

TURBOLENZA OTTICA E ALTA RISOLUZIONE ANGOLARE

E. Masciadri, F. Lascaux, J. Stoesz, S. Hagelin

Dal 2006, INAF (Osservatorio Astrofisico di Arcetri) ospita un nuovo gruppo di ricerca (ForOT) impegnato in studi sulla turbolenza ottica in tecniche di alta risoluzione angolare e ottica adattiva. L'attività scientifica mira principalmente alla caratterizzazione, con misure e modelli atmosferici non idrostatici a mesoscala, della turbolenza ottica sviluppata sui siti astronomici. Tali modelli rappresentano l'unico strumento in grado di prevedere mappe di turbolenza ottica (3D) con qualche ora in anticipo rispetto all'osservazione ed in grado di discriminare la qualità dei siti astronomici su scale temporali climatologiche. Su queste basi, il successo di questi studi porrebbe le premesse per una rivoluzione nel campo del 'site testing'. La pianificazione dei programmi scientifici e degli strumenti (flexible-scheduling) per telescopi da terra di nuova generazione passerà, infatti, necessariamente dalla previsione della turbolenza ottica. L'astronomia dal suolo potrà mantenere le sue competitive peculiarità rispetto all'astronomia dallo spazio a patto che le osservazioni da terra possano sfruttare le migliori condizioni di turbolenza ottica e si possano ottimizzare i sistemi di ottica adattiva. Il futuro dell'astronomia dal suolo (ELTs) dipende quindi fortemente dal successo di questi studi e il gruppo ForOT si è rivelato essere una referenza fondamentale in questo campo a livello internazionale (The Messenger, N. 134, Dicembre 2008, pag. 53). Gli algoritmi proposti e validati da un membro di ForOT sono stati integrati, infatti, in modelli usati da gruppi stranieri come quello americano che opera a Mauna Kea per conto degli Osservatori Astronomici.

Gli obiettivi scientifici di ForOT sono stati riconosciuti dalla EU di estremo potenziale intrinseco e il gruppo è stato finanziato da un 'Marie Curie Excellence Grant' (1.2 MEuro) che nasce con la prospettiva di creare una nuova linea di ricerca nell'Istituto ospitante. ForOT rappresenta attualmente un caso unico a livello internazionale. E' il solo gruppo cresciuto in un contesto astronomico caratterizzato da competenze multidisciplinari che spaziano dall'astrofisica, alle tecniche di alta risoluzione angolare fino alla fisica dell'atmosfera e alla meteorologia che porrebbe Arcetri in una posizione di Leader a livello internazionale.

Attività del 2008

L'attività nel 2008 è stata principalmente concentrata sui siti di Mt. Graham (Arizona) e il 'plateau interno antartico' (Dome C, Dome A e Polo Sud). Il principale obiettivo scientifico sul fronte delle simulazioni con modelli atmosferici a mesoscala è dimostrare la capacità del modello atmosferico non idrostatico Meso-Nh nel prevedere la turbolenza ottica a Mt. Graham per il flexible-scheduling di LBT e la capacità del modello nel discriminare le caratteristiche di turbolenza ottica tra Dome C, South Pole e Dome A.

- Negli ultimi due anni alcune intense campagne di site testing sono state realizzate, in differenti periodi dell'anno, con un Generalized Scidar (GS) a Mt. Graham dal gruppo ForOT. Misure della distribuzione verticale della turbolenza (profili di C_N^2) sono stati effettuate in più di 40 notti (Stoesz et al., 2008, Masciadri et al., 2008) ed è stata completata un'analisi statistica dei principali parametri astroclimatici che caratterizzano un sito astronomico (seeing, angolo isoplanatico e tempo di coerenza del fronte d'onda). Mt. Graham si è confermato essere un eccellente sito astronomico per qualità e quantità di turbolenza ottica.

- Per la prima volta si è potuto ricostruire la distribuzione verticale della turbolenza sviluppata nel primo chilometro dal suolo con una risoluzione di 25-30 m utilizzando una nuova tecnica: HVR-GS, proposta recentemente da un membro di ForOT (Egner & Masciadri, 2007). Questo risultato è particolarmente rilevante perché ha messo in evidenza che la turbolenza decade nelle prime decine di metri molto più velocemente di quanto supposto fino ad oggi. I risultati sono altresì fondamentali per l'ottimizzazione di sistemi di OA come, ad esempio, il Ground Layer Adaptive Optics (GLAO).

- I risultati delle analisi di ForOT sono stati utilizzati come input delle simulazioni realizzate per quantificare le caratteristiche del sistema LGS/GLAO di LBT (ARGOS - PI: S. Rabien).

- In Novembre 2008 ForOT ha realizzato una campagna di misure con il GS a Mt. Graham per validare lo strumento DIMM (PI: T. Herbst - MPIA) che si suppone funzionerà sistematicamente a Mt. Graham per monitorare il valore integrato (seeing) della turbolenza sviluppata al di sopra del dome in tutta la troposfera (~ 20 km) e sarà quindi un strumento di riferimento per le osservazioni astronomiche.

- Sul fronte delle simulazioni con modelli a mesoscala sono state ottenute le prime simulazioni mai realizzate ad oggi di distribuzione verticale di turbolenza (profili di C_N^2) estesi su 20 km presso Dome C (Lascaux et al., 2008). Lo spessore tipico dello strato superficiale e il seeing nell'atmosfera libera mostrano già una buona correlazione con le misure di turbolenza ottica ottenute con palloni e sensori microtermici di temperatura in situ. Un lavoro in collaborazione con il Centre Nationale des Recherches Meteorologiques, Toulouse (France) e' in corso per ottimizzare la descrizione numerica del bilancio di flusso energetico tra suolo e atmosfera del modello atmosferico Meso-Nh, elemento critico per una corretta rappresentazione della turbolenza ottica nelle prime decine di metri al di sopra del suolo.

- Negli ultimi mesi si e' iniziato il lavoro di simulazione su Mt. Graham. Le misure di C_N^2 realizzate con il GS sono usate per la validazione del modello.

- Studi realizzati sul fronte delle applicazioni all'Ottica Adattiva sono stati focalizzati a identificare in quali condizioni le facilities astronomiche dal suolo di nuova generazione possano essere competitive a Dome C rispetto a siti a latitudini medie. Si e' concluso che un sistema GLAO a grande campo potrebbe essere competitivo se e solo se la dimensione degli attuatori proiettati sulla pupilla fosse uguale o inferiore a 38 cm (Stoesz et al., 2008). Questo significa che sarebbero necessari sistemi di AO sofisticati per un telescopio di classe 8-10 metri per ottenere performances migliori di quelle ottenute in un sito a latitudine media come Mt. Graham. Questa condizione diviene ancora piu' stringente per lunghezze d'onda corte (visibile). Per telescopi di classe 2 m, Dome C puo' ancora restare interessante per alcune applicazioni e lunghezze d'onda.

- In Luglio 2008 e' stata realizzata una campagna di misure (Vigna di Valle, Roma) finalizzata a validare nuovi sensori di C_N^2 basati sul principio dei sensori microtermici di temperatura montati su radiosondaggi meteorologici. La novita' consiste nell'utilizzo di nuovi prodotti commerciali (termocoppie) che renderebbe lo strumento di misura facilmente riproducibile in serie su larga scala. L'eccellente sensibilita' delle termocoppie rende lo strumento adatto ad applicazioni in Antartide caratterizzate da basse temperature. Il progetto si e' sviluppato in una collaborazione internazionale:

PI: J. Storey (UNSW, Sydney, Australia), E. Masciadri (INAF, Arcetri, Firenze, Italia), A. Pellegrini (PNRA, Casaccia, Roma, Italia), Aeronautica Militare - Sezione Sperimentale Meteorologica (ReSMA, Vigna di Valle, Roma, Italia)

Attività previste per il triennio 2009-2011

Come naturale follow-up del lavoro intrapreso fino ad oggi le attività scientifiche nel prossimo triennio proseguiranno sul fronte di Mt. Graham, dando probabilmente una priorità alla modellistica e puntando sulla caratterizzazione statistica di tutti i parametri astroclimatici (integrati e non) fondamentali per l'ottimizzazione dell'AO e sulla operatività sistematica sul sito di un sistema di previsione della turbolenza.

In parallelo intendiamo estendere il nostro coinvolgimento in attività di interesse per gli ELTs. Alcune concrete premesse a queste intenzioni/progetti sono state definite in occasione della Conferenza Internazionale "Optical Turbulence – Astronomy meets Meteorology" organizzata da ForOT nel quale si e' deciso, in accordo con il PI di E-ELT, di preparare un documento di intenti mirante a definire le necessita' per una ampia e completa campagna di site testing espressamente concepita per la validazione di modelli atmosferici a mesoscala. Considerato il ruolo importante giocato da ForOT in questa azione, seppure il progetto appaia molto ambizioso, ci sono elementi per pensare che sia realisticamente perseguibile.

Parallelamente continuiamo perseguire gli studi in Antartide. Seppure ad oggi appaia meno interessante una immediata realizzazione di facilities nel visibile e vicino infrarosso a Dome C, gli studi su questo continente sono intrinsecamente fondamentali per raffinare la validita' dei modelli e per quantificarne la capacita' nella discriminazione dei siti su scale climatologiche.

Si cercherà di dare spazio a studi di natura più generale sulla natura della turbolenza privilegiando temi strategici di particolare interesse per l'astronomia e le tecniche di AO come ad esempio la scala esterna, la definizione dei limiti di validità dell'approssimazione di Taylor.

Finanziamenti nel 2008

EU- ForOT: 300 KEuro

Finanziamenti per 2009-2010

EU- ForOT: 600 KEuro

Attività di formazione

Tesi di dottorato: Susanna Hagelin

Titolo: Optical Turbulence characterization and forecast at Mt. Graham (Arizona) for ground-based astronomy.

Tutor: Elena Masciadri

Pubblicazioni/Rapporti (<http://forot.arcetri.astro.it/public.html>) - 2008

(1) Articoli referati pubblicati (2008)

- Hagelin, S., Masciadri E., Lascaux, F., Stoesz, J., Comparison of the atmosphere above the South Pole, Dome C and Dome A: first attempts, 2008, MNRAS, 387, 4, 1499

- Nielsen, E., Biller, B., Close, L., Masciadri E., Constraints on Extrasolar Planet Populations from VLT NACO/SDI and MMT/SDI and Adaptive Optics: Giant Planets are Rare at large separation, 2008, ApJ, 674, 1, 466

- Apai, D., Janson, M., Moro-Martín, A., Meyer, M.R., Masciadri, E., Henning, Th., Pascucci, I., Kim, J.S., Hillenbrand, L.A., Kasper, M., Biller, B., Cold Debris Disks are not Commonly Sculpted by Massive Giant Planets or Brown Dwarfs, 2008, ApJ, 672, 2, 1196

(3) Relazioni su invito (2008)

- Masciadri, E. Lascaux, F., Hagelin, S., Stoesz, J., ForOT: a new approach for the optical turbulence forecasts studies applied to the ground-based astronomy, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, Italy, 15-18 September 2008

(4) Pubblicazioni in Conference Proceedings (2008)

- Le Moigne, P., Noilhan, J., Lascaux, F., Masciadri, E., Pietroni, I. - A new Meso-Nh surface scheme optimized for polar conditions: first validation tests for astronomical applications, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Masciadri, E., Lascaux, F., Stoesz, J., Hagelin, S. - ForOT: a new approach for the optical turbulence forecasts studies applied to the ground-based astronomy, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Masciadri, E., Stoesz, J., Hagelin, S., Lascaux, F., Egner, S. - HVR-GS at Mt. Graham: optical turbulence vertical distribution at standard and high resolution, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Hagelin, S., Masciadri, E., Lascaux, F., Stoesz, J. - Comparison of the atmosphere above South

Pole, Dome C and Dome A: first attempt, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Lascaux, F., Masciadri, E., Hagelin, S., Stoesz, J. - Numerical simulations of the wintertime optical turbulence in Antarctica with the mesoscale model Meso-Nh, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Lascaux, F., Masciadri, E., Hagelin, S., Stoesz, J. - The Antarctic Polar Vortex: study of winter 2005, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Stoesz, J., Masciadri, E., Lascaux, F., Hagelin, S. - Reducing optical turbulence profiler data to a representative set for GLAO simulations, Optical Turbulence - Astronomy meets Meteorology, Alghero, 15-18 September 2008

- Hagelin, S., Masciadri, E., Lascaux, F., Stoesz, J. - Comparison of the atmosphere above South Pole, Dome C and Dome A: first attempt, Proc. SPIE, 7012, 70124A, 2008

- Lascaux, F., Masciadri, E., Hagelin, S., Stoesz, J. - Meso-Nh simulations of the atmospheric flow above the Internal Antarctic Plateau, Proc. SPIE, 7012, 70124D, 2008

- Stoesz, J., Masciadri, E., Lascaux, F., Hagelin, S. - G-Scidar measurements of the optical turbulence at Mt. Graham with standard and high vertical resolution, Proc. SPIE 7012, 70121W, 2008

- Stoesz, J., Masciadri, E., Hagelin, S., Lascaux, F. - Wide-field performances gradient at a mid-latitude site and at Dome C, Proc. SPIE, 7012, 70124C, 2008

- Rabien, S., Ageorges, N., Angel, R., Brusa, G., Brynne, J., Busoni, L., Davies, R., Deysenroth, M., Esposito, S., Gaessler, W., Genzel, R., Green, R., Haug, M., Lloyd-Hart, M., Holzl, E., Masciadri, E., Pogge, R., Quirrenbach, A., Rademaker, M., Rix, H.W., Salinari, P., Schwab, T., Stalcup, T., Storm, J., Thiel, M., Weigelt, G., Ziegler, J., SPIE Marseille 23-28 June 2008

(5) Libri o sezioni di libri (2008)

- Masciadri, E., Optical Turbulence modeling and forecast – Towards a new era for ground based astronomy, Book on Seeing, Ed. Institute for Astronomy, Hawaii, US, [submitted](#)

(7) Manuali e rapporti tecnici (2008)

- 22/12/2008: Masciadri, E., Stoesz, J., Lascaux, F., Susanna, H., ARGOS - Preliminary Design Review: Site Characterization Report

- 29/2/2008: Masciadri, E., Stoesz, J., Lascaux, F., Hagelin, S., LBT - LGS Phase A, pag.80, pag.244

- 4/2008: Masciadri, E., ForOT Periodic Activity Report – Second Year

- 10/2008: Masciadri, E., ForOT Mid Term Review

(8) Pubblicazioni non referate (2008)

- Masciadri, E., Report on the Conference ‘Optical Turbulence – Astronomy meets Astronomy’, ESO Newsletter ‘The Messenger’, Dicembre 2008, N. 134, 53

Conference/Meeting (2008)

- Conferenza Internazionale: 'Optical Turbulence – Astronomy meets Meteorology' – 15-18 Settembre 2008, Baia delle Ninfee, Porto Conte, Alghero, Italia

- Mid-Term Review – ForOT – 3 Ottobre 2008, Arcetri, Firenze, Italia