

Curriculum Vitae Marco Tavani

1. Dati anagrafici e personali

Nome: Marco Tavani
Luogo e data di nascita: Roma, 5 ottobre 1957
Cittadinanza: italiana
Indirizzo e-mail: marco.tavani@inaf.it

2. Attività scientifica

Astrofisico, attivo in astronomia e astrofisica delle alte energie sia teorica che osservativa.

Laureato all'Università La Sapienza di Roma sotto la guida di Marcello Conversi nel 1982, ho poi conseguito il Ph.D alla Columbia University di New York in astrofisica teorica sotto la guida di Malvin Ruderman nel 1989. Esperienza decennale di ricerca e insegnamento in USA (Columbia University, University of California at Berkeley, Livermore National Laboratories, Stanford University, Princeton University) e NASA (Goddard Space Flight Center, Marshall Space Flight Center). Dal 1997 *Principal Investigator* della missione spaziale italiana di astrofisica gamma AGILE. Dal 1999 Dirigente di Ricerca prima al CNR e poi all'INAF. Dal 2007 docente del corso di "Fisica Spaziale" al Dipartimento di Fisica dell'Università Tor Vergata. Dal 2013 docente del corso di "High-Energy Astrophysics" al Gran Sasso Science Institute (GSSI). Abilitazione scientifica nazionale di prima fascia conseguita nel 2013. Dall'ottobre 2015, membro del Consiglio di Amministrazione dell'INAF.

Principal Investigator della missione spaziale AGILE dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) frutto della collaborazione scientifica e programmatica tra INAF, INFN e ASI. Il satellite in orbita dal 2007 è dedicato all'astrofisica gamma e X. Responsabile della gestione e del controllo esecutivo di contratti assegnati sia al team scientifico che all'industria per la costruzione dello strumento, attività scientifiche e di analisi dati della missione AGILE. Supervisione scientifica delle attività industriali legate alla missione (satellite, attività di sistema, lancio, *Ground Segment*). Autore di numerosi articoli nel campo dell'astrofisica delle alte energie.

Premio *Bruno Rossi 2012* dell'*American Astronomical Society* (AAS) per l'astrofisica delle alte energie in seguito alla scoperta di emissione gamma variabile dalla Nebulosa del Granchio che dimostra l'esistenza di un nuovo ed efficiente meccanismo di accelerazione di particelle. Il premio Bruno Rossi è stato ottenuto per la prima volta con dati di un satellite di classe medio-piccola. Coordinatore di programmi per lo studio di fenomeni terrestri di alta energia e di situazioni potenzialmente critiche di esposizione a particelle e radiazione nell'atmosfera.

Esperienza pluri-decennale e conoscenza approfondita della *governance* di INAF, INFN e ASI. Gestione di numerosi contratti sia come contraente che come originatore di programmi di ricerca e per la realizzazione industriale di esperimenti. Molteplici collaborazioni scientifiche attualmente in corso in Europa, USA, Russia e Giappone.

Titoli di studio

Ph.D. in Theoretical Physics, Columbia University (New York), Maggio 1989.

Master of Philosophy in Physics, Columbia University (New York), Ottobre 1985.

Laurea in Fisica *summa cum laude*, Università di Roma "La Sapienza", Luglio 1982.

Posizioni e attività accademiche

2015 Membro del Consiglio di Amministrazione dell'INAF.

2013 Abilitazione Scientifica Nazionale a professore di prima fascia.

2013 –oggi, Docente del corso di "Non-Thermal Processes in Astrophysics", Gran Sasso Science Institute, L'Aquila.

2007 –oggi, Docente dei corsi "Space Physics" e "High-Energy Astrophysics", Dipartimento di Fisica, Università "Tor Vergata" Roma. Membro del Consiglio Docenti del Dip. Fisica, Univ. "Tor Vergata".

2004 - oggi, Dirigente di Ricerca, Istituto Nazionale di Astrofisica, IASF-Roma.

1999-2003, Dirigente di Ricerca, Istituto Fisica Cosmica, CNR, Milano.

1997-1999, Senior Research Scientist, Istituto Fisica Cosmica, CNR, Milano.

1995-1997, Associate Research Scientist, Columbia University, Columbia Astrophysics Laboratory (USA).

1992-1994, Compton Gamma-Ray Observatory Fellow, Physics Department, Princeton University (USA).

1989-1991, Research Scientist, Physics Department and Institute of Geophysics and Planetary Physics, LLNL (USA).

1989-1991, Visiting Scientist, Department of Astronomy, University of California at Berkeley (USA).

1989-1991, Visiting Scientist, Stanford University, Physics Department (USA).

1983-1989, Ph.D. program, Columbia University, Physics Department (USA).

1982, Laurea in Fisica, Università di Roma La Sapienza.

Premi e Riconoscimenti

Premio Bruno Rossi 2012 dell'*High-Energy Division* dell'*American Astronomical Society* conferito "a Marco Tavani e al team AGILE per la scoperta della variabilità dell'emissione gamma dalla Nebulosa del Granchio".

NASA Compton Fellowship, 1992-1994 (Princeton University).

Principali tappe del curriculum scientifico

Laureato all'Università La Sapienza di Roma sotto la guida di Marcello Conversi (tesi su ricerca di oscillazioni neutrone-antineutrone previste da teorie di grande unificazione) ho poi conseguito il Ph.D alla Columbia University di New York sotto la guida di Malvin Ruderman (tesi teorica sull'evoluzione di sistemi binari X sotto l'influenza di effetti radiativi indotti da venti di particelle relativistiche da pulsar). Esperienza decennale di ricerca e insegnamento in università e istituzioni americane (Columbia University, University of California at Berkeley, Livermore National Laboratories, Stanford University, Princeton University) e NASA (Goddard Space Flight Center, Marshall Space Flight Center). Dal 1999 Dirigente di Ricerca prima al CNR e poi all'INAF.

Inizio a lavorare nel settore dell'astrofisica delle alte energie con vari lavori dedicati all'effetto del vento relativistico delle pulsar su stelle compagne e sull'evoluzione delle binarie X. Teoria dell'interazione del vento relativistico con la stella compagna e produzione di vento gassoso che può portare all'evaporazione completa di una stella compagna di piccola massa (spiegando l'esistenza di pulsar a millisecondi isolate). Formulazione della teoria di "radiation-driven evolution of X-ray binaries" [11]¹ che porta a una revisione sostanziale dell'evoluzione, molto più lenta e non osservata, prevista dall'emissione di onde gravitazionali in sistemi stellari binari (tale teoria ha oggi, dopo vari anni, conferma osservativa con la scoperta di pulsar a millisecondi in accrescimento in sistemi binari con compagni di piccola massa). Teoria dell'evaporazione di stelle compagne di piccola massa fino alla formazione di pianeti o planetesimali intorno alle pulsar [10]. Formulazione della teoria delle "pulsar nascoste" in sistemi binari. Teoria dell'emissione X e gamma da pulsar in sistemi binari e in particolare dal sistema PSR 1259-63 [8] che costituisce la base delle teorie di sorgenti gamma indotte da pulsar nascoste in sistemi binari (applicate a molte sorgenti gamma scoperte in seguito). Lavoro alla teoria dei venti relativistici di pulsar con enfasi a pulsar wind nebulae (PWN) e produzione di elettroni/positroni nella galassia.

Contribuisco alla teoria dei Gamma-Ray Burst con vari articoli dedicati all'accelerazione e ai processi radiativi dell'emissione *prompt* e dell'*afterglow* [9]. Formulazione della teoria di "shock-driven synchrotron emission of GRBs", oggi lo standard per l'emissione X e gamma della fase *prompt* dei GRB. Studio delle proprietà statistiche dei GRB in relazione ai processi di emissione.

Dal 1997 *Principal Investigator* (PI) della missione spaziale dell'ASI AGILE (<http://agile.iasf-roma.inaf.it>), satellite in orbita dal 2007 e unica missione scientifica operativa interamente italiana [7]. Gestione diretta di contratti sia industriali che per la costruzione dello strumento scientifico di AGILE, attività scientifiche e di *Ground Segment*. Responsabile scientifico delle attività industriali legate alla missione AGILE. Gestione delle attività scientifiche e tecniche di team nella fase operativa. AGILE è ai vertici internazionali della ricerca spaziale e del management ottimizzato di missioni spaziali².

Premio *Bruno Rossi* 2012 dell'*American Astronomical Society* (AAS) per l'astrofisica delle alte energie per la scoperta di emissione gamma transiente dalla Nebulosa del Granchio [2] che dimostra l'esistenza di un nuovo meccanismo di accelerazione di particelle molto efficiente e dalle caratteristiche impreviste.

¹ I riferimenti bibliografici numerati si riferiscono alla lista ristretta di pubblicazioni, si veda pag. 8.

² Per una visione di AGILE nel contesto delle missioni spaziali europee come analizzato dall'Agenzia Spaziale Europea, si veda il documento *The Socio-Economic Impact of Investments in Space*, D/IPL, 17/09/2014, ESA/CWG-M-4, disponibile su richiesta all'indirizzo e-mail: pi.agile@iaps.inaf.it.

Numerose sono le scoperte scientifiche di AGILE, possibili grazie ad uno strumento innovativo frutto della collaborazione tra INFN, INAF, CNR e industria nazionale. La combinazione di due *imager* co-allineati per la rivelazione simultanea di raggi X-duri (20-60 keV) e gamma (0.1-30 GeV) è una caratteristica unica di AGILE. Un calorimetro a basso fondo e capace di osservare fotoni tra 1 MeV e 100 MeV completa la terna di rivelatori. La risoluzione angolare nella banda 100 MeV - 1 GeV di AGILE risulta ottima e si è ora determinato essere uguale a quella del satellite della NASA *Fermi*. Nonostante le differenze strutturali dei due strumenti, il sistema di lettura analogico e le tecniche di analisi dati gamma di AGILE hanno contribuito a raggiungere risultati cruciali per la rivelazione di fotoni gamma cosmici. Per la prima volta dal 2007 AGILE ha esplorato l'universo gamma con un campo di vista che copre circa 1/5 dell'intero cielo. Il sistema di trigger di bordo e l'architettura del sistema di acquisizione dati sono stati configurati sotto la mia supervisione. La trasmissione e l'analisi dati a terra di AGILE molto veloce hanno consentito la scoperta di molti fenomeni transienti (che includono la Nebulosa del Granchio, numerose galassie attive con buchi neri super-massivi e transienti galattici) con un sistema di allerta attualmente unico nel suo genere e capace di produrre risultati entro 2-3 ore dall'acquisizione a bordo.

Tra i risultati di AGILE si menzionano (in ordine cronologico): (1) la scoperta di emissione gamma transiente corrispondente a cambi di stato spettrali, accelerazione ed emissione di getti relativistici da parte della sorgente (*micro-quasar*) *Cygnus X-3* fondamentale per studi di astroparticelle [6]; (2) la prima evidenza diretta di accelerazione di raggi cosmici adronici (protoni, ioni) da parte di Resti di Supernovae (*W44* [4] e *IC443* [5]), un risultato fondamentale per lo studio dei raggi cosmici; (3) la rivelazione di emissione gamma della *pulsar wind nebula* associata alla Vela pulsar; (4) l'osservazione di emissione gamma transiente di buchi neri super-massivi in galassie attive (AGN) dalle caratteristiche imprevedute (quali *3C 454.3*, *3C 279*, *PKS 1510-089*); (5) la scoperta di emissione transiente dalla Nebulosa del Granchio (*Crab Nebula*) avvenuta nel settembre 2010 e fino ad allora considerata la sorgente astrofisica standard di emissione costante X e gamma [2]; (6) l'individuazione di numerosi transienti gamma galattici (tra cui la sorgente gamma *AGL J2241+4454* che ha portato alla recente scoperta del primo sistema di buco nero binario con stella compagna di tipo Be a bassissima emissione X, *MWC 656*); (7) la rivelazione di emissione *prompt* pseudo-termica e poi fortemente non-termica per una classe di lampi gamma cosmici (*GRB*) corti; (8) il monitoraggio di decine di *micro-quasar*, buchi neri e stelle di neutroni rivelate nella banda X-dura; (9) la mappatura gamma dell'intera galassia ed in particolare del centro galattico ad alta risoluzione nella banda 100 MeV – 1 GeV; (10) il sistema di allerta attualmente più efficiente e veloce per la rivelazione di sorgenti astrofisiche di alta energia con risultati disponibili su web e *smartphone* entro 2-3 ore dall'acquisizione satellitare.

AGILE si è rivelato uno strumento prezioso non solo per lo studio dell'universo ma anche della terra. Il satellite ha infatti misurato emissione gamma da parte di lampi gamma terrestri per la prima volta fino a 100 MeV [3] aprendo un nuovo filone di indagine e di interpretazione dei fenomeni naturali di accelerazione di alta energia. Le implicazioni di tali misure sono molteplici. Ho proposto diverse iniziative per lo studio di fenomeni terrestri di alta energia e per migliorare la sicurezza di dispositivi di aerei in situazioni potenzialmente critiche di esposizione a particelle e radiazione nell'atmosfera [1]. Ho inoltre coordinato a partire dal 2009 diverse collaborazioni tra il gruppo AGILE e l'istituto ISAC del CNR, il Centro di Fisica Spaziale Danese, l'Università di Bergen, il NASA Marshall Space Flight Center, e l'Università di Tel Aviv, tutte istituzioni interessate allo studio dei lampi gamma terrestri. Come l'esperienza di questi anni dimostra, la ricerca di base può portare allo sviluppo di servizi innovativi sia in ambito spaziale che di fisica terrestre, con sviluppi in meteorologia, sicurezza del volo aereo, e studio della magnetosfera terrestre e di correlazioni con fenomeni energetici di origine terrestre.

L'articolo *Dai Buchi Neri alla Terra* (apparso sulla rivista *Le Scienze* del mese di aprile 2013) riassume i risultati scientifici più importanti ottenuti recentemente dal satellite AGILE.

Pubblicazioni

h-index: 50 (NASA-ADS, basato su articoli referati). Autore di 707 pubblicazioni/comunicazioni di cui 235 in *refereed journals* (al 15 agosto 2015) che includono *Nature*, *Science*, *Physical Review Letters*, *Astrophysical Journal*, *Astrophysical Journal Letters*, *Astronomy & Astrophysics*, *Journal of Geophysical Research*, *Geophysical Research Letters*, *Natural Hazards and Earth Sciences*, *Le Scienze*, *Il Saggiatore*. Autore di decine di rapporti interni e di documentazione ufficiale legata alla missione spaziale AGILE.

Pubblicazioni (lista ristretta)

1. **Possible Effects on Avionics Induced by Terrestrial Gamma-Ray Flashes**
Tavani, M., et al., *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **13**, 1127-1133 (2013).
2. **Discovery of Powerful Gamma-Ray Flares from the Crab Nebula**
Tavani, M., et al., *Science*, **331**, 736-739 (2011).
3. **Terrestrial Gamma-Ray Flashes as Powerful Particle Accelerators**
Tavani M., et al. *Physical Review Letters*, **106**, 018501 (2011).
4. **Neutral Pion Emission from Accelerated Protons in the Supernova Remnant W44**
Giuliani, A., Cardillo, M., Tavani M., et al., *Astrophysical Journal Letters*, **742**, L30 (2011).
5. **Direct Evidence for Hadronic Cosmic-Ray Acceleration in the Supernova Remnant IC 443**
Tavani M., et al., *Astrophysical Journal Letters*, **710**, L15 (2010).
6. **Extreme Particle Acceleration in the Microquasar Cygnus X-3**
Tavani M., et al., *Nature*, **462**, 620 (2009).
7. **The AGILE Mission**
Tavani M., Barbiellini G., et al., *Astronomy & Astrophysics*, **502**, 995 (2009).
8. **Theory of High-Energy Emission from the Pulsar/Be Star System PSR 1259-63. I. Radiation Mechanisms and Interaction Geometry**
Tavani M. & Arons, J., *Astrophysical Journal*, **477**, 439 (1997).
9. **Shock Emission Model for the Gamma-Ray Bursts**
Tavani M., *Physical Review Letters*, **76**, 3478 (1996).
10. **The Origin of Planets Orbiting Millisecond Pulsars**
Tavani M. & Brookshaw, L., *Nature*, **356**, 320 (1992).
11. **Orbital Evolution of Low-mass X-ray Binaries due to Radiation Driven Mass Transfer**
Tavani M., *Nature*, **351**, 39 (1991).

Didattica

Attualmente docente dei corsi di Laurea Magistrale “Fisica Spaziale” e “High-Energy Astrophysics” nel Dipartimento di Fisica dell’Università Tor Vergata e del corso di “Astrofisica delle Alte Energie” per studenti di dottorato in fisica al Gran Sasso Science Institute de L’Aquila. Membro del Collegio Docenti del Dipartimento di Fisica dell’Università Tor Vergata. Docente di diversi corsi per programmi di Dottorato in Fisica e Astronomia in varie Università e Scuole su tematiche di fisica spaziale, fisica dei plasmi, fisica dei raggi cosmici e dei processi di accelerazione, processi radiativi, astrofisica delle alte energie. Relatore di Tesi di Dottorato di numerosi dottorandi.

3. Gestione di organismi di ricerca

Responsabile di numerosi *grant* di ricerca della NASA durante il periodo 1990-1997 sia per programmi osservativi di astrofisica delle alte energie legati alle missioni (CGRO, ASCA, Chandra) che teorici nell’ambito dell’Astrophysics Theory Program.

Nel periodo 1996-1997 Co-Direttore del programma di ricerca NASA-NRAO del Green Bank Interferometer (GBI) per il monitoraggio radio di sorgenti astrofisiche X e gamma.

Esperienza pluri-decennale nella gestione di progetti di ricerca con l'industria nazionale. Gestione diretta di contratti per le attività industriali di AGILE (per la costruzione dell’intero strumento scientifico) e per le attività scientifiche e di *Ground Segment*. Coordinatore scientifico dell’AGILE *Instrument System Team* di ingegneri e fisici preposto alle attività di sistema e di verifica, test e controllo delle attività realizzative dei gruppi scientifici e di raccordo con le attività industriali. Tale *System Team* si è rivelato cruciale per il buon fine delle attività tecnologiche e per il contenimento dei costi industriali della missione.

Dal mese di ottobre 2015, sono membro nominato dal MIUR del Consiglio di Amministrazione dell’INAF.

4. Divulgazione scientifica

Impegnato in molti progetti di divulgazione di risultati scientifici in ambito INAF e ASI. Autore di numerose brochure e pubblicazioni di divulgazione scientifica. Diverse conferenze pubbliche e partecipazioni a manifestazioni culturali. Numerose lezioni svolte nelle scuole. Partecipazioni a trasmissioni televisive (RAI) e radio. Diversi articoli di divulgazione scientifica apparsi sul *Corriere della Sera* e *Le Scienze*. Autore del libro **AGILE: ai confini dell’Universo**, realizzato sotto egida ASI nel 2013.