

# Prima misura a larga banda del raffreddamento radiativo della Terra

A cura di: Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" - IFAC

7 dicembre 2005

Il 30 giugno 2005, è stato effettuato con successo il volo su pallone dello spettrometro a trasformata di Fourier REFIR-PAD (Radiation Explorer in the Far InfraRed - Prototype for Applications and Development), realizzato presso l'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR). Il lancio è avvenuto dalla base di Teresina in Brasile (Figura 1). Lo strumento ha eseguito la misura della radiazione emessa dall'atmosfera verso lo spazio coprendo per la prima volta tutta la regione spettrale coinvolta in questo fenomeno. I dati raccolti forniscono informazioni dettagliate sui principali componenti dell'atmosfera che determinano l'effetto serra e più in generale i cambiamenti climatici.



Figura 1: Lancio di REFIR-PAD dalla base di lancio palloni stratosferici situata presso Teresina, Brasile, 30 giugno 2005, 3:36 locali.

La misura si inserisce nell'ambito degli studi del bilancio energetico dell'atmosfera terrestre e dell'effetto serra. La Terra viene irradiata dal Sole con un'energia media di circa  $342 \text{ W/m}^2$ ; l'atmosfera riemette parte dell'energia ricevuta sia per diffusione all'indietro nell'UV e visibile, principalmente causata dalle nubi e dalla superficie coperta di neve o ghiaccio, e sia per emissione termica nell'infrarosso. Lo sbilanciamento tra l'energia solare assorbita e l'emissione termica determina la quantità di energia intrappolata nell'atmosfera causando il cosiddetto "effetto serra". L'entità dell'effetto serra e quindi il riscaldamento del clima sono fortemente dipendenti dalla struttura chimico-fisica verticale dell'atmosfera. L'alterazione della composizione chimica per cause naturali od umane provoca una variazione delle proprietà fisiche che causano a loro volta la variazione della misura con cui agisce l'effetto serra.

Per caratterizzare al meglio questo fenomeno è importante studiare l'emissione termica a larga banda su tutto il suo spettro di frequenze, da 4 a  $100 \mu\text{m}$  di lunghezza d'onda. Fino ad oggi, i sondaggi risolti in frequenza fatti dallo spazio si sono limitati a misure a banda stretta fino al medio IR, non oltre i  $15 \mu\text{m}$  di lunghezza d'onda. Il limite è stato principalmente di natura tecnologica, legato alla necessità di un raffreddamento a bassissime temperature per avere rivelatori efficienti a grandi lunghezze d'onda. In strumentazione spaziale è di solito dispendioso e poco fattibile avere questo tipo di raffreddamento in particolare in missioni di lunga durata (3-5 anni), come lo sono quelle richieste per studi di climatologia. Di recente, lo sviluppo di rivelatori a temperatura ambiente di tipo piroelettrico e strumentazione ottica a trasformata di Fourier con elevata efficienza ha consentito di superare questi limiti e di realizzare uno strumento come REFIR-PAD in grado di fornire la misura su tutta la banda di emissione dell'atmosfera dal lontano al medio IR.

REFIR-PAD è stato progettato per eseguire misure da piattaforme stratosferiche (Figura 2) portate in quota a circa 30-40 km da grandi palloni riempiti di elio. A questa altezza, la maggior parte dell'atmosfera che emette radiazione termica si trova al di sotto dello strumento e la pressione è così bassa da poter considerare questa misura simile a quella che si potrebbe fare da un satellite.

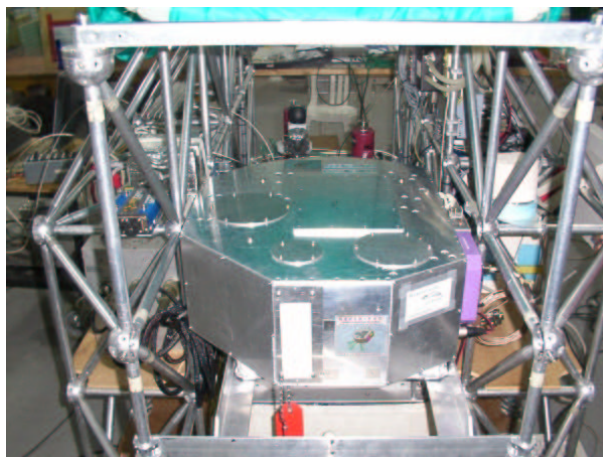


Figura 2: REFIR-PAD integrato sulla navicella di lancio. Lo strumento pesa 55 kg, ha dimensioni di 62 cm di diametro x 26 cm di altezza ed un consumo di circa 50 W.

Lo strumento ha sfruttato l'opportunità di volo fornita dalla navicella francese che ospita lo strumento LPMA-IASI (Limb Profile Monitor of the Atmosphere-Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) (Figura 3), durante una campagna di lancio di palloni stratosferici eseguita in Brasile lo scorso giugno. LPMA-IASI è il prototipo dello spettrometro francese IASI per studi della composizione chimica della troposfera che volerà sul satellite europeo MetOp il prossimo anno.

La preparazione di REFIR-PAD è stata eseguita dal team del CNR (Figura 4) in collaborazione con l'Istituto LPMAA (Laboratoire de Physique Moléculaire pour l'Atmosphère et l'Astrophysique) di Parigi e l'Agenzia Spaziale Francese (CNES). Durante il volo di circa 8 ore ad una quota di circa 34 km, REFIR-PAD ha eseguito 460 sondaggi dell'atmosfera con misure al nadir della radiazione emessa in regioni tropicali nell'intervallo spettrale di 8-100  $\mu\text{m}$  e con risoluzione di 0.5  $\text{cm}^{-1}$ .

REFIR-PAD è stato studiato nell'ambito del progetto internazionale REFIR finanziato da EC, ESA e ASI a partire dal 1998. L'Istituto IFAC-CNR, da molti anni attivo nel campo della spettroscopia a trasformata di Fourier, è stato promotore del progetto REFIR e degli studi relativi alla caratterizzazione del bilancio radiativo terrestre. In particolare, ha realizzato il prototipo sviluppando in proprio tutte



Figura 3: Navicella LPMAA-CNES durante la preparazione del lancio.

le tecnologie richieste (con eccezione dei rivelatori piroelettrici) per ottenere uno strumento compatto per applicazioni sia di laboratorio che sul campo.

I primi risultati della campagna di misura di Teresina confermano sperimentalmente la capacità di misura di questo strumento, fornendo anche una dimostrazione della sua fattibilità tecnologica in vista di una futura missione spaziale. La misura eseguita consentirà di indagare per la prima volta la regione spettrale del lontano IR (lunghezza d'onda  $> 30 \mu m$ ) mai misurata in precedenza e responsabile di circa il 30-50% della radiazione persa dalla Terra verso lo spazio (Figura 5) e consentirà di studiare il legame che c'è tra l'energia emessa ed i componenti atmosferici da cui dipende l'emissione. Queste misure potranno in breve tempo fornire nuove indicazioni per i modelli di previsione climatica, fornendo una stima del contributo che la



Figura 4: Team REFIR-PAD del CNR

banda rotazionale del vapor d'acqua e le nubi danno nel lontano IR all'effetto serra. Il lavoro, di grande interesse per la ricerca climatologica, è studiato nell'ambito di collaborazioni nazionali (IMAA-CNR, ADGB-Univ. di Bologna, DIFA-Univ. della Basilicata) che internazionali (Imperial College-Londra, Agenzia Spaziali: francese - CNES, europea - ESA, statunitense - NASA).

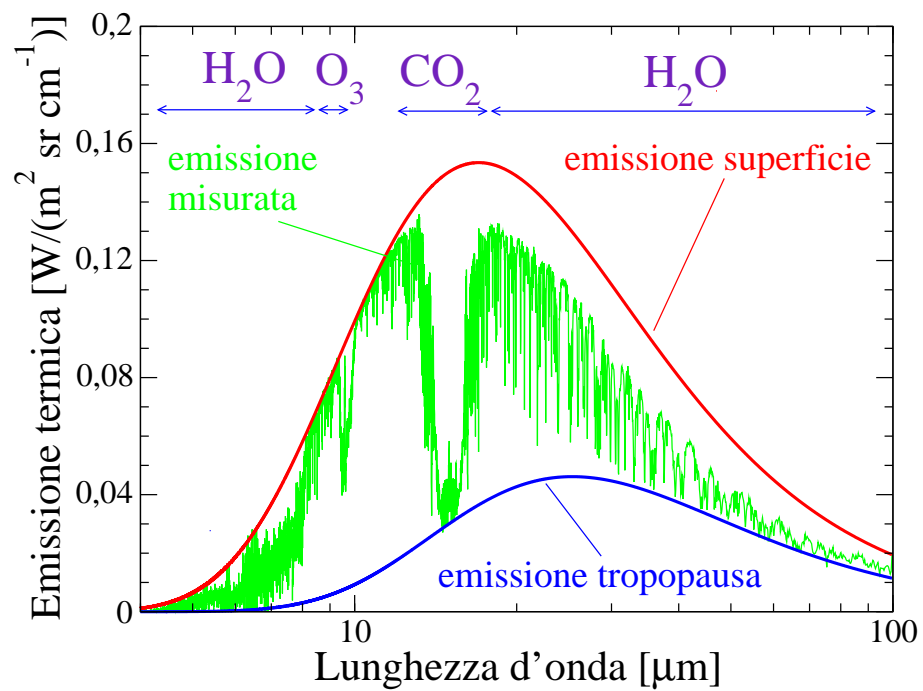


Figura 5: Spettro della radiazione emessa dalla Terra misurata da 34 km di quota (curva verde). Lo spettro mostra che l'emissione è definita dalle emissioni di corpo nero della superficie terrestre (curva rossa) a 27 °C e della tropopausa (curva blu) a -72 °C, che è la parte più fredda dell'atmosfera, ed è modulata dall'assorbimento delle specie molecolari presenti in atmosfera (acqua, anidride carbonica e ozono).