

## W6 – NEAR-EARTH SPACE AND BEYOND – EYES ON THE SKY

### Position paper

Convener del workshop: M. Gervasi, M.F. Marcucci, S. Masi, V. Romano, O. Straniero & P. de Bernardis

#### Considerazioni preliminari

L'Antartide rappresenta, per le osservazioni astronomiche e dello spazio intorno alla Terra, un sito di notevole interesse in ragione delle sue caratteristiche peculiari, un sito privilegiato da cui studiare processi fisici che avvengono nello spazio. In tal senso vi è una differenza rilevante rispetto a molti altri ambiti di ricerca nei quali è l'ambiente "Antartide" l'oggetto stesso della ricerca.

Le osservazioni astronomiche richiedono siti osservativi con caratteristiche di elevata trasparenza e stabilità atmosferica. Queste caratteristiche si possono trovare sul plateau Antartico, in particolare nelle località ad altitudine maggiore.

Lo studio delle relazioni Sole-Terra e dello spazio vicino avviene attraverso le osservazioni dei fenomeni legati alla presenza di particelle cariche. Queste, per la particolare conformazione del campo magnetico terrestre, penetrano più facilmente nelle zone polari, dove si ha una fenomenologia molto più ricca.

#### Problematiche scientifiche

Le problematiche scientifiche che si possono affrontare in Antartide sono varie. Tuttavia, come è stato evidenziato (vedi [http://www.arena.ulg.ac.be/upload/100126\\_ARENA\\_EUROPEAN\\_VISION.pdf](http://www.arena.ulg.ac.be/upload/100126_ARENA_EUROPEAN_VISION.pdf) oppure <http://www.scar.org/srp/aaa>), il plateau antartico è particolarmente adatto per i programmi scientifici che richiedono un tempo di osservazione lungo in condizioni ambientali stabili, difficilmente ottenibili in altri siti osservativi. Questo è il requisito fondamentale per le osservazioni dell'Universo primordiale attraverso la Radiazione Cosmica a Microonde (CMB) in particolare per la misura dei modi-B di polarizzazione, che sono generati dal fondo di Onde Gravitazionali originatesi durante il periodo di *Cosmic Inflation*. L'elevata qualità, in termini di trasparenza e stabilità, dell'atmosfera al di sopra del plateau antartico consente inoltre di effettuare osservazioni in bande di frequenza, che in altri siti risulterebbero proibitive. Ciò si verifica in modo particolare in alcune bande del vicino, medio e lontano Infrarosso. Nel lontano Infrarosso (onde sub-millimetriche) si possono effettuare studi cosmologici con osservazioni di oggetti lontani (ad alto *red-shift*) come ad esempio gli ammassi di galassie. Nel medio e vicino infrarosso si possono osservare sorgenti della Via Lattea o di galassie vicine alla nostra di particolare interesse, come ad es. regioni di formazione stellare, Supernovae e resti di Supernova, Nane Brune e pianeti extrasolari.

Durante l'estate antartica il sole è visibile di continuo per diversi mesi. Questo, in aggiunta al basso *seeing* atmosferico, favorisce l'osservazione del Sole, ed in particolare della Corona solare. La Corona è sede dei fenomeni magnetici da cui si originano le particelle energetiche che arrivano sulla Terra e ne influenzano lo spazio circostante (*Space Weather*). Le particelle cariche più abbondanti provenienti dal sole (vento solare) e quelle energetiche (SEP), così come i raggi cosmici galattici, interagiscono con la magnetosfera terrestre, la ionosfera e la parte superiore dell'atmosfera. Queste penetrano, preferenzialmente nelle regioni polari, e trasferiscono energia alla magnetosfera ed alla ionosfera. Questi processi sono molto intensi durante le tempeste magnetiche. Tali fenomeni sono spesso accompagnati da Aurore polari e da disturbi ai sistemi tecnologici.

## Aree geografiche

Per le osservazioni astrofisiche, come si è detto, sono privilegiati i siti dove l'atmosfera è molto stabile e trasparente. Pertanto sono interessanti le aree interne ad alta quota sul plateau. Qui la temperatura particolarmente bassa consente di avere un contenuto di vapore d'acqua molto basso rispetto ad altri siti in giro per il mondo. La stazione Concordia è uno dei siti migliori in assoluto sul pianeta. La posizione di Dome C è anche ideale per evitare di avere venti forti che possano contribuire a far aumentare la turbolenza atmosferica e la presenza di cristalli di ghiaccio in sospensione. A tutto ciò si aggiunge la stabilità ambientale particolarmente elevata, soprattutto nei mesi invernali, l'elevata frequenza di cielo sereno e la quasi assenza di precipitazioni. In sintesi il sito permette di avere un elevatissimo *duty cycle* di osservazione.

Per quanto riguarda lo studio delle relazioni Sole-Terra Concordia rappresenta ancora un sito privilegiato, in quanto si trova molto prossimo alla posizione del polo magnetico. I campi di vista dei due radar ionosferici di Concordia, rivolti dal polo geomagnetico a due zone aurorali non coperte, completano la rete SuperDARN. Nondimeno sono indispensabili osservazioni effettuate da diversi punti in modo da poter seguire l'evoluzione spaziale e temporale dei fenomeni che hanno origine da tempeste magnetiche dovute all'arrivo di particelle energetiche dal Sole. Pertanto la rete degli osservatori geomagnetici necessita di una copertura spaziale il più possibile ampia. La strumentazione in funzione presso Concordia e MZS fornisce dati che vengono utilizzati in correlazione con quelli acquisiti presso altre stazioni.

## Metodologie e strumenti

I progetti osservativi in cosmologia, in particolare per la CMB, si avvalgono di strumentazione appositamente costruita che utilizza lo stato dell'arte della tecnologia. I rivelatori sono tra i più sofisticati e la strategia osservativa è fondamentale per poter distinguere i tenui segnali che si vogliono cercare. Molto spesso la strumentazione è di grandi dimensioni, infatti la superficie di raccolta della radiazione ed il numero di rivelatori hanno un impatto diretto sulla sensibilità dello strumento. Nel caso dell'esperimento QUBIC, che sarà installato a Concordia nei prossimi anni, il grande numero di rivelatori garantisce una elevata sensibilità, mentre la tecnica interferometrica viene impiegata per avere un controllo estremo degli effetti sistematici. Tutto questo vale anche nei programmi per i quali i target osservativi sono relativamente vicini, ma emettono un segnale debole, come è il caso dei pianeti extrasolari, o sono sorgenti estremamente lontane come gli ammassi di galassie ed in genere gli oggetti ad alto *red-shift*. Per queste osservazioni sono privilegiati telescopi con specchi di grande diametro (tipicamente 8-10 metri in banda infrarossa o nel sub-millimetrica). In tal senso l'esempio è dato dalla strumentazione in servizio presso la base americana Amundsen-Scott a South Pole. Per poter attuare progetti di questa portata è necessario che ci sia il supporto delle strutture logistiche ed una stazione funzionale, sia in fase di implementazione della strumentazione che nella fase successiva di presa dati.

Lo studio delle relazioni Sole-Terra e dello *Space Weather* richiede un sistema integrato di osservatori che siano in grado di monitorare la varia fenomenologia associata all'interazione delle particelle energetiche con il sistema Magnetosfera/Ionosfera/Atmosfera. Le reti di radar ionosferici localizzati nella zona aurorale e sub-aurorale, in entrambi gli emisferi, permettono di studiare, tra le altre cose, la struttura e la dinamica della convezione ionosferica, la coniugazione inter-emisferica dei fenomeni ionosferici, la convezione associata alle tempeste magnetiche, le irregolarità ionosferiche alle alte latitudini, le onde di gravità nell'alta atmosfera. SuperDARN è una rete internazionale di radar ionosferici distribuiti su entrambi gli emisferi. Uno di questi, DCE (Dome C Est), è installato a Concordia, mentre un secondo, DCN (Dome C North), sarà in funzione a breve. Gli Osservatori geomagnetici sono fondamentali poiché garantiscono la raccolta dei dati

su tempi molto lunghi, consentendo lo studio della dinamica del campo geomagnetico su varie scale temporali (variazione secolare, variazione diurna, pulsazioni). Inoltre la collocazione geografica degli osservatori è importante. Infatti ad esempio le stazioni TNB (Mario Zucchelli), DRV (Francia) e SBA (Nuova Zelanda) costituiscono una rete lungo il parallelo geomagnetico 80°S e sono ideali per lo studio della propagazione longitudinale delle variazioni del campo di origine esterna, nell'ambito dello *Space Weather*. Il confronto con DMC (Concordia), in prossimità del polo geomagnetico, permette invece di studiare la propagazione latitudinale. La serie storica dei dati raccolti dalla rete di osservatori dell'alta atmosfera è disponibile al sito [www.eSWua.ingv.it](http://www.eSWua.ingv.it). Accanto a questi sono utili osservatori aurorali, composti da reti di camere *all-sky*, ionosonde e ricevitori GPS/GNSS, per il monitoraggio della scintillazione ionosferica. Ad integrare quanto detto è possibile associare, a Concordia, un telescopio solare con un coronografo per il monitoraggio della corona solare.

### **Ambito internazionale**

Le osservazioni astronomiche e cosmologiche e quelle relative allo *Space Weather* sono, di norma, effettuate nell'ambito di grossi progetti internazionali, in cui è coinvolto un cospicuo numero di ricercatori, di istituti ed enti di ricerca. In Antartide, ed in particolare a Concordia, ci sono diverse attività in atto o programmate per il futuro immediato che hanno un respiro internazionale. Qui di seguito vengono riportati gli esempi più significativi, che coinvolgono maggiormente la comunità scientifica italiana.

IRAIT-ITM (*International Robotic Antarctic Infrared Telescope – Infrared Telescope Maffei*) è un telescopio infrarosso installato a Concordia, sotto la guida italiana, a cui hanno effettuato osservazioni gruppi Italiani, con la camera AMICA, con la collaborazione di ricercatori Spagnoli e gruppi francesi, con la camera CAMISTIC.

QUBIC è un programma di osservazione dei modi-B di polarizzazione della Radiazione Cosmica a Microonde. QUBIC (<http://www.qubic-experiment.org/>) è un progetto in larga parte Italiano e Francese e per questo motivo troverà la sua collocazione naturale presso la stazione Concordia. Le nazioni che attualmente contribuiscono a QUBIC, oltre a Italia e Francia, sono: Regno Unito, Irlanda, Stati Uniti.

SuperDARN (<http://vt.superdarn.org>) è una rete di radar ionosferici distribuiti in entrambi gli emisferi, nelle regioni polari. L'Italia ha in gestione i due radar di Concordia. Le nazioni, oltre all'Italia, che attualmente contribuiscono a SuperDARN sono: l'Australia, il Canada, la Cina, la Francia, il Giappone, l'Inghilterra, gli Stati Uniti e il Sud Africa.

GRAPE (*GNSS Research and Application for Polar Environment*) è un *expert group* dello SCAR (<http://www.scar.org/ssg/geosciences/grape>), a guida italiana, che coordina una rete internazionale (tra cui Stati Uniti, Sudafrica, Argentina, Regno Unito, Australia, Canada, Giappone, Brasile, Belgio, Polonia) con l'obiettivo di condividere ed ottimizzare l'uso dei dati acquisiti dal network distribuito di stazioni GPS/GNSS per la scintillazione ionosferica. Nell'ambito di questo *expert group* Italia, Brasile e Sudafrica partecipano ad un progetto PNRA, denominato DemoGRAPE, che si prefigge di integrare la rete osservativa con una infrastruttura di dati ed applicazioni completamente interoperabile.