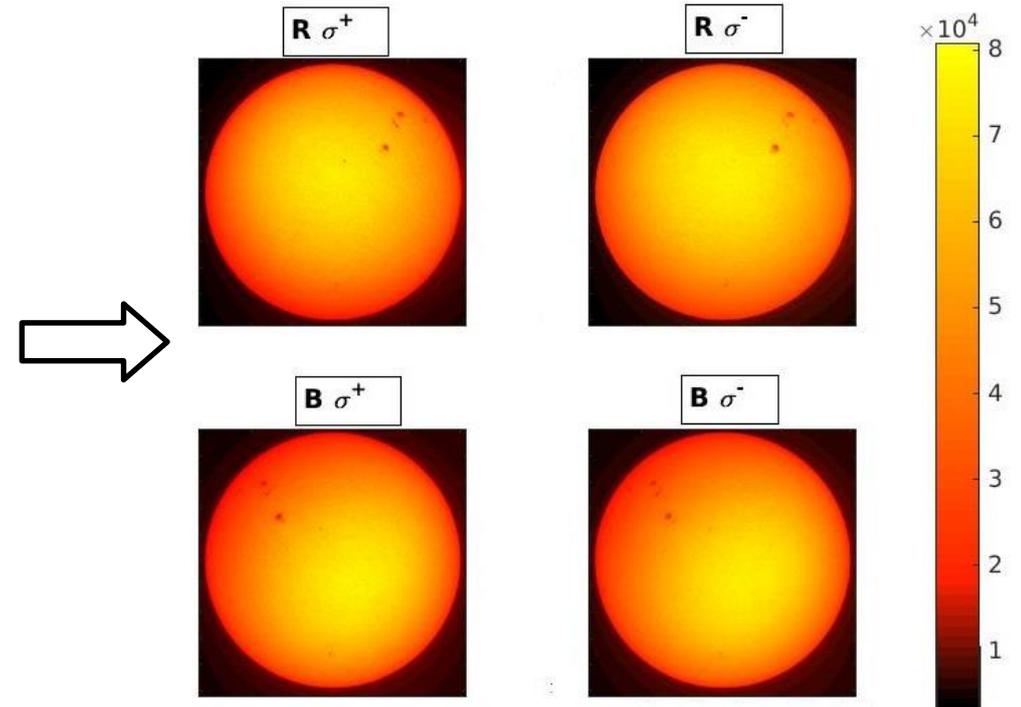
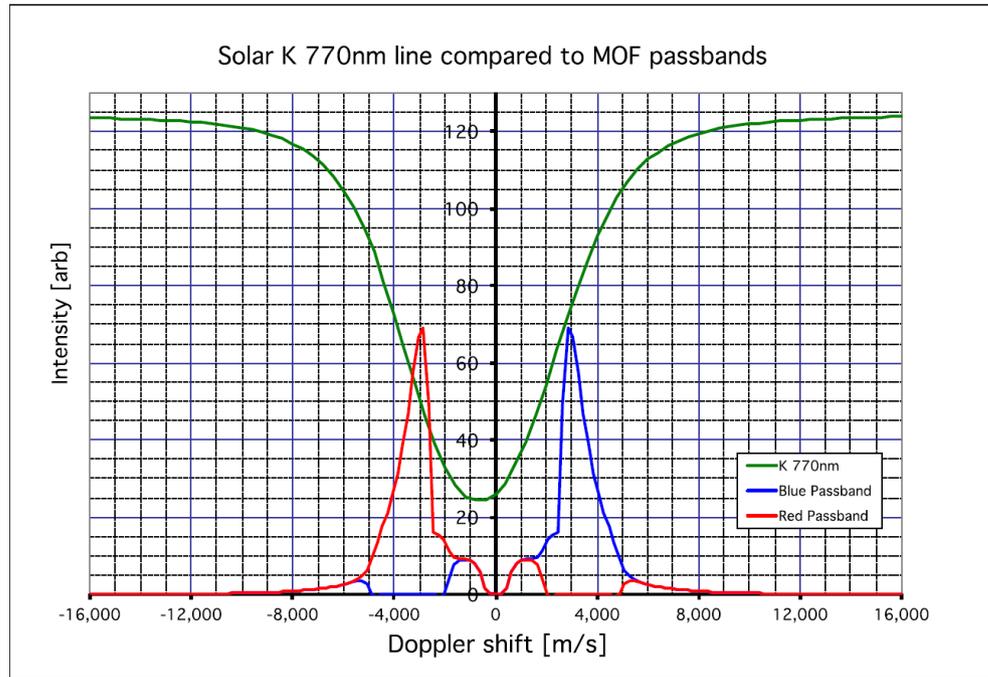
Mees Solar Observatory
Maui, Hawaii



Izana Observatory
Tenerife, Canary Islands

MOTH II - Magneto-Optical filters at Two-Heights

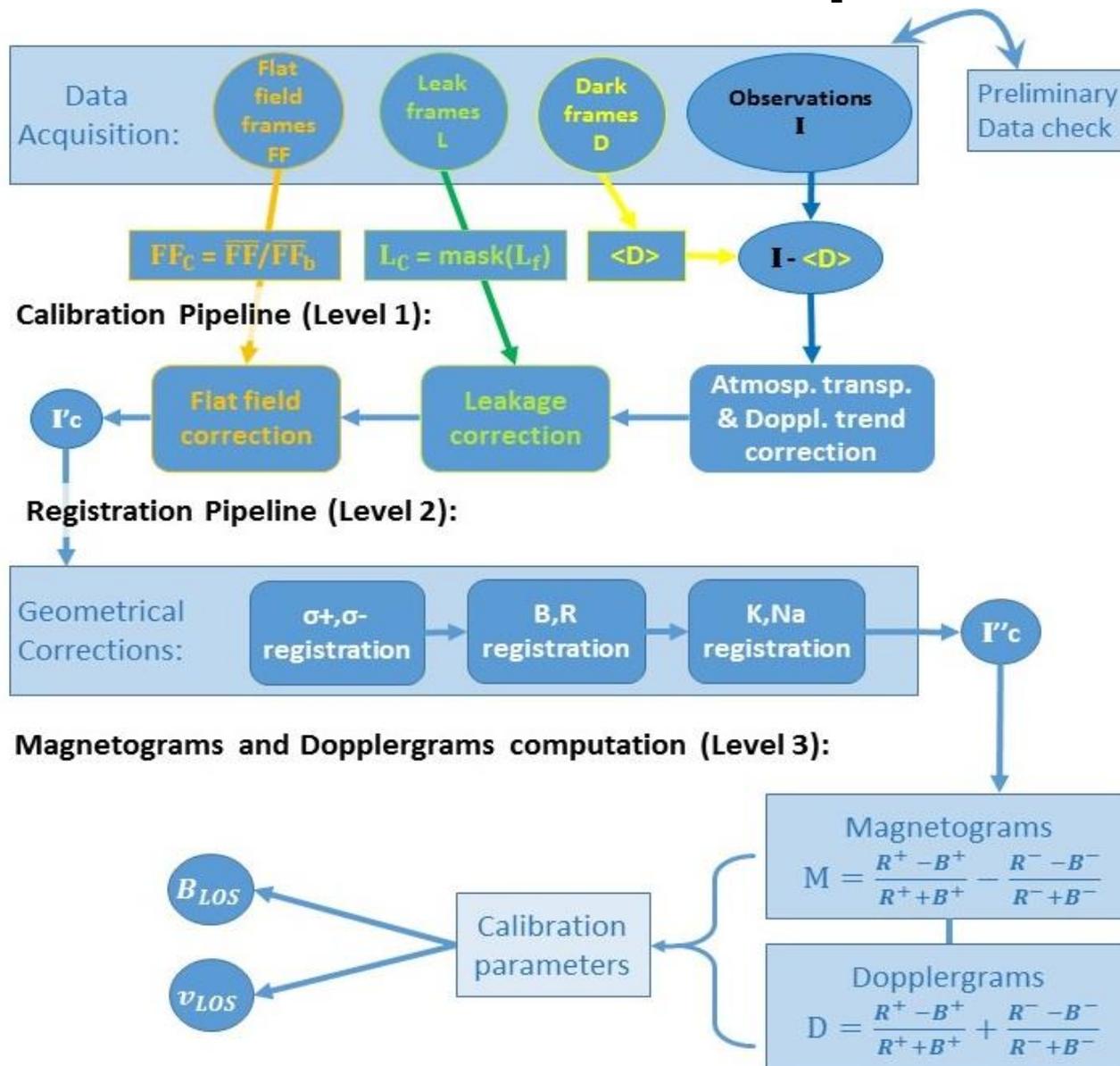




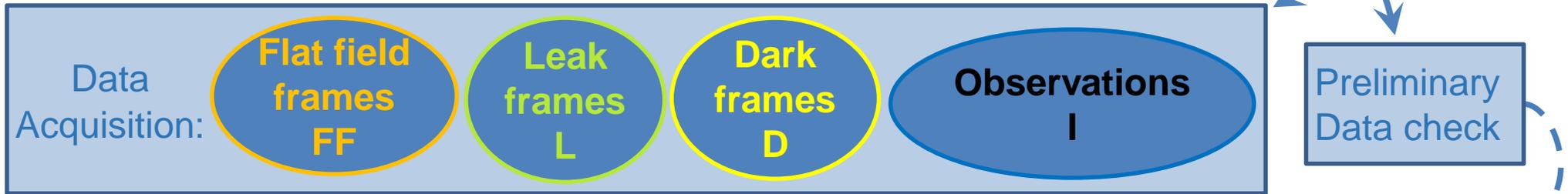
$$u_{LOS} \propto \frac{R^+ - B^+}{R^+ + B^+} + \frac{R^- - B^-}{R^- + B^-}$$

$$B_{LOS} \propto \frac{R^+ - B^+}{R^+ + B^+} - \frac{R^- - B^-}{R^- + B^-}$$

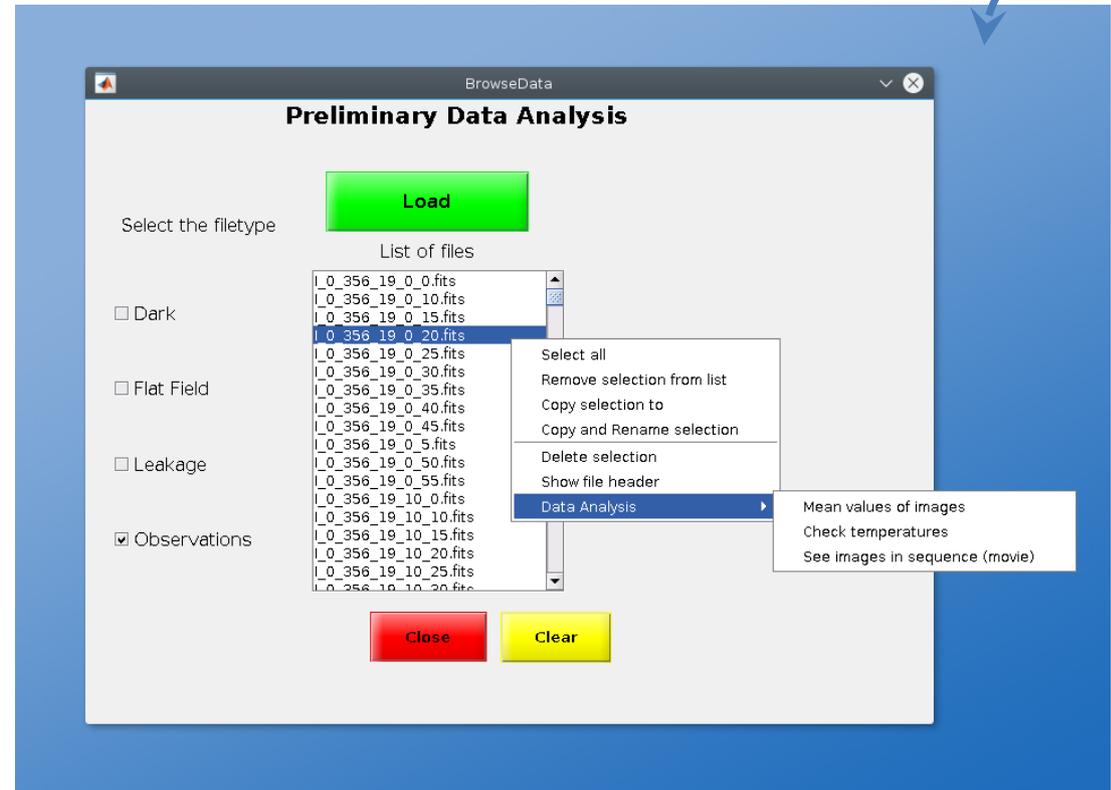
MOTH Calibration Pipeline



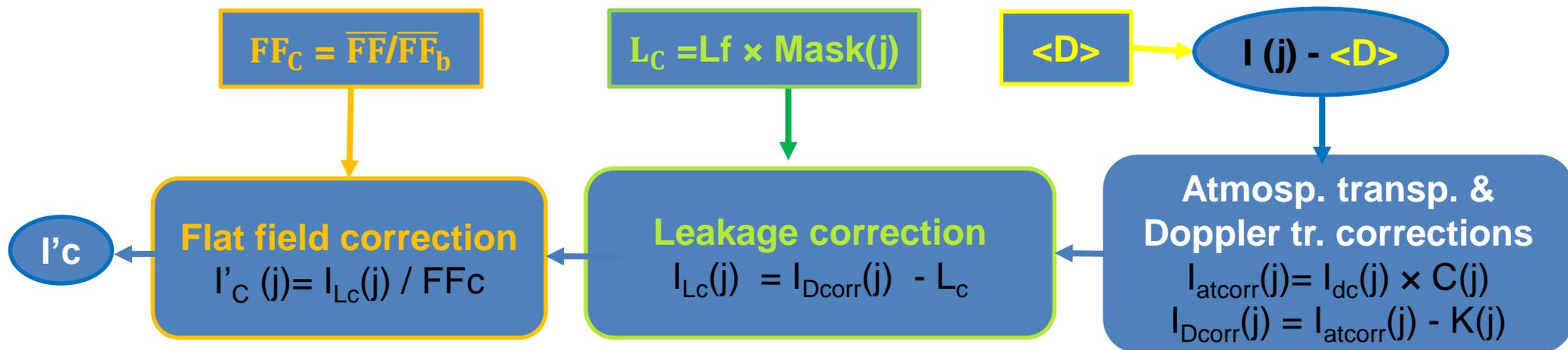
Calibration Pipeline (Level 0)



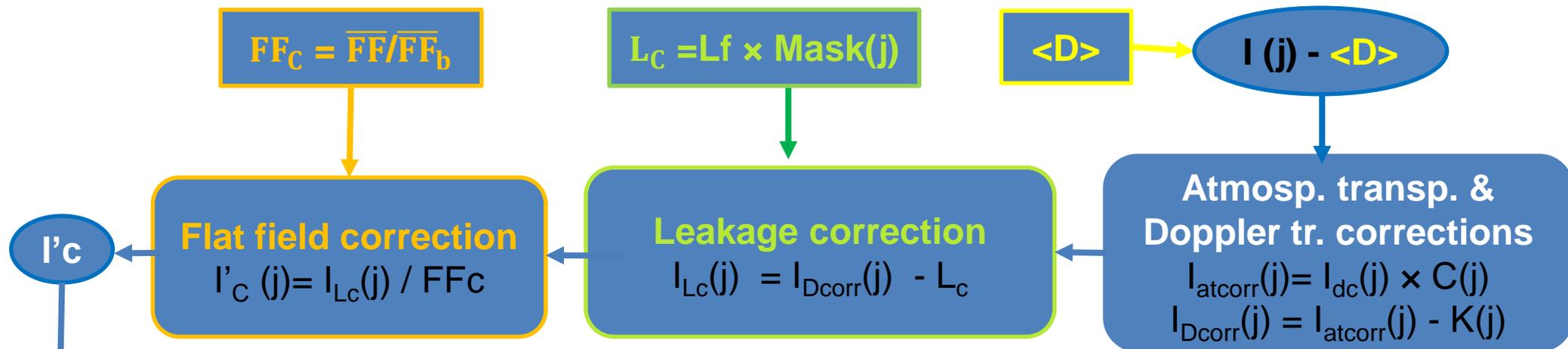
- Image statistics (mean values, max, min, rms)
- Temperature check (MOF, CMOS, prefilter, box,...)
- Tracking
- Dark current
- Flat Filed & Leakage Images



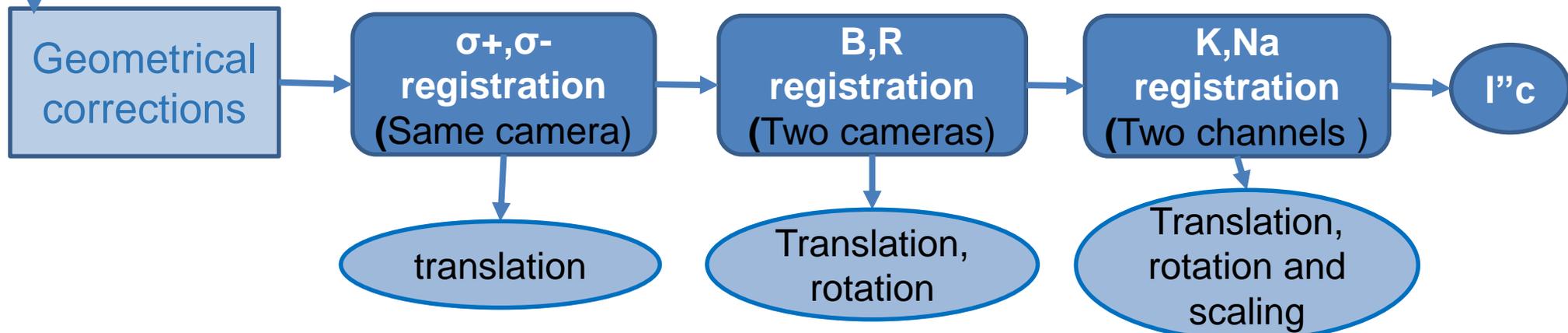
Calibration Pipeline (Level 1)



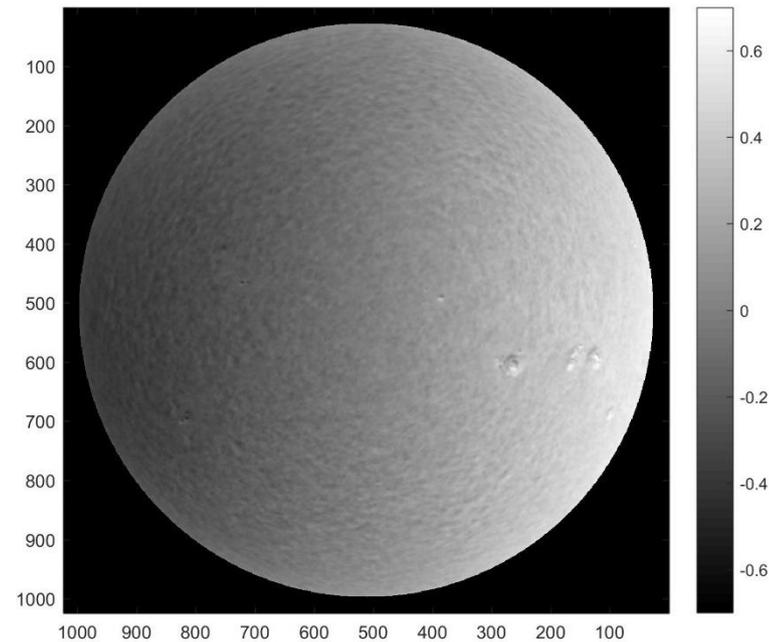
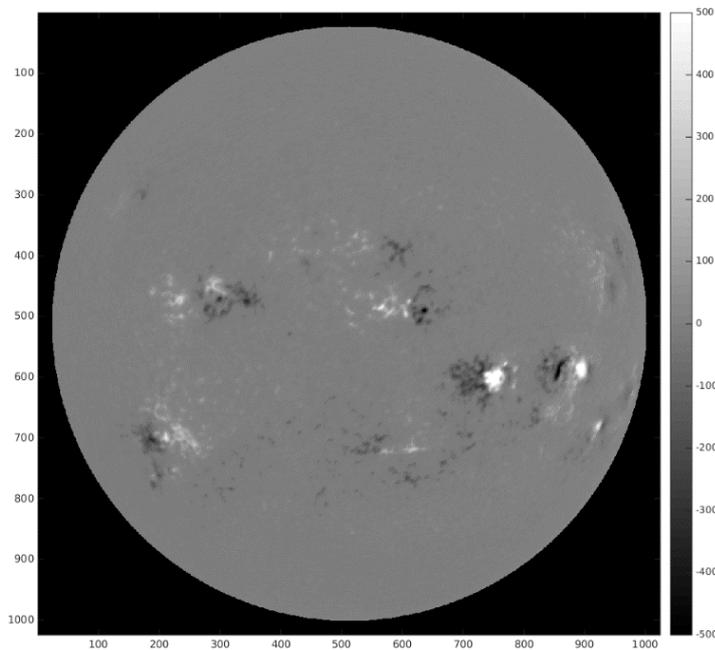
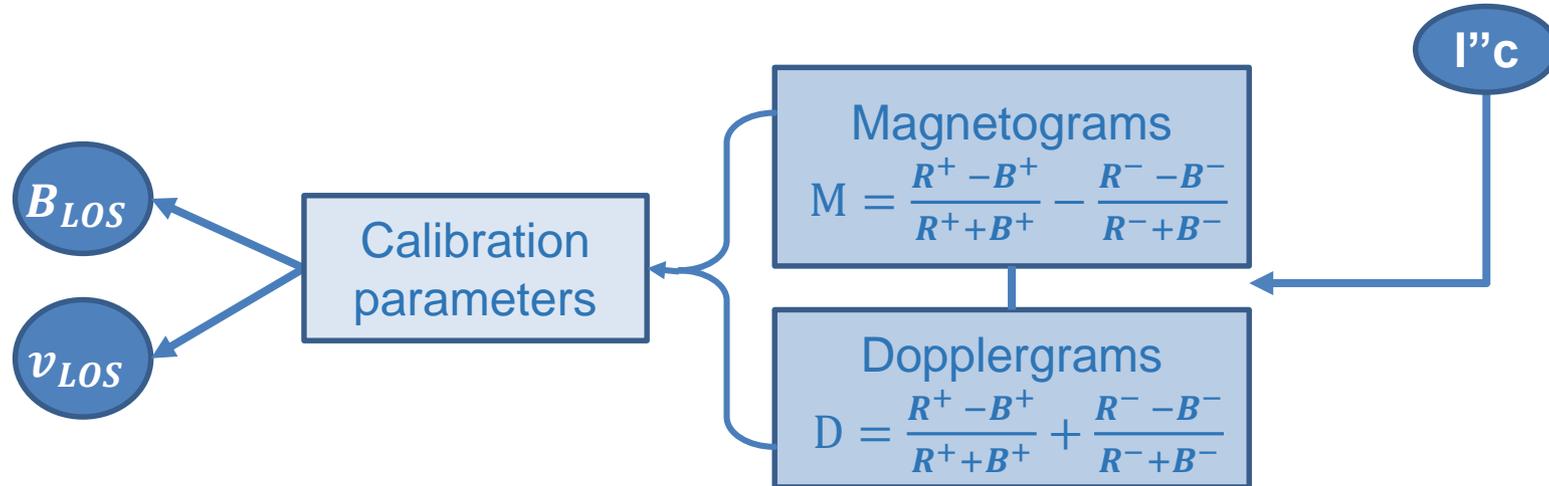
Calibration Pipeline (Level 1)



Registration Pipeline (Level 2)



Magetograms and Dopplergrams computation (Level 3)

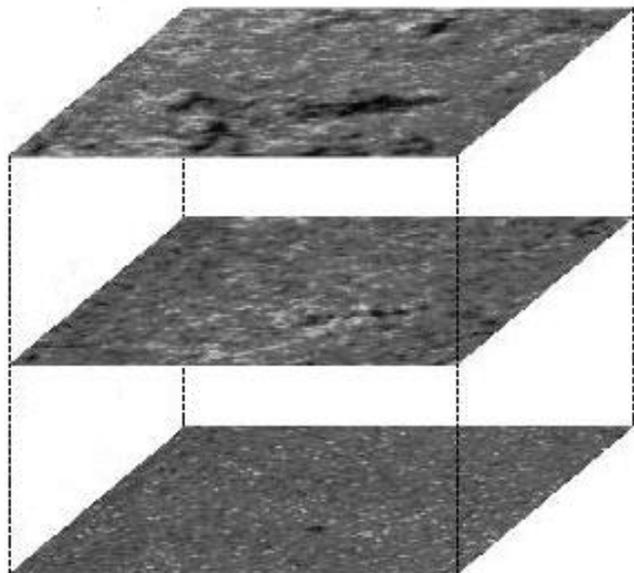


Sample LOS magnetogram and dopplergram in K channel. July 10, 2014 – 19:27:00 UT

MOTH II - Magnetograms and Dopplergrams

Il telescopio MOTH fornisce mappe di campo magnetico, di velocità e immagini di intensità a due quote dell'atmosfera solare.

Esempio di magnetogramma a diverse quote:



Na D2 $\rightarrow \lambda=589 \text{ nm}; h=600-700 \text{ km}$

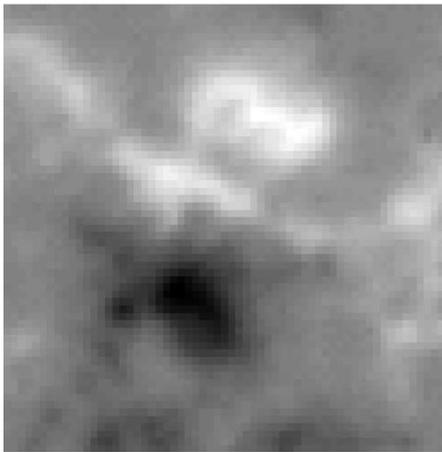
K I $\rightarrow \lambda=770 \text{ nm}; h=300-400 \text{ km}$

Ni I (MDI/SOHO) $\rightarrow \lambda=677 \text{ nm}; h=125 \text{ km}$

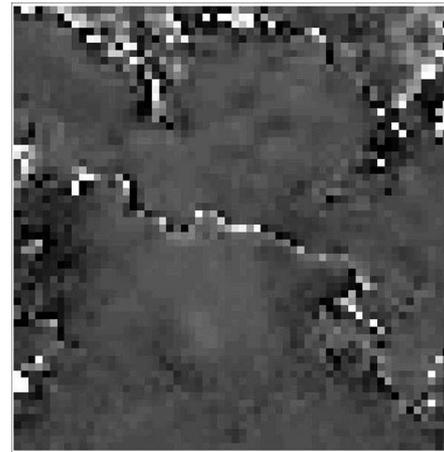
Ciò permette di ottenere i gradienti magnetici, ∇B_{LOS} , e di velocità, ∇V_{LOS} , lungo la linea di vista:

$$\nabla B_{LOS} \propto \frac{B_{Na}^{LOS}}{B_K^{LOS}}$$

$$\nabla v_{LOS} = v_{Na} - v_K$$



B map in K-line
(ROI of 20x20 pxl)

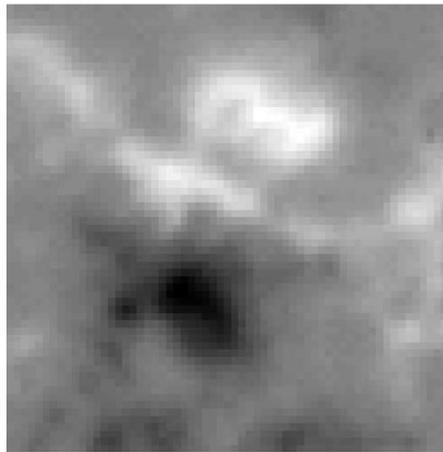


B_{Na}/B_K

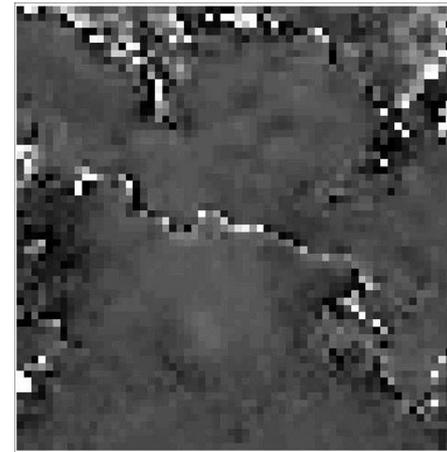
Ciò permette di ottenere i gradienti magnetici, ∇B_{LOS} , e di velocità, ∇V_{LOS} , lungo la linea di vista:

$$\nabla B_{LOS} \propto \frac{B_{Na}^{LOS}}{B_K^{LOS}}$$

$$\nabla V_{LOS} = v_{Na} - v_K$$



B map in K-line
(ROI of 20x20 pxl)

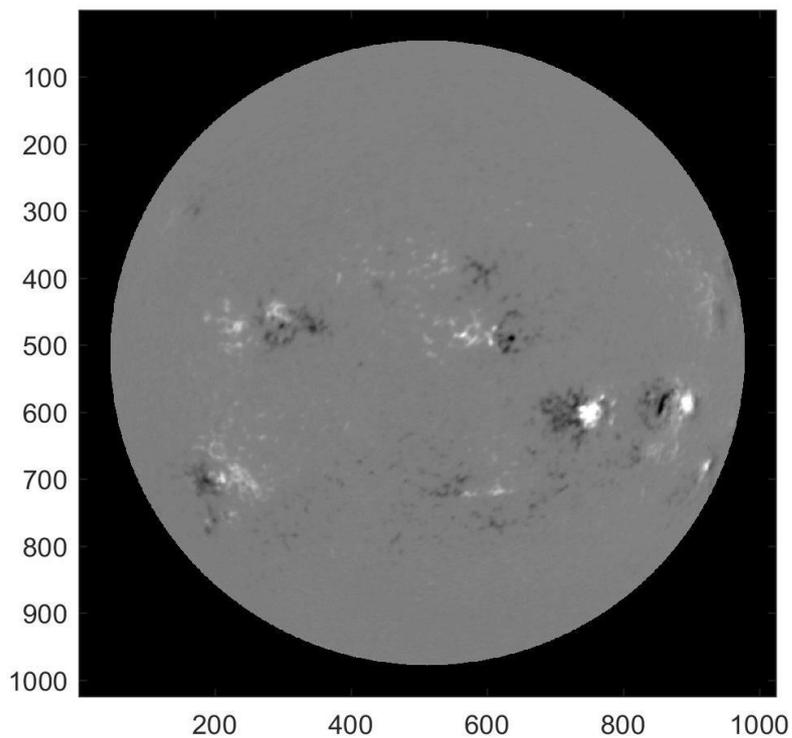


B_{Na}/B_K

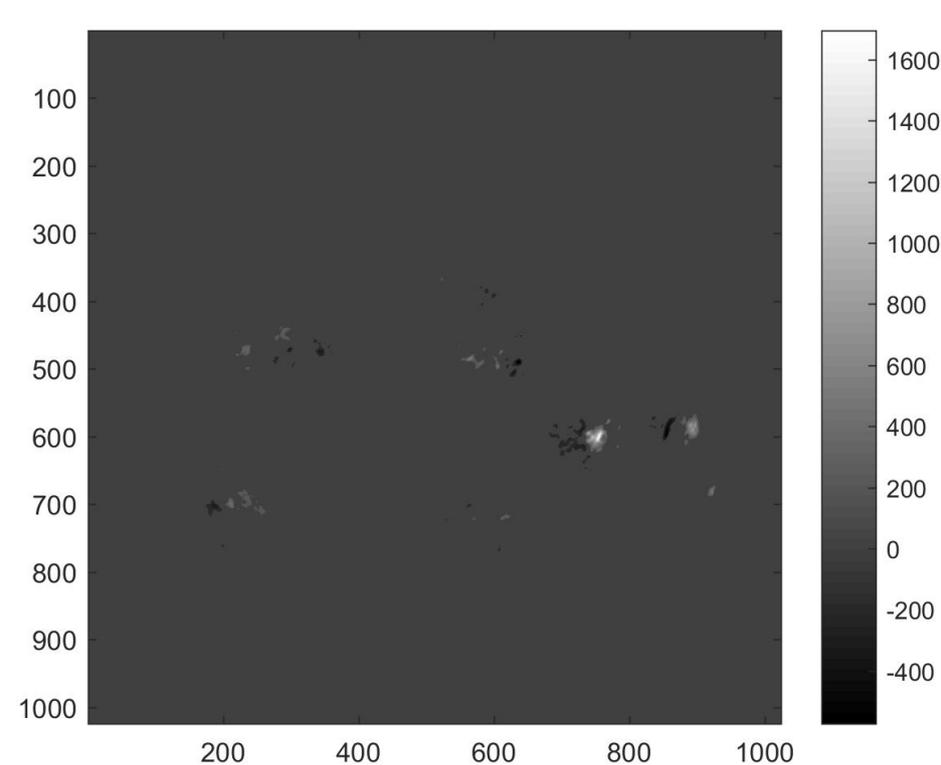
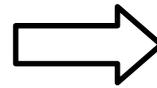
L'analisi preliminare del rapporto B_{Na}/B_K normalizzato, in una ROI, mostra caratteristiche interessanti tra le regioni ad opposta polarità.

Un nuovo algoritmo di flare forecasting sarà basato su parametri che caratterizzano le proprietà delle regioni attive, quali energia libera magnetica, proxy dinamici, strutture magnetiche verticali.

1° step: Active Regions automatic detection



Magnetogramma MOTH II in K (10 July 2014 h: 19:27:00)

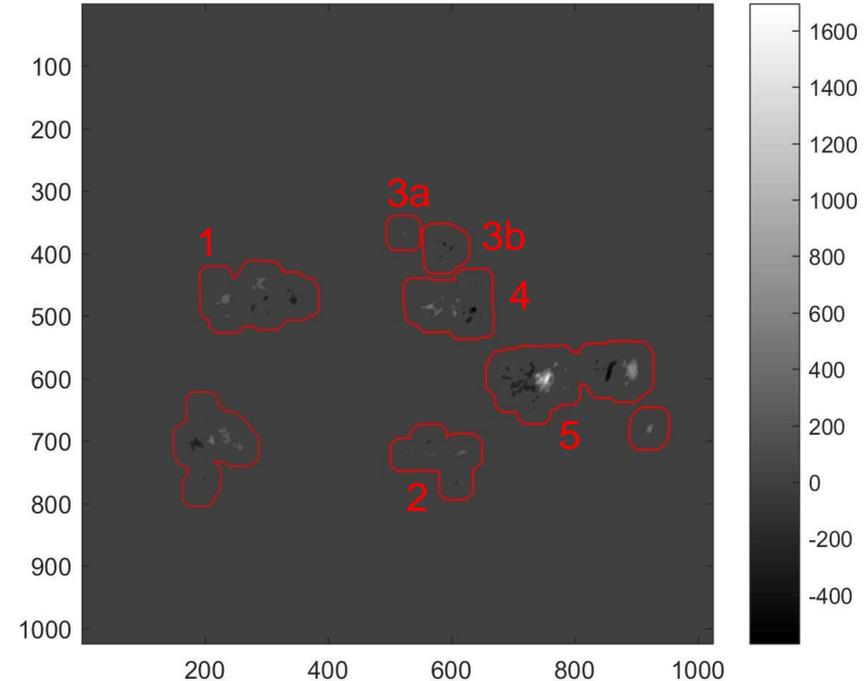
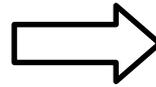
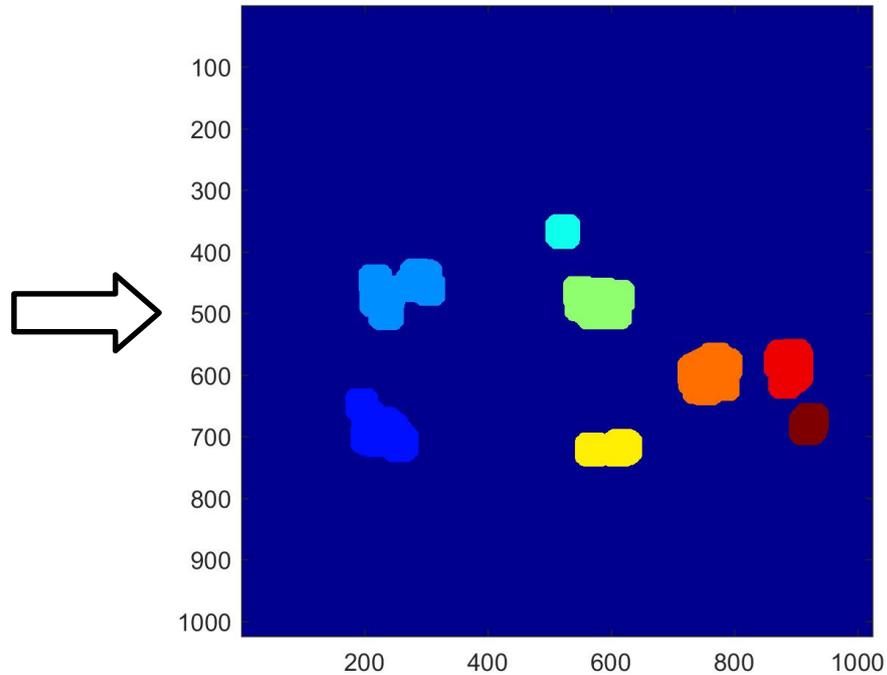


Si selezionano: $150 \text{ G} < |I(x, y)| < 5000 \text{ G}$

Per eliminare il rumore gaussiano e i punti saturati.

Le regioni a campo magnetico significativo vengono poi soppesate con una distribuzione gaussiana.

1° step: Active Regions automatic detection



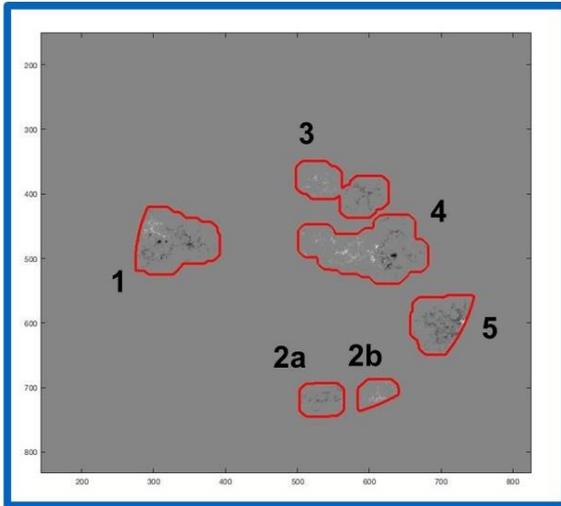
Le aree a campo magnetico significativo sono inoltre sottoposte a convoluzione gaussiana per allargare le regioni a campo magnetico significativo (per tener conto dell'incertezza della distribuzione ai pixel primi vicini del campo magnetico).

Ciò permette di individuare i bordi delle AR.

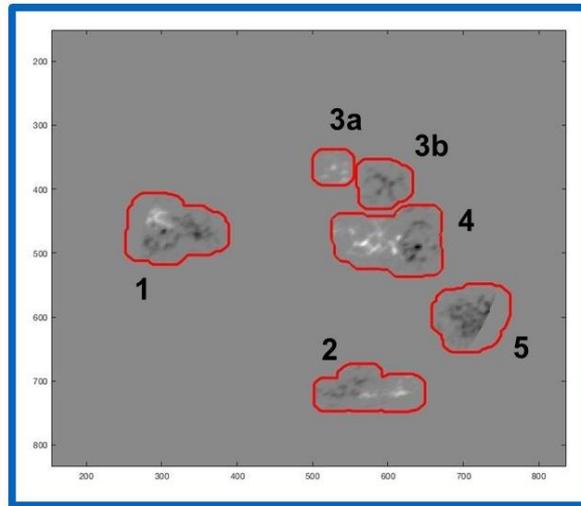
Ad ogni AR è dunque assegnato un numero crescente (eventualmente confrontabile con la definizione HARP (HMI Active Region Patches) NOAA).

1° step: Active Regions automatic detection

HMI magnetogram
(10 July 2014 h: 19:27:00)

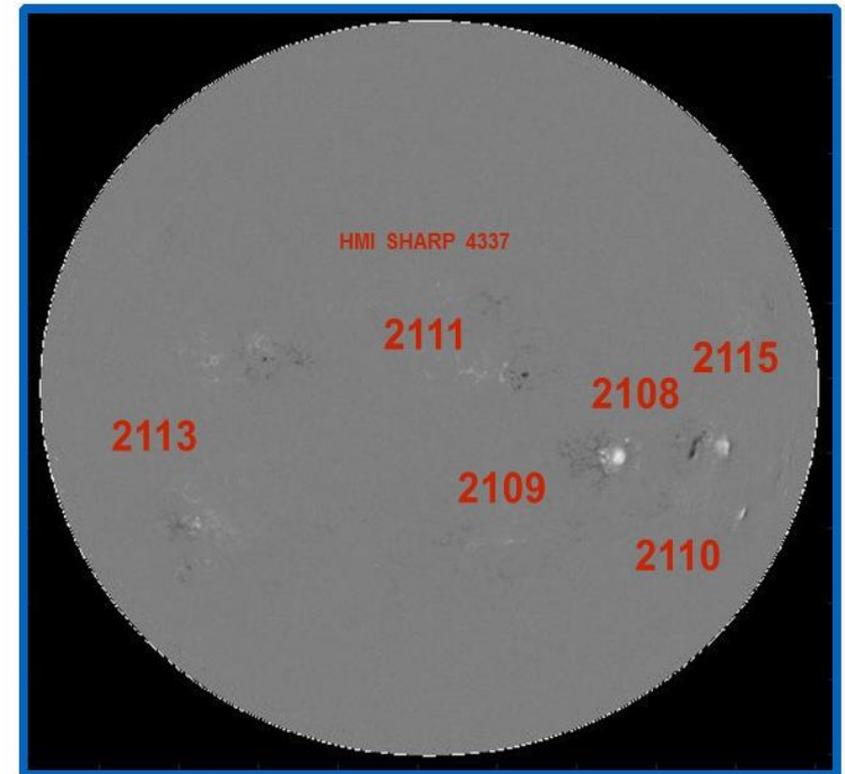


MOTH II magnetogram - K channel
(10 July 2014 h: 19:27:00)



Esempio dello stesso magnetogramma ottenuto con acquisizioni di HMI e MOTH II. L'algoritmo individua le principali regioni attive in entrambe le immagini.

(rebinnate per avere lo stesso pixel range e con differenti soglie per il campo magnetico, i.e. $|I(x, y)| > 600 G$)



(magnetogramma HMI, 10 July 2014 h: 19:27:00)
Classificazione NOAA delle regioni attive.

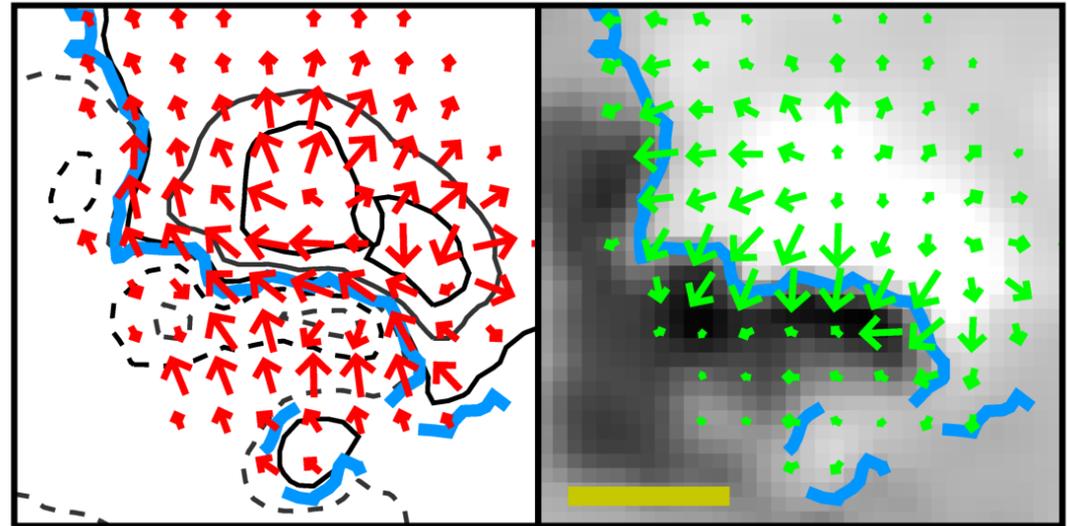
2° step: R Schrijver computation

Una volta individuate le regioni attive è possibile analizzarle per determinare dei parametri significativi per il flare forecasting.

‘Il numero di flare e CME prodotti da una regione attiva è fortemente correlato con l’energia libera della regione’ (Falconer et al., 2012).

L’energia libera è concentrata lungo la linea neutra, dove la componente orizzontale è elevata e quella verticale è trascurabile.

Perciò si può effettuare l’approssimazione del campo magnetico vettoriale a quello LOS, e calcolarne il flusso dai magnetogrammi MOTH.



Credits: David A. Falconer (UAHuntsville/MSFC), Ronald L. Moore(MSFC), Abdalnasser F. Barghouty(MSFC), and Igor Khazanov(UAHuntsville)

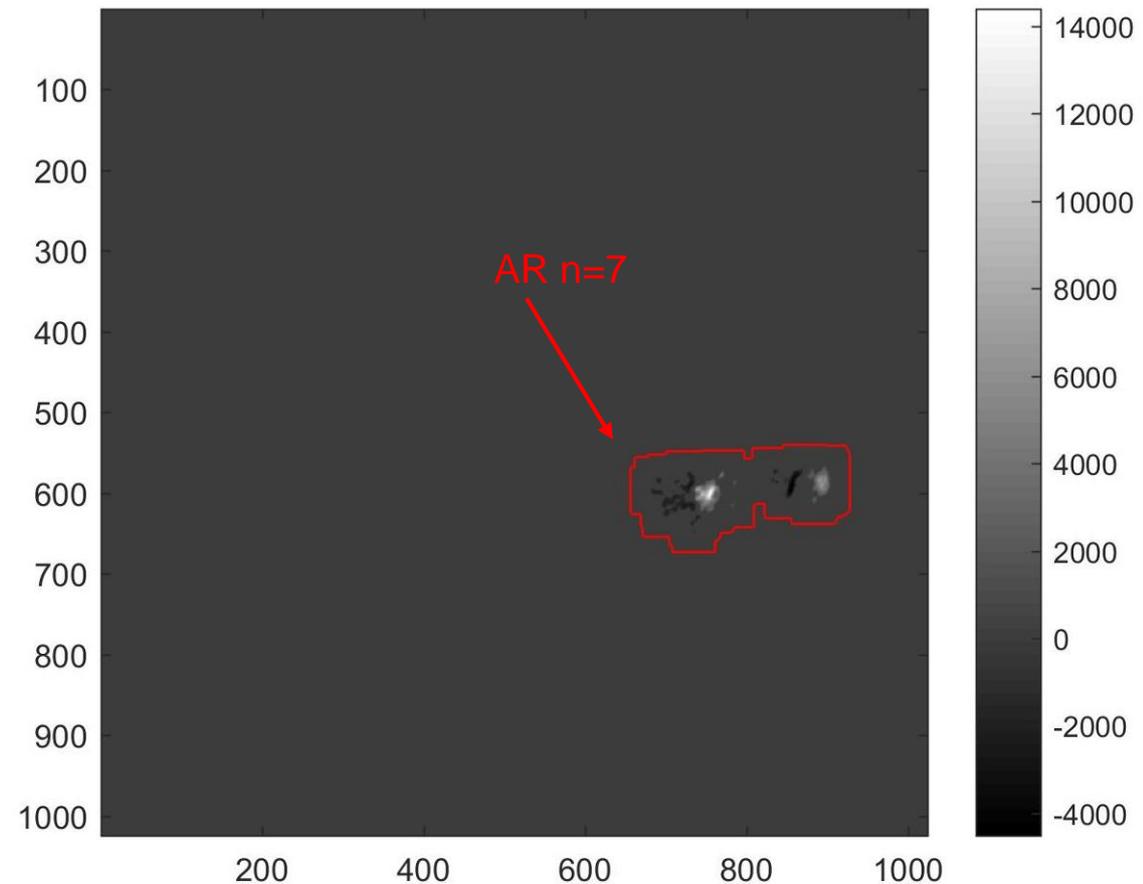
2° step: R Schrijver computation

Una volta individuate le regioni attive è possibile analizzarle per determinare dei parametri significativi per il flare forecasting.

Metrica fotosferica R (definita da C. J. Schrijver): il flusso di B in valore assoluto lungo la linea neutra, che può essere calcolato per ciascuna AR per determinare la probabilità che emetta un flare, nel seguente modo:

- Vengono selezionati i punti (x,y) della AR n-esima t.c. $|I(x,y)| < 70 G$
- Si effettua una convoluzione gaussiana
- Dopodichè si calcola:

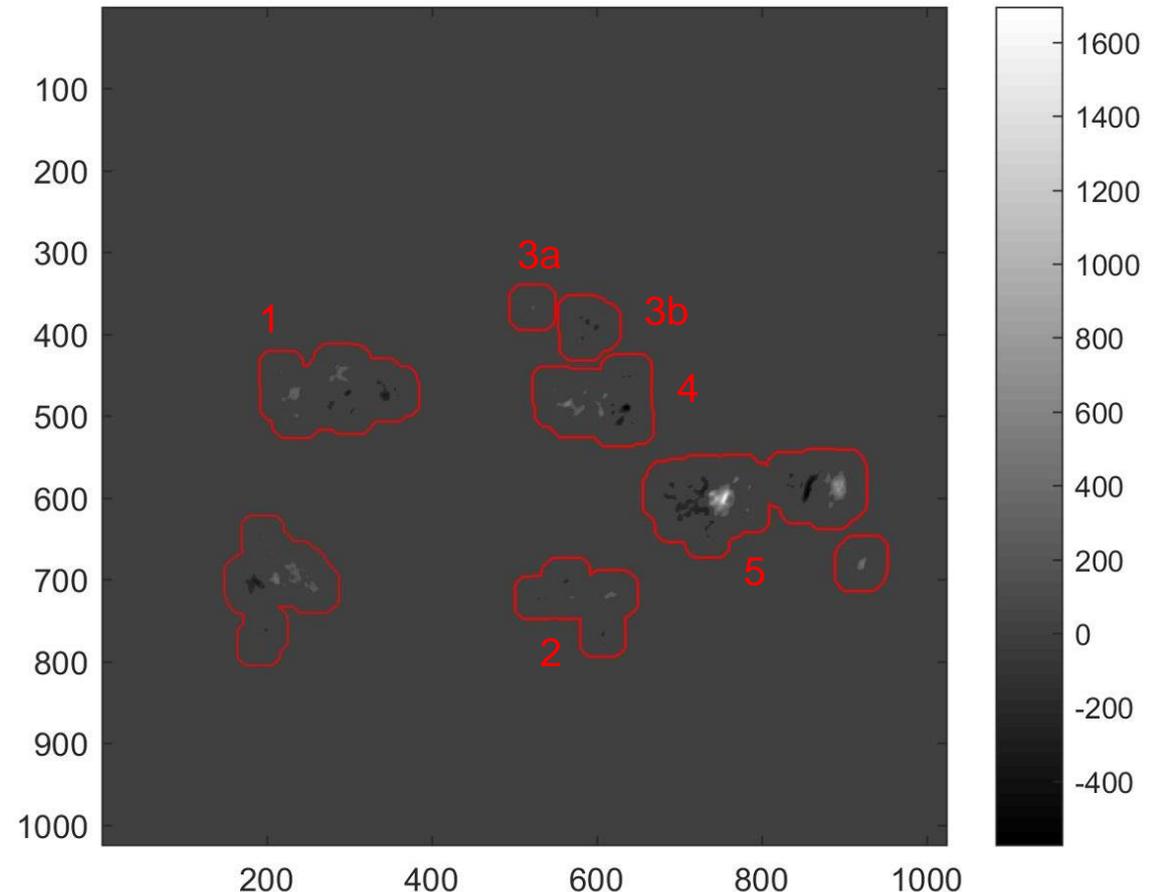
$$R = \sum_{x,y} |I(x,y)|$$



2° step: R Schrijver computation

Secondo la teoria di Schrijver, una AR con un valore di $\log_{10}(R) > 5$, ha l'80% di probabilità di emettere un flare di classe M1, il 35% per un flare M3, il 20% per un flare X1 e l'1-2% per un flare X3.

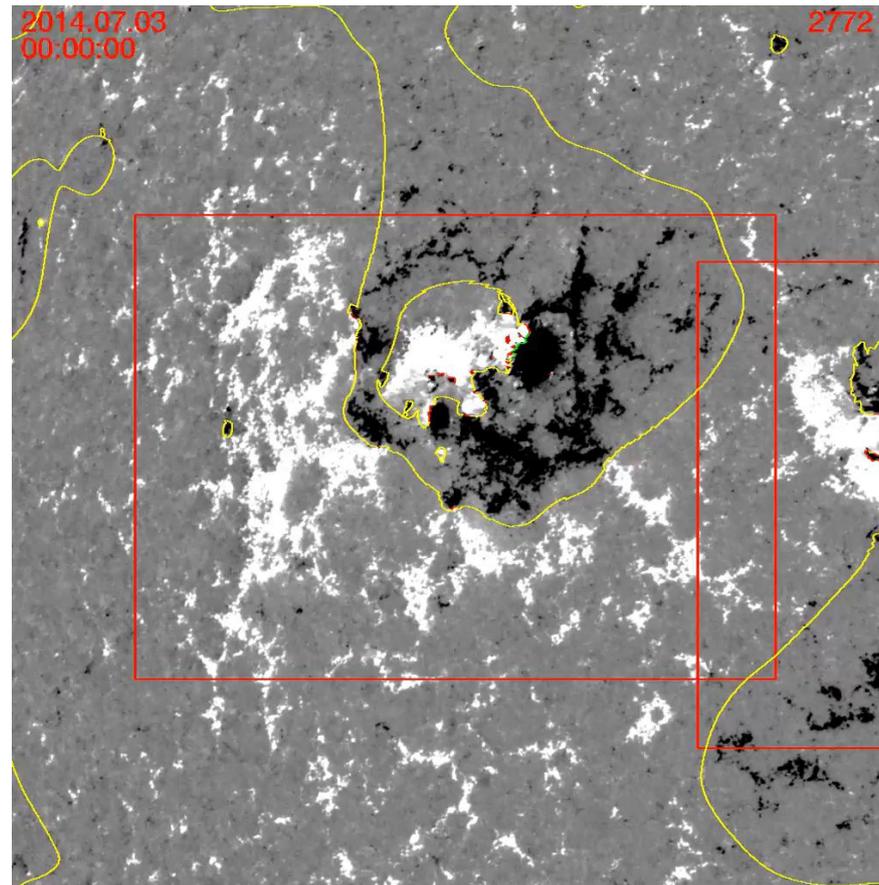
La regione **1** ($\log_{10}(R) = 5.22$), classificata 2113 NOAA, ha infatti sviluppato un flare di classe M e 4 flare di classe C l'11 Luglio 2014.



(10 July 2014 h: 19:27:00)

Ulteriori analisi possibili con le immagini MOTH II

Polarity Inversion Line (PIL) detection module:



(HMI magnetogram,
3rd July 2014, 24h)

Credits: SDO Feature Finding Team (FFT) , A. Engell - Montana State University, and Harvard Smithsonian Center for Astrophysics

Conclusioni

- Il telescopio MOTH fornisce mappe full disk di campo magnetico, di velocità e immagini di intensità a due quote dell'atmosfera solare (K, Na)
- Magnetogrammi e dopplergrammi acquisiti simultaneamente e ad alta frequenza (5 sec);
- Elevata sensibilità (7m/s in v , 5 G in B)
- Upgarde previsto in future: aggiunta di altri due canali (Ca, He)
- Possibilità di volo su satellite
- Possibilità di creare un network di 2 telescopi per osservazioni continuative a 24h (Hawaii + Canarie)
- Uso dei dati per definire la dinamica dei flare a diverse quote, e per individuare parametri precursori: nuove opportunità per attività di flare forecasting

MA...

- Poche acquisizioni, scarsa statistica: il che vuol dire che occorrerà del tempo per ottenere un elevato numero di dati per una statistica appropriata

