



Associazione Culturale Micene  
1° Congresso Nazionale  
Evoluzione della Scienza e della Tecnica

---



## Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

*dr. Claudio Maccone*

Accademia Internazionale di Astronautica (IAA)

Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)

Socio Onorario Ass. Cult. Micene

[clmaccon@libero.it](mailto:clmaccon@libero.it)



- ❑ Base radio sulla faccia nascosta della Luna  
- Cosmic Study realizzato per l'Accademia Internazionale di Astronautica
  
- ❑ SMART-1 e la ionosfera lunare
  
- ❑ Difesa planetaria nello spazio



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -

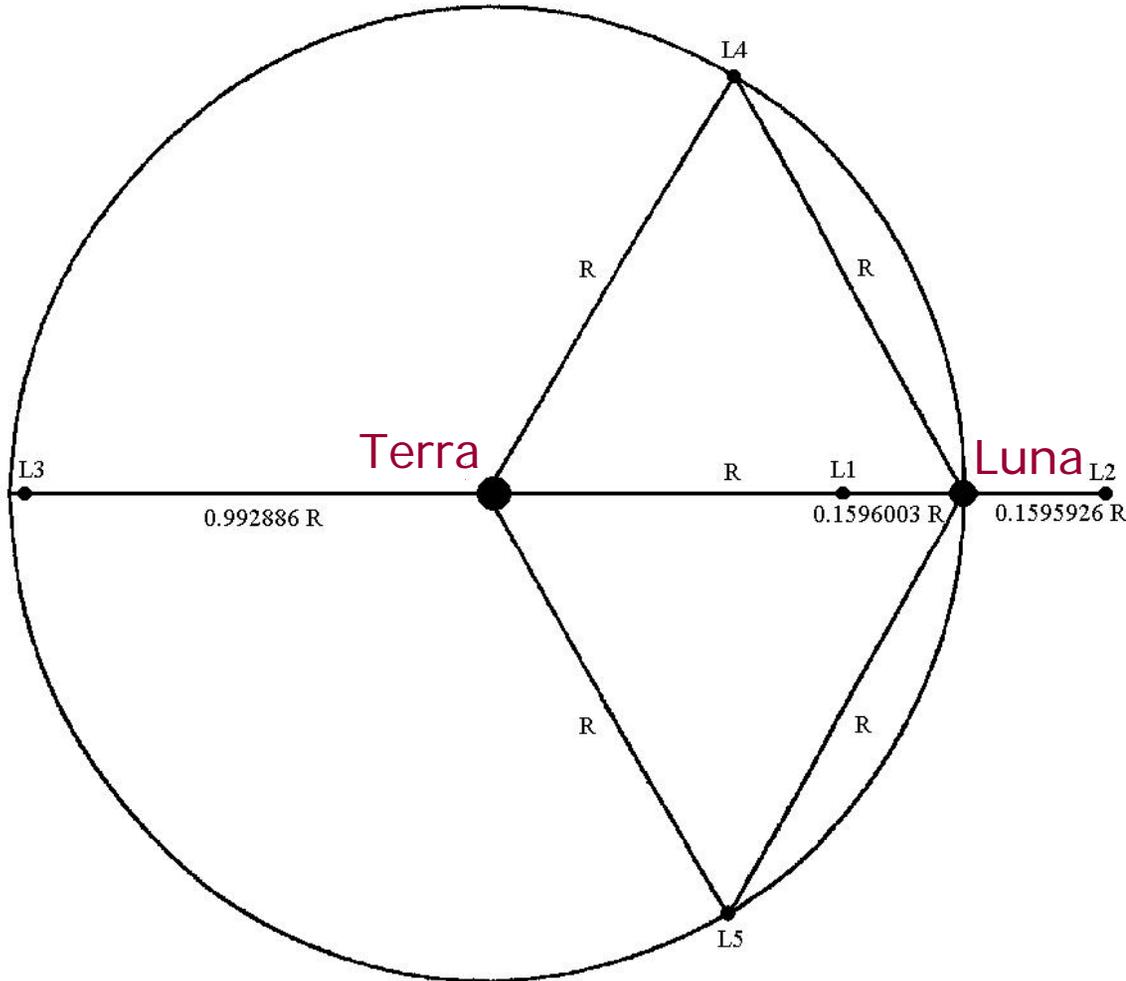


- ❑ 1994 – Jean Heidmann propone un osservatorio SETI nel cratere Saha con link al Mare Smythii e quindi alla Terra
- ❑ 1994 – All'interno del comitato SETI presso l'IAA viene stabilito il sotto-comitato di studio per la faccia nascosta della Luna
- ❑ 1996 – L'IAA approva i concetti di base del Cosmic Study
- ❑ 1998 – Il COSPAR si riunisce per sostenere le idee
- ❑ 2000 – Heidmann muore e Maccone lo sostituisce
- ❑ 2001 – Riunione al JPL
- ❑ 2003 – Risultati del Cosmic Study presentati all'IAA
- ❑ 2005 – Pubblicazione dei risultati



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



## Punti di Lagrange del sistema Terra-Luna

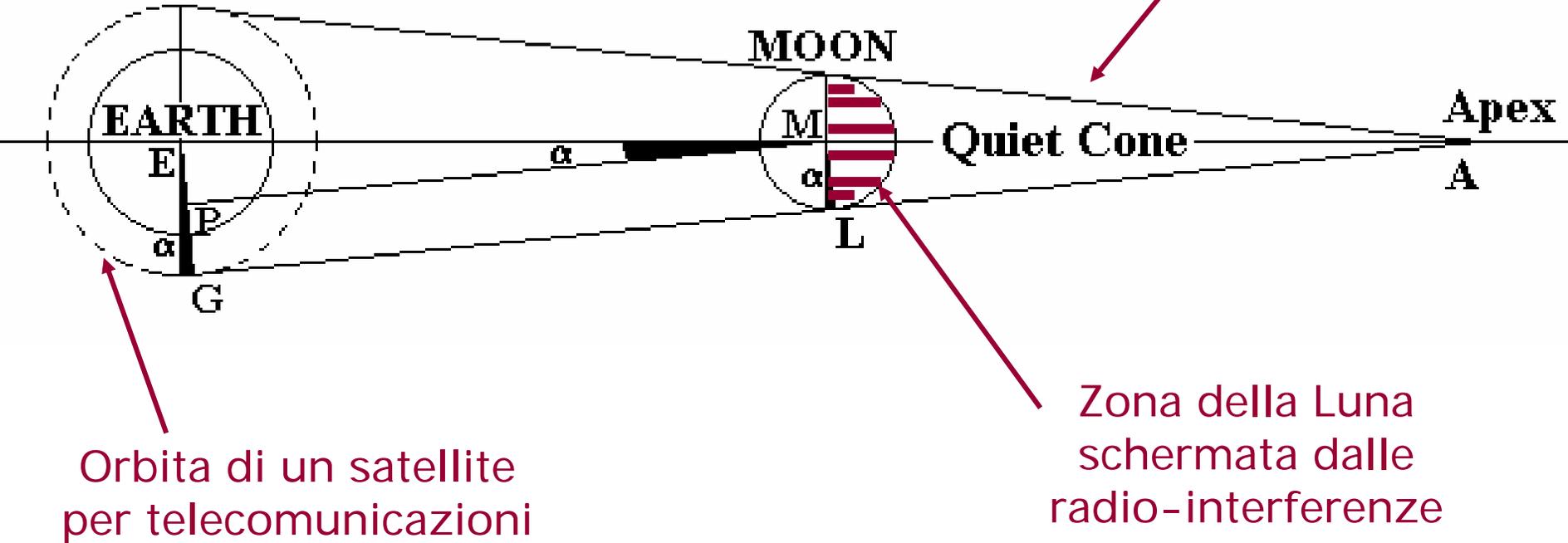


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



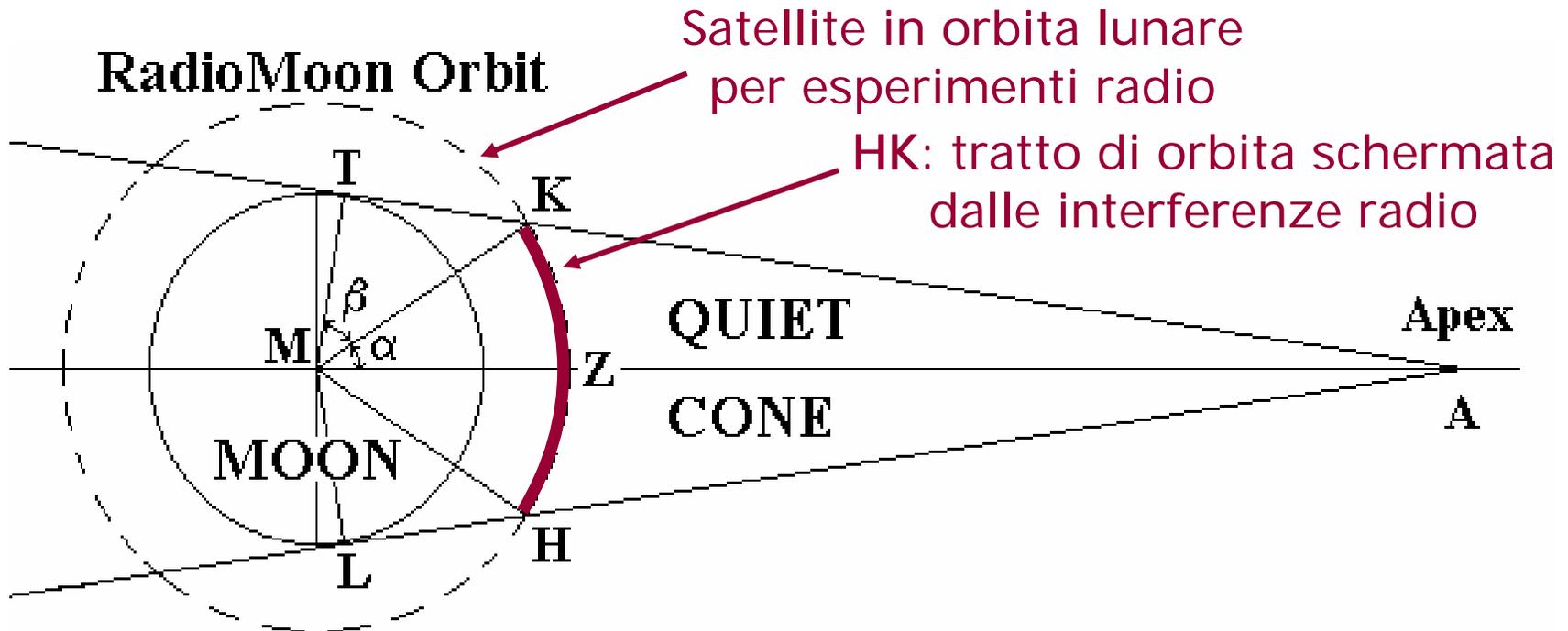
## Telecom Satellite Orbit





# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



Le dimensioni del "quiet cone" dipendono dall'altitudine  $h$  dei satelliti per telecomunicazioni attorno alla Terra  
 $h$  maggiori  $\rightarrow$  quiet cone più bassi  $\rightarrow$  HK più corti



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -

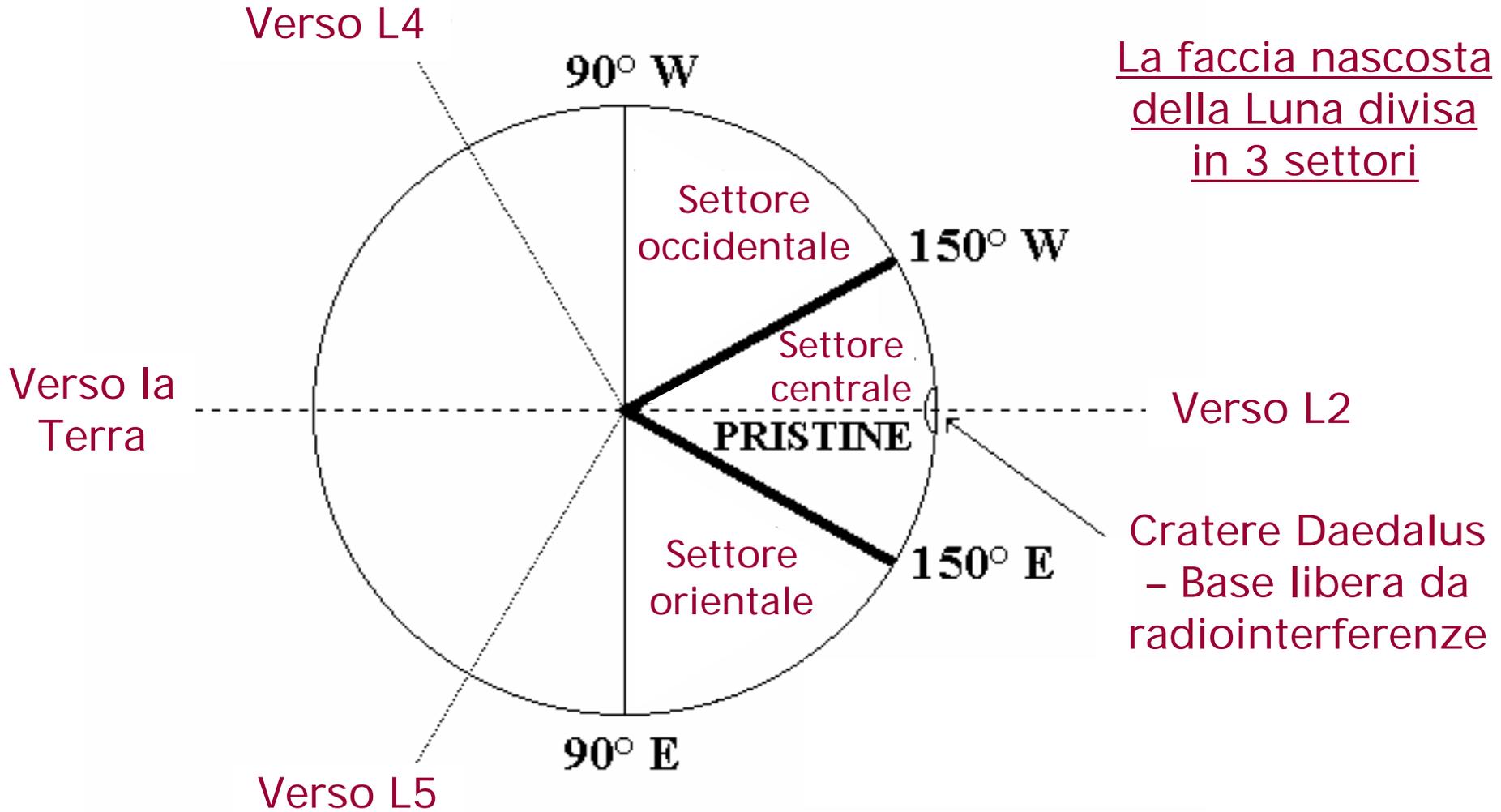


- ❑ Il cratere Daedalus
- ❑ Inizialmente chiamato cratere n° 308 dalla IAU
- ❑ Longitudine: 179° E
- ❑ Latitudine: 5.5° S
- ❑ Diametro: 80 km



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -





# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - Base radio sulla faccia nascosta della Luna -

---



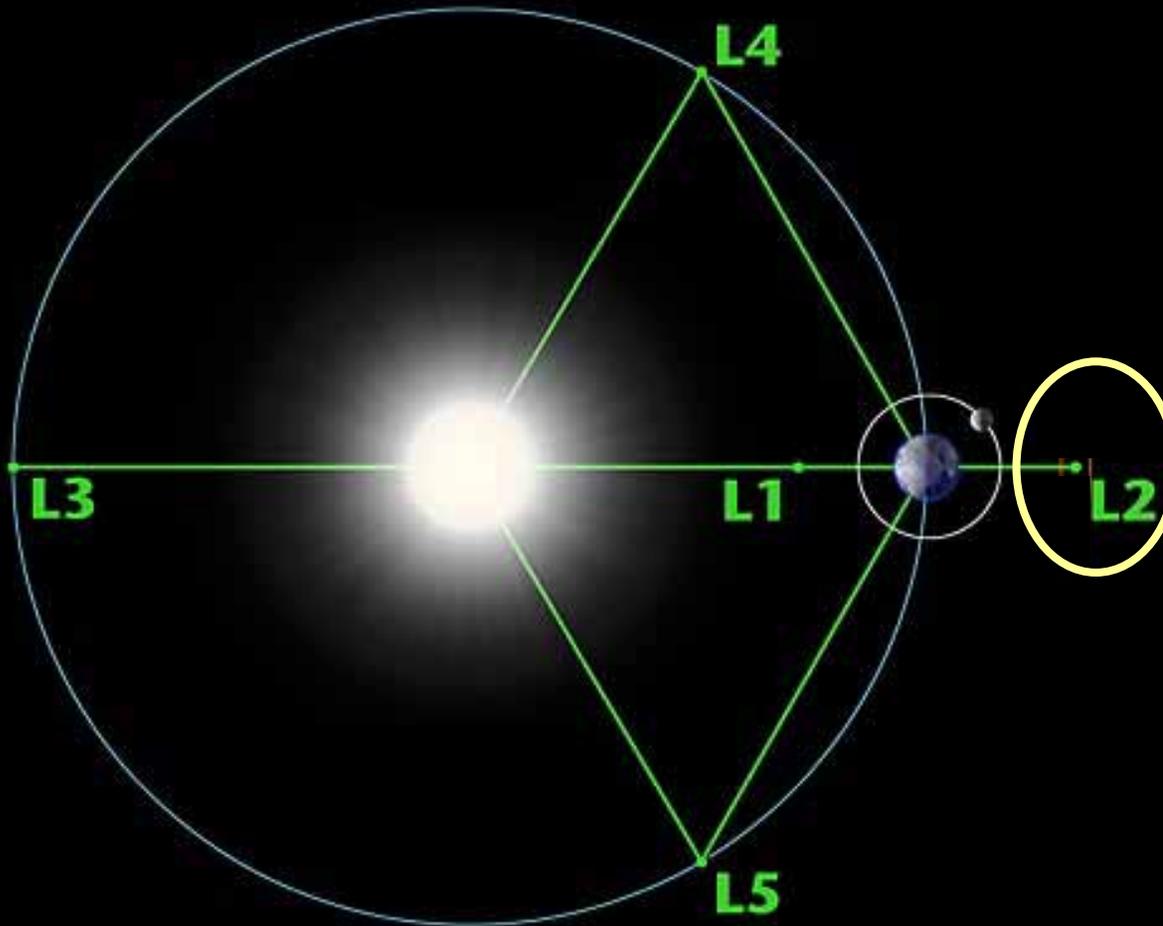
## Quanto è "quieta" la faccia nascosta della Luna?

- La società L5 vuole posizionare una colonia spaziale attorno al lagrangiano L5: il settore occidentale sarebbe schermato dal corpo della stessa Luna
- La situazione simmetrica si verificherebbe per L4
- Si lasci libero L2!
- C'è però un altro L2 che preoccupa



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -

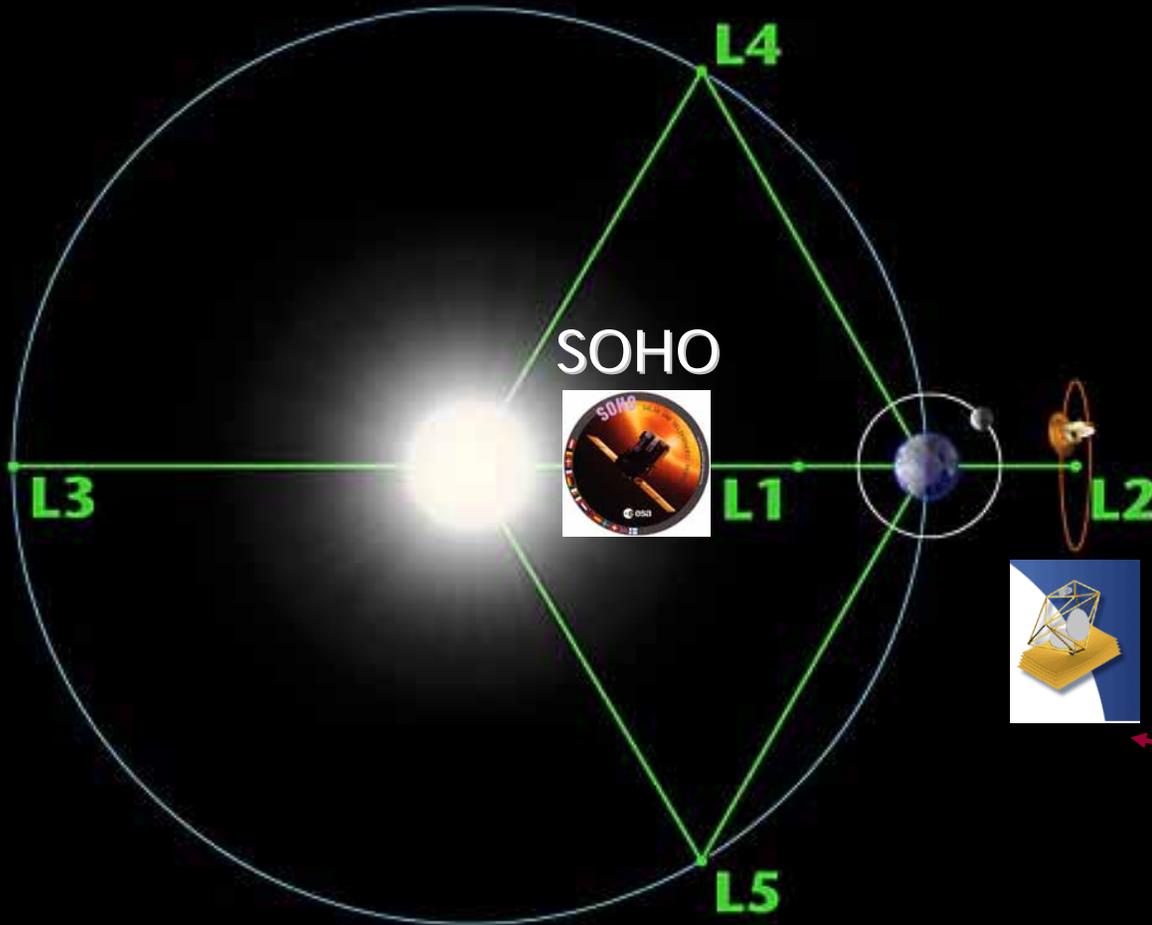


Punti di Lagrange  
del sistema  
Sole-Terra



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



Punti di Lagrange  
del sistema  
Sole-Terra

JWST, Planck, SAFIR



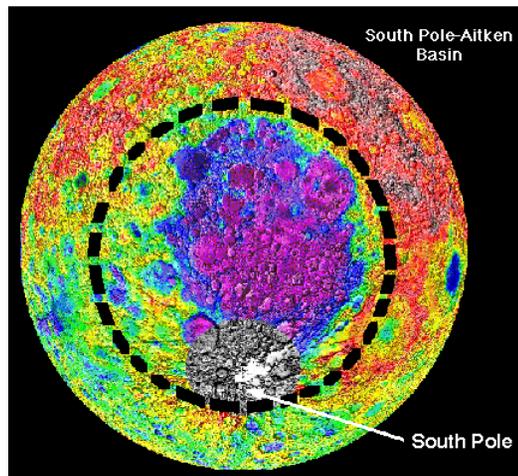
# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - Base radio sulla faccia nascosta della Luna -

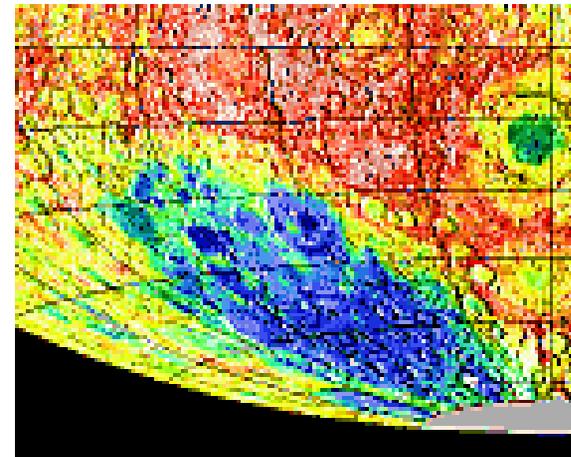


## Cosmic Studies in conflitto

- ❑ Una nuova corsa alla Luna
- ❑ Le sonde Lunar Prospector e Clementine trovano acqua sulla Luna



(Courtesy of Lunar and Planetary Institute.)



## Bacino Aitken del Polo Sud



## Cosmic Studies in conflitto

- ❑ Una nuova corsa alla Luna
- ❑ Le sonde Lunar Prospector e Clementine trovano acqua sulla Luna
- ❑ Un Cosmic Study direttamente "conflittuale": i prossimi passi per esplorare lo spazio profondo
  - uso di L2 del sistema Terra-Luna come stazione di servizio per satelliti
  - piattaforme di lancio a bassa gravità per grandi spacecraft diretti verso asteroidi, Marte e i corpi esterni del sistema solare

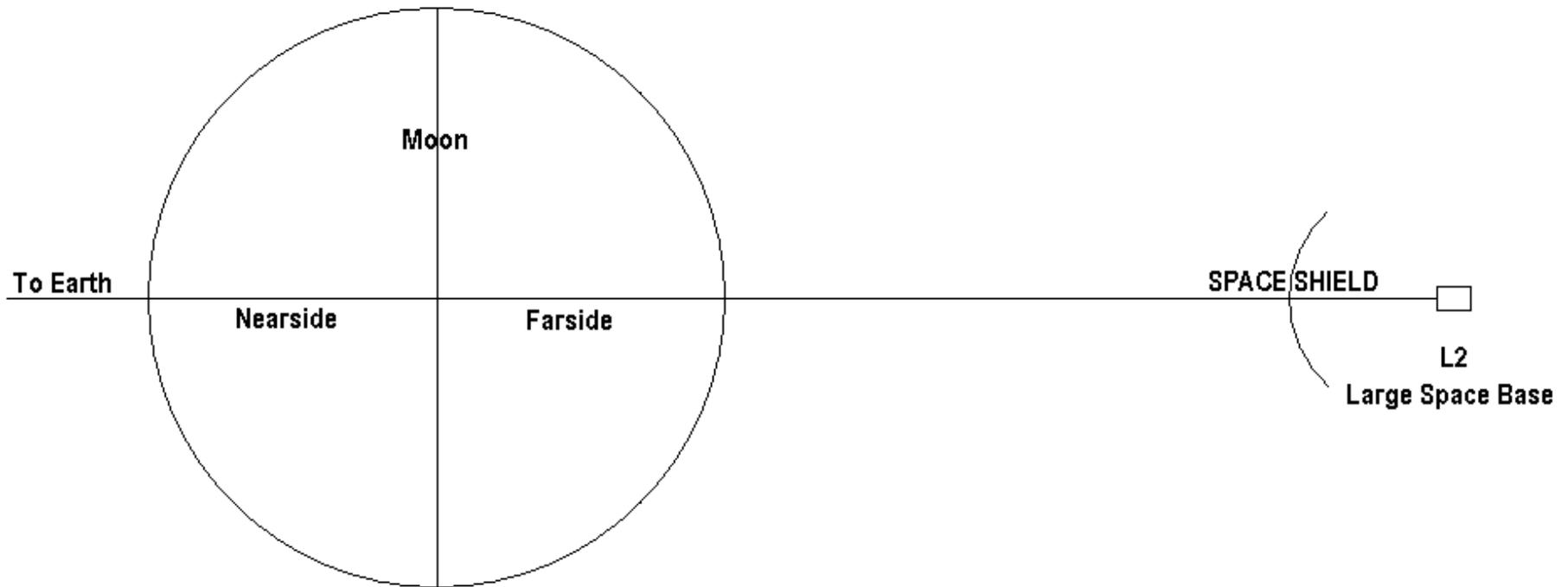


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



Coesistenza pacifica, ma ad un prezzo...



...uno schermo permanente tra L2 e Luna



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Base radio sulla faccia nascosta della Luna -



In memoria di Jean Heidmann  
(1920-2000)



## SMART-1

- ❑ SMART-1 è la prima missione Europea che abbia portato avanti un programma scientifico di osservazioni attorno alla luna
- ❑ SMART-1 è la prima sonda spaziale europea a propulsione elettrica ed è la prima in assoluto che sfrutta la propulsione elettrica a effetto Hall
- ❑ Lanciata il 27 settembre 2003 dallo spaziorporto europeo nella Guiana Francese, Smart-1 entra in orbita lunare nel novembre 2003 e conclude il suo viaggio il 3 settembre 2006 impattando, come previsto, sulla Luna

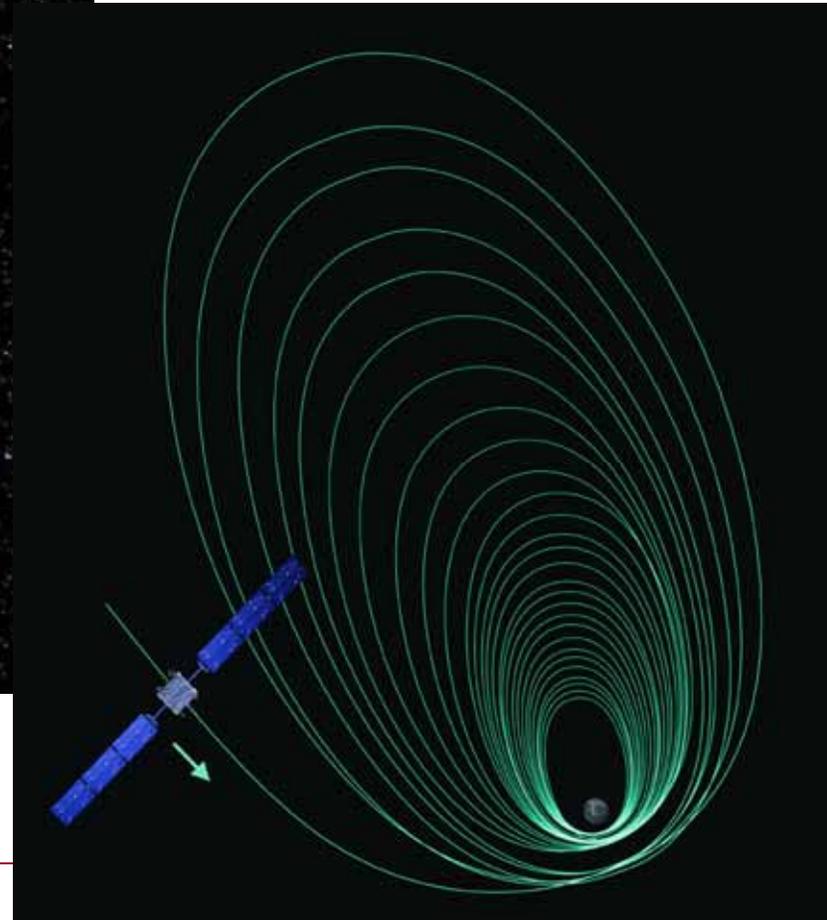


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- SMART-1 e la ionosfera lunare -



## SMART-1



dr. Claudio Maccone

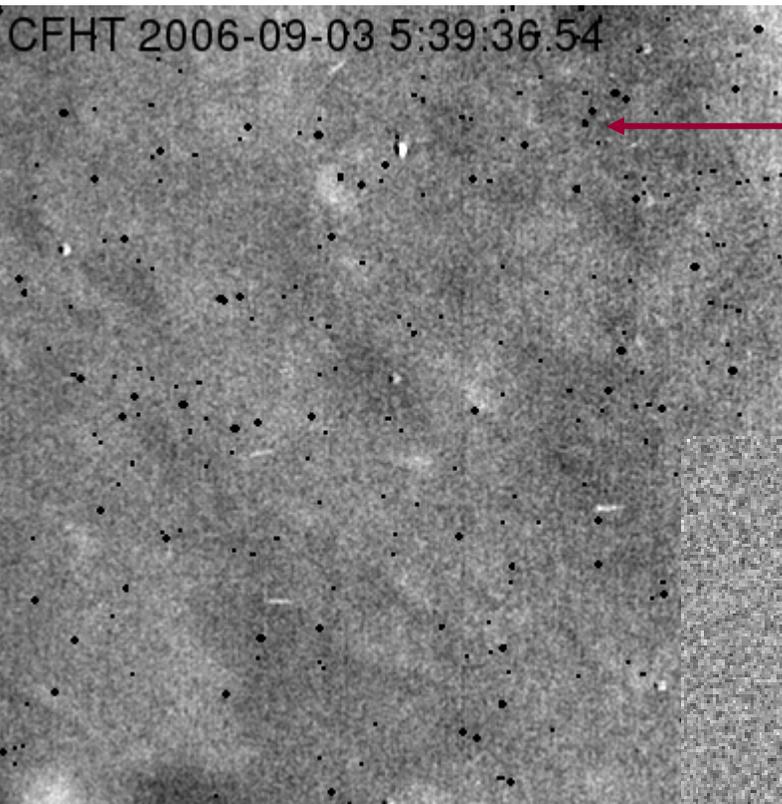
Sala Consiliare, Provincia di Chieti Presidenza -1° Congresso Nazionale Associazione Culturale Micene

23/09/06



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - SMART-1 e la ionosfera lunare -



Impatto

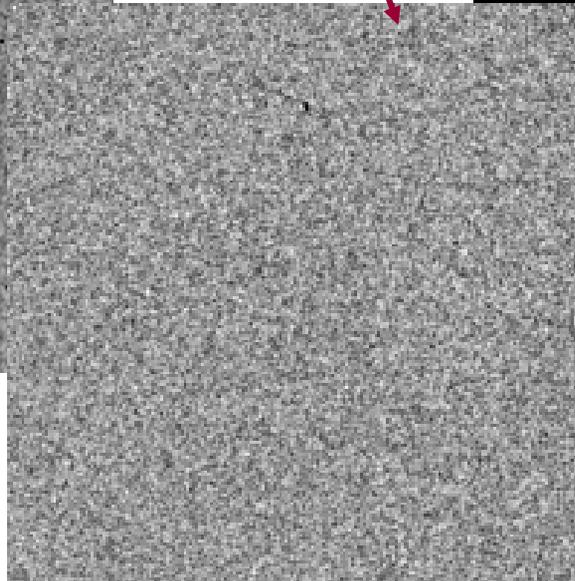
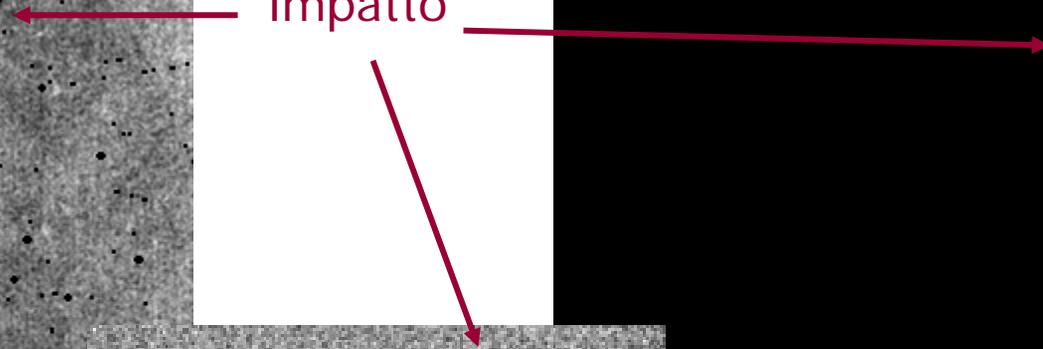


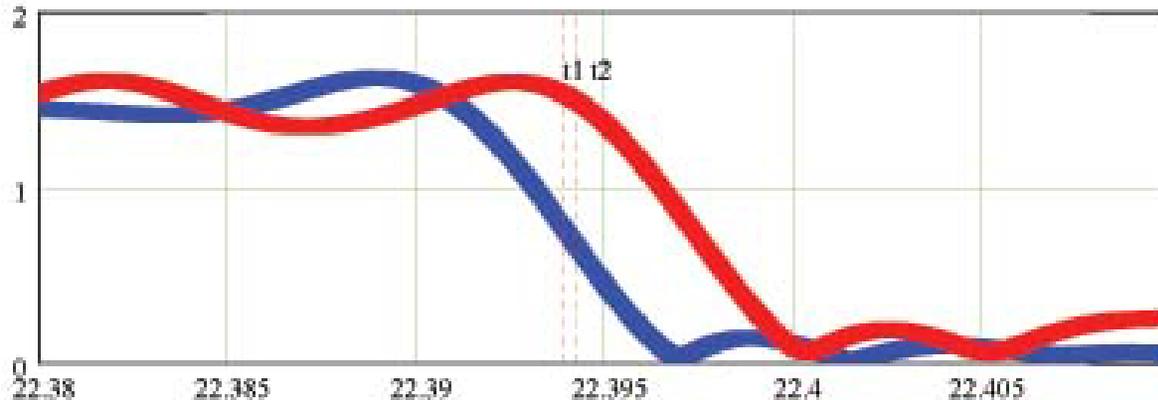
Immagine nell'infrarosso

Immagini nel visibile



### SMART-1

Potenza del segnale emesso da SMART-1 negli ultimi 20 ms prima del crash finale (le due linee si riferiscono a due stazioni posizionate in zone differenti)



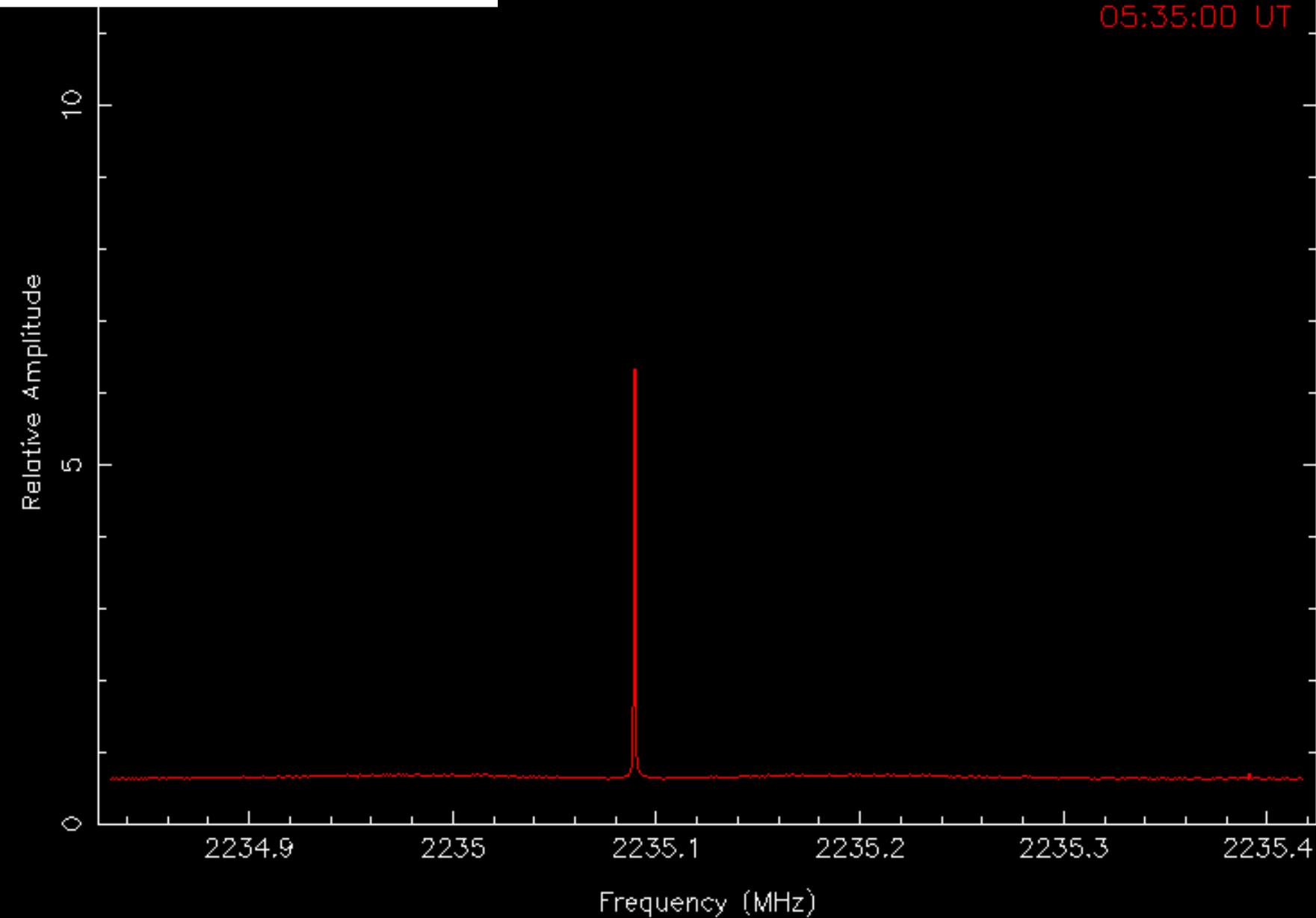
Tempo (i secondi successivi alle 7.42 ora italiana)

Nota: la differenza tra la linea blu e quella rossa è dovuta al diverso tempo percorso dalle onde radio a raggiungere i due ricevitori posizionati in zone diverse della Terra

Segnale emesso da  
SMART-1 negli ultimi  
minuti

Smart-1 ATCA

05:35:00 UT





# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - SMART-1 e la ionosfera lunare -

---



## SMART-1 e la Luna

- ❑ SMART-1 ha costituito un'importante occasione per studiare direttamente la debole ionosfera lunare
  
- ❑ La rilevazione dei dati avveniva all'inizio e alla fine di ogni OCCULTAZIONE (passaggio dietro la faccia nascosta della Luna)



# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - SMART-1 e la ionosfera lunare -



## SMART-1 e la Luna

- Si valutava l'ATTENUAZIONE delle onde radio, emesse a differenti frequenze da SMART-1 verso Terra, nell'attraversare completamente la ionosfera lunare
  
- Ciò avveniva ogni volta che la sonda stava per sparire dietro la Luna o stava per riemergerne dall'altra parte (cioè all'inizio e alla fine di ogni occultazione)



## SMART-1 e la Luna

- ❑ La fase finale dell'impatto di SMART-1, anch'esso seguito dalle strumentazioni a Terra, ha avuto una grande rilevanza scientifica: consentire di rilevare la presenza di eventuale acqua di origine cometaria sul suolo lunare
- ❑ Grazie allo studio dei numerosi dati ottenuti sull'attenuazione radio e l'impatto finale si otterranno nei prossimi mesi i risultati
- ❑ Nota: La conoscenza dell'atmosfera lunare, e quindi della ionosfera, è un elemento indispensabile anche per valutare l'opportunità di installare in futuro un radiotelescopio sulla faccia nascosta della luna (come discusso in precedenza)



## Il ruolo dell'Italia: le persone

□ Il team italiano guidato da Claudio Maccone, dopo aver preparato la strumentazione e i software necessari all'esperimento, è stato coinvolto nell'osservazione diretta degli ultimi giorni di vita di SMART-1, grazie anche a una proficua sinergia con il Team Smart-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA)

□ Il team: Claudio Maccone (P.I.), Salvatore Pluchino, Simona Righini, Francesco Schillirò, Luca Derosa, Christian Maria Firrone





# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

## - SMART-1 e la ionosfera lunare -



## Il ruolo dell'Italia: la strumentazione

- I due più grandi centri italiani di radioastronomia hanno collaborato in sinergia per ricevere i segnali di SMART-1

**Medicina (BO)**

il centro nel quale era fisicamente presente il team di lavoro

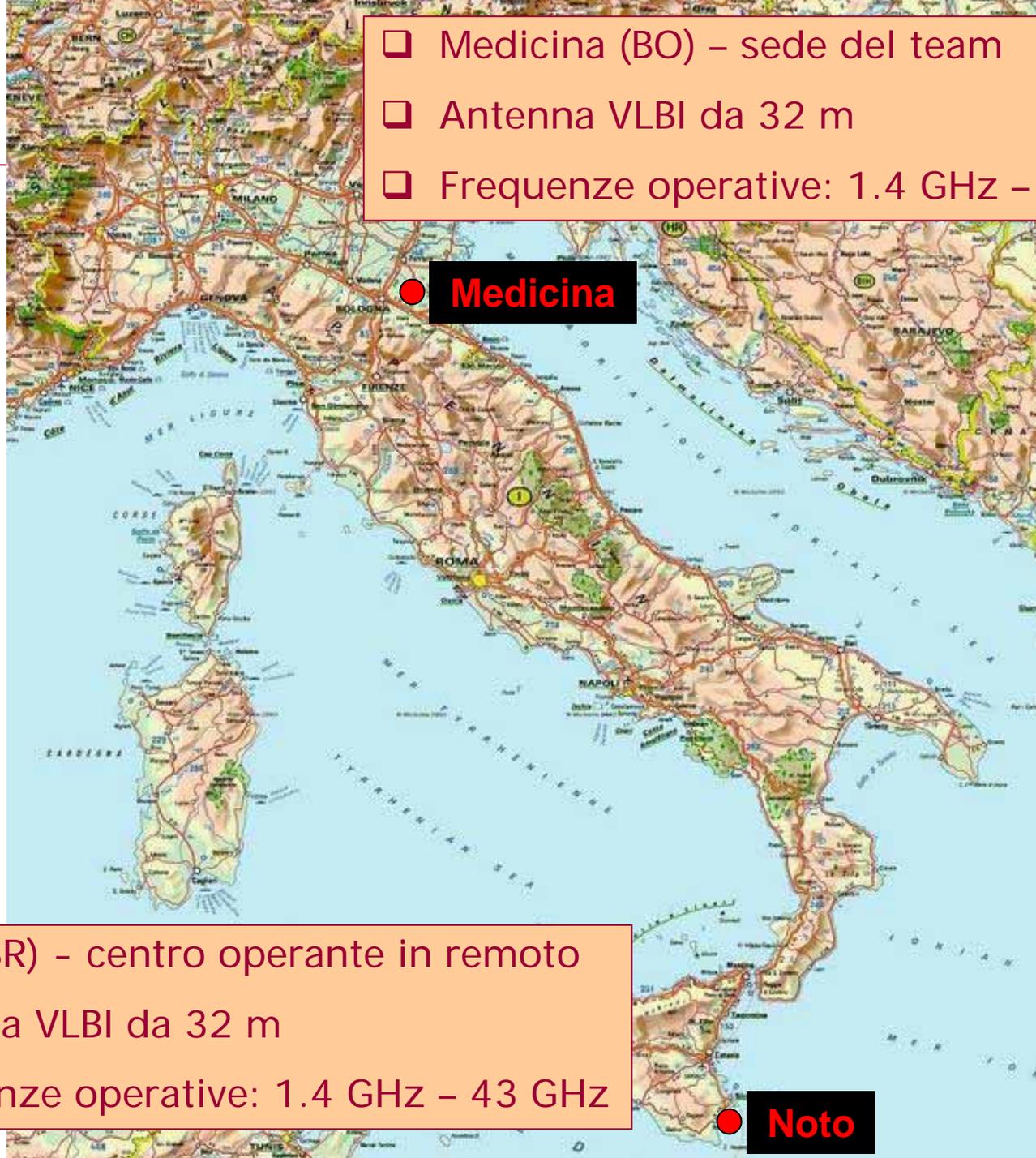


**Noto (SR)**

il centro che ha lavorato contemporaneamente ma in remoto, guidato dal team di Medicina



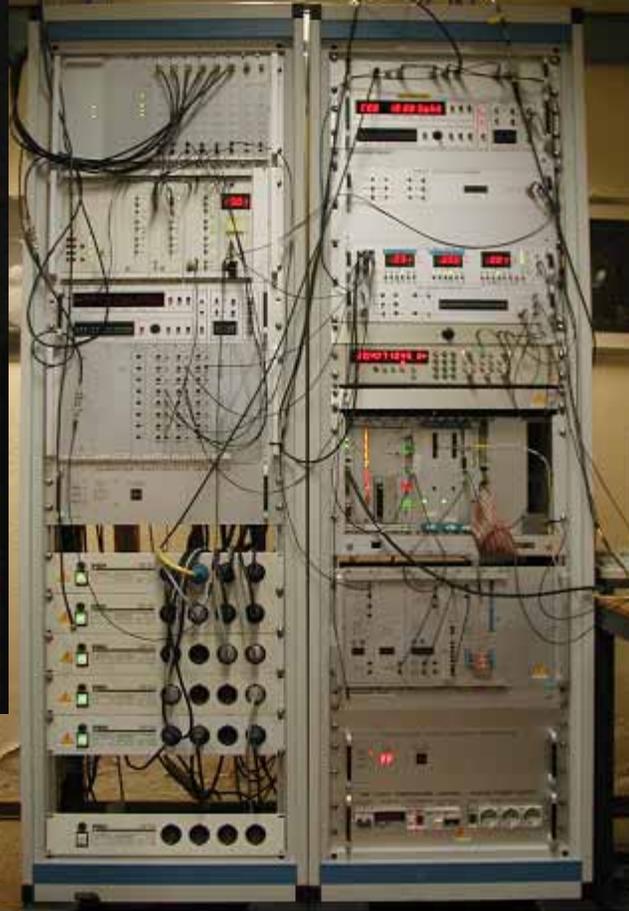
- ❑ Medicina (BO) – sede del team
- ❑ Antenna VLBI da 32 m
- ❑ Frequenze operative: 1.4 GHz – 23.5 GHz



**Medicina**

- ❑ Noto (SR) – centro operante in remoto
- ❑ Antenna VLBI da 32 m
- ❑ Frequenze operative: 1.4 GHz – 43 GHz

**Noto**





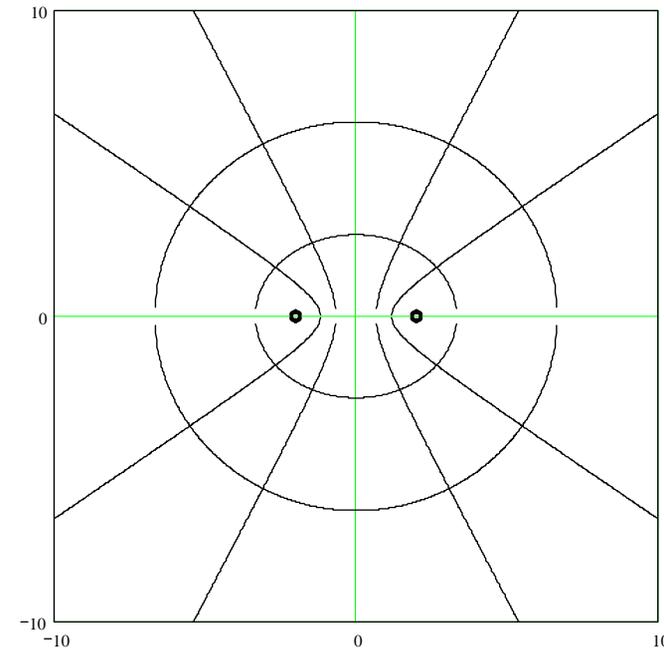
## Teorema delle coniche confocali

- Un semplice teorema di geometria - 2 punti (fuochi) posti alla stessa distanza dall'origine del piano  $(x,y)$  ma opposti, generano:

- Una famiglia di infinite ellissi confocali e
- Una famiglia di infinite iperboli confocali

Quindi:

- Ogni ellisse e ogni iperbole intersecano secondo angoli retti





### □ Scenario di Impatto NEO

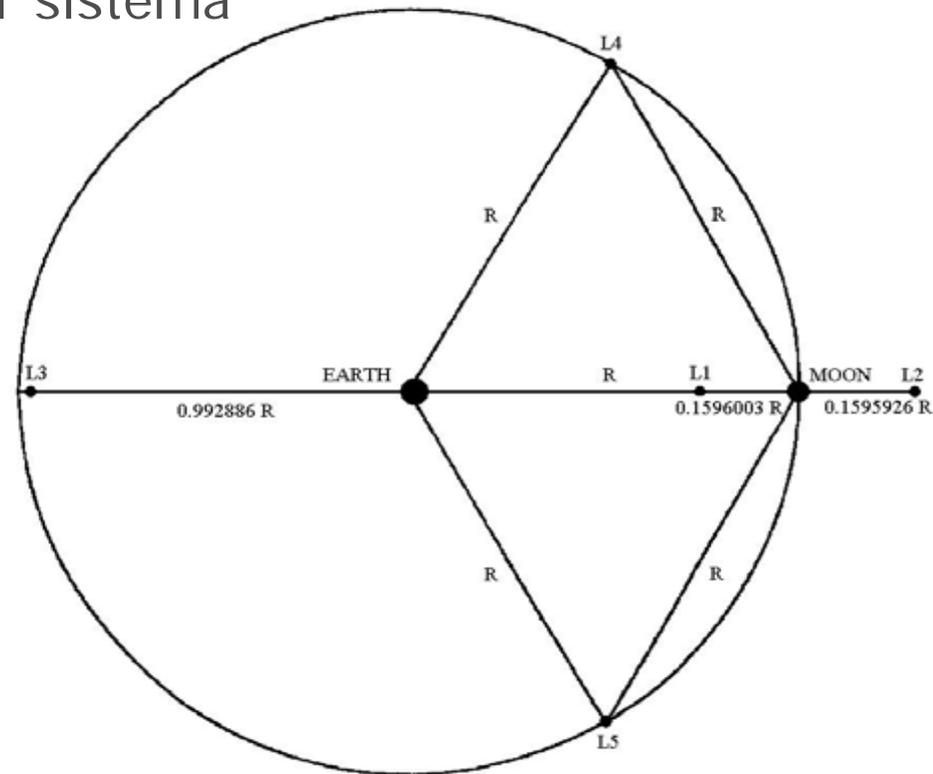
- Un asteroide, arrivando dallo spazio esterno, viaggia sempre lungo una iperbole rispetto alla Terra, mai lungo una ellisse o una parabola perchè giunge dall'esterno della sfera di attrazione gravitazionale della Terra (raggio di Laplace: 924000 km )
- Il ramo dell'iperbole percorso dall'asteroide coincide *quasi* con il suo asintoto, cioè una linea retta, a causa della sua grande velocità rispetto alla Terra
- Il caso di nostro interesse si ha quando l'asteroide punta la Terra. Si assume che la linea retta passi ad una distanza dal centro della Terra in un intervallo compreso tra 0 (un colpo perfetto) e  $R_{sicurezza}$  (minima distanza dal centro della Terra alla quale l'asteroide passa senza alcun rischio per l'umanità)



## □ Punti Lagrangiani L1 e L3

I punti Lagrangiani L1 e L3 del sistema Terra-Luna sono:

- 1) Posizionati sull'asse Terra-Luna su parti opposte rispetto alla Terra
- 2) Punti quasi stabili. Essi sono adatti per l'installazione di basi spaziali





### □ PIANO Terra-Luna-Asteroidi: 1

- 1) L'asse Terra-Luna contiene i punti L1 e L3
- 2) Esistono un numero infinito di piani contenenti l'asse Terra-Luna
- 3) Tra tutti i piani, solo uno contiene anche la traiettoria dell'asteroide. Questo piano è chiamato piano Terra-Luna-Asteroidi (abbreviato TLA)
- 4) Il teorema delle coniche confocali si applica al piano TLA, perchè contiene: la Terra, l'asteroide e i due punti lagrangiani L1 e L3 (contiene anche la Luna e il punto L2, ma non è importante)



### ❑ PIANO Terra-Luna-Asteroidi: 2

Quindi:

- Il nostro Sistema di Difesa Planetaria si ATTUA SOLO SUL PIANO TLA, qualsiasi sia l'inclinazione dell'asteroide rispetto al piano dell'eclittica.
- L'orientamento del piano TLA rispetto alle stelle fisse cambia nel tempo, ma lentamente. Questo perchè la velocità orbitale della Luna è di circa 1.018 km/s, ma la velocità dell'asteroide è decine di volte superiore, diciamo 40 km/s
- Nella tecnologia militare, si usa inserire sensori infrarossi sulla punta del missile. Quindi, il missile può dirigersi automaticamente verso l'obiettivo, dal momento che la temperatura dell'asteroide è maggiore della temperatura del vuoto spaziale.



### □ Basi spaziali MISSILISTICHE in L1 e L3

- È necessario creare 2 basi spaziali in L1 e L3 con MISSILI pronti al lancio contro gli asteroidi pericolosi. Il moto dei missili avverrà solo sul piano TLA.
- Sul piano TLA, la traiettoria dell'asteroide è una IPERBOLE con un fuoco posizionato sul centro della Terra.
- Grazie al Teorema delle Coniche Confocali, l'orbita del missile deflettente nel piano TLA è una ELLISSE con un fuoco posizionato sul centro della Terra. All'intersezione questa ellisse è sempre ORTOGONALE alla IPERBOLE dell'asteroide.
- Il Teorema delle Coniche Confocali assicura automaticamente la DEFLESSIONE OTTIMALE permettendo al missile di colpire il NEO con un angolo retto.

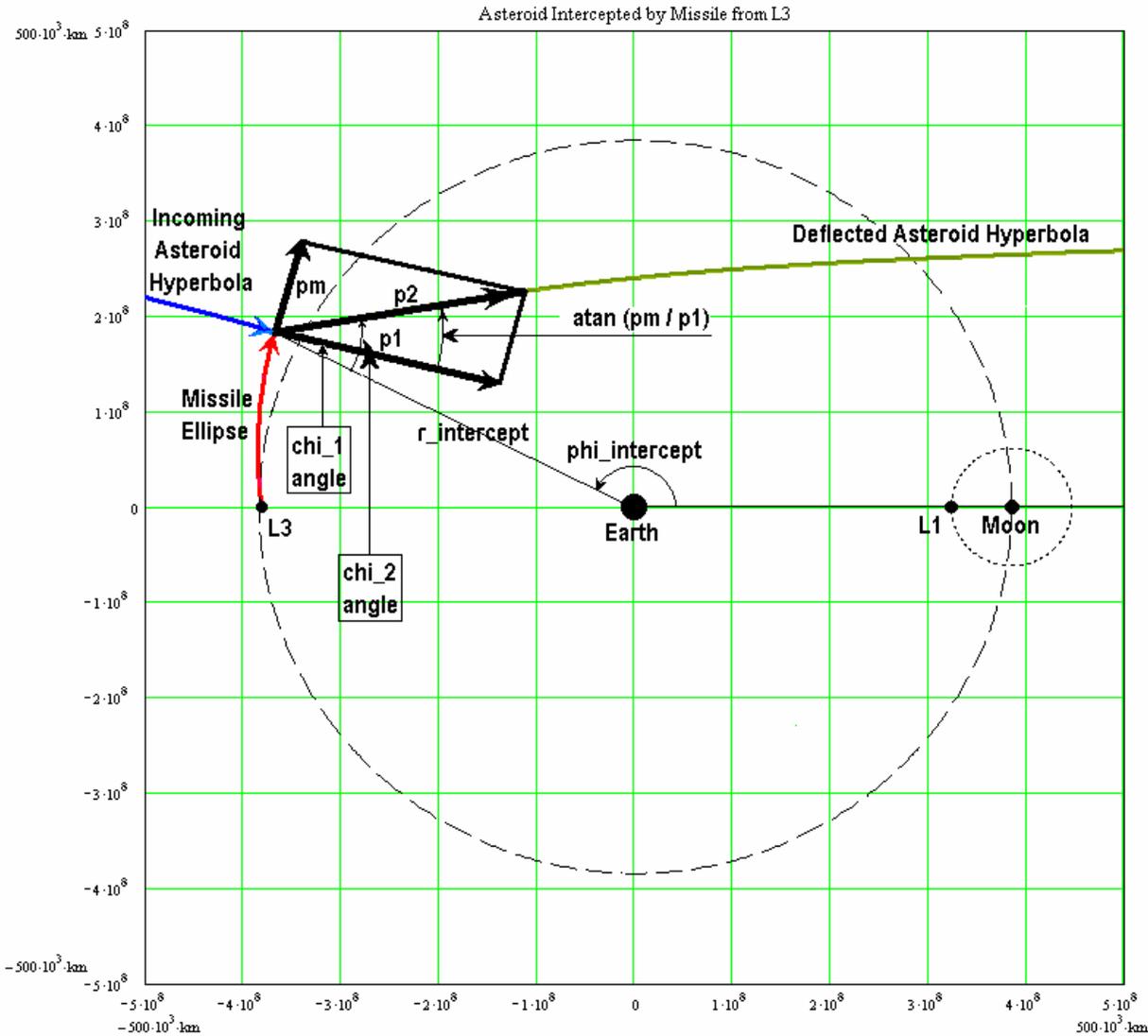


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Difesa planetaria nello spazio -



## DEFLESSIONE DELL'ASTEROIDE a 90 gradi:





### □ Basi spaziali MISSILISTICHE in L1 e L3

- La teoria di Keplero delle coniche confocali non porta facilmente ad una formula analitica che lega la velocità, le dimensioni e la densità del NEO alle proprietà del missile deflettente.
- Per semplificare, possiamo immaginare il caso in cui la traiettoria dell'asteroide è una LINEA RETTA coincidente con l'asintoto dell'iperbole.
- Le orbite centrate sulla Terra che intercettano questa linea retta sono dei CERCHI.
- Questi cerchi hanno un raggio pari alla distanza di L1 e L3. Missili lanciati da L1 e L3 intercettano l'asteroide con un angolo di 90 gradi OTTIMIZZANDO LA DEFLESSIONE.

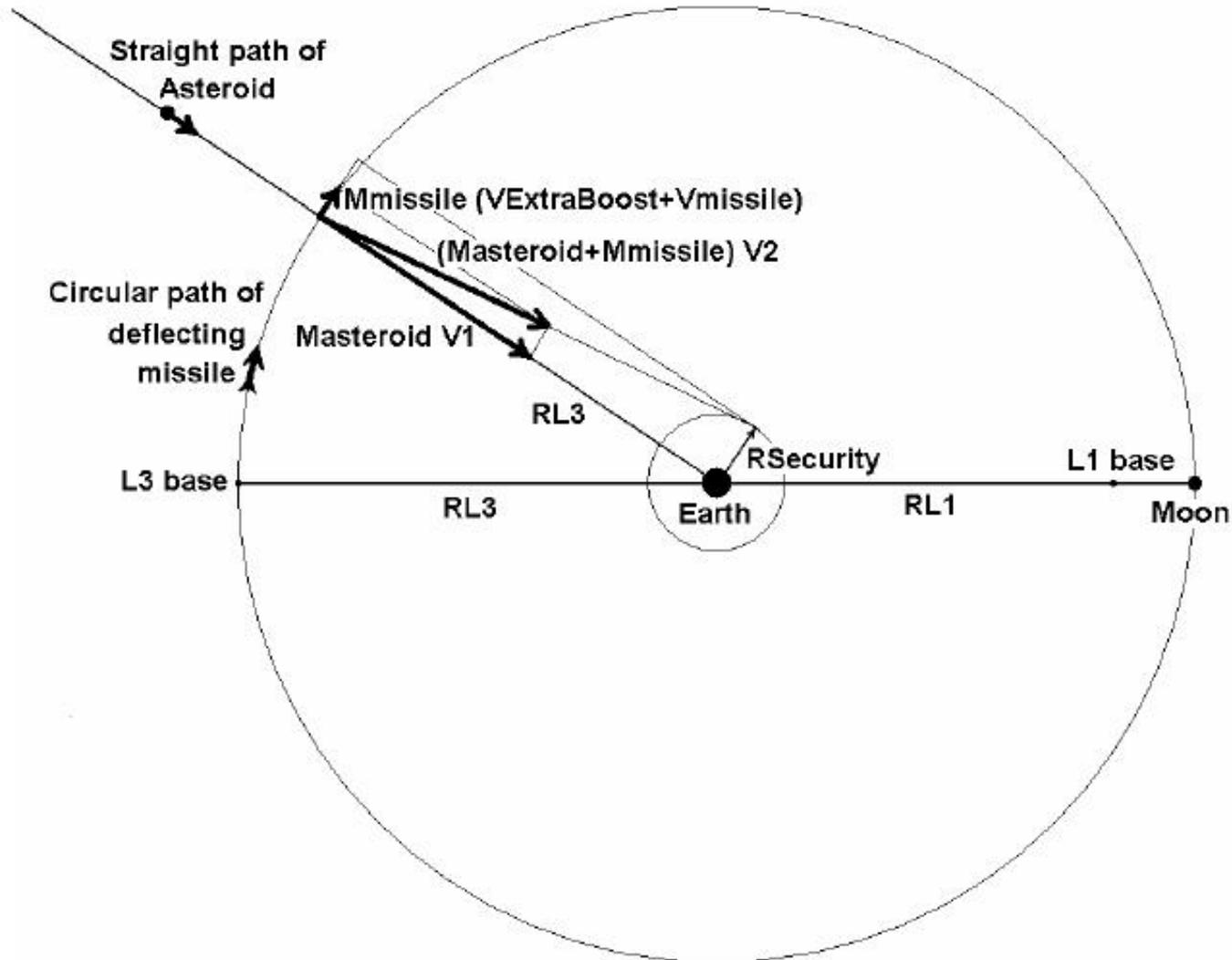


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Difesa planetaria nello spazio -



- ❑ DEFLESSIONE DELL'ASTEROIDE ad angolo retto: approssimazione Linea/Cerchio





### □ LEGGE DI DEFLESSIONE dell'asteroide:

- Facciamo riferimento alla precedente figura. Vale la seguente LEGGE DI DEFLESSIONE:

$$V_{ExtraBoost} \approx \frac{\pi V_{asteroid} \rho_{asteroid} D_{asteroid}^3 R_{Security}}{6 M_{missile} R_{L3}}$$

- $V_{ExtraBoost}$  è la VELOCITA' del MISSILE, o ExtraBoost, che deve avere il missile poco prima che colpisca l'asteroide, tale da raggiungere la deflessione minima dell'asteroide.
- Tutte le variabili a destra della Legge di Deflessione dell'asteroide sono note: sia da osservazioni astronomiche, sia dalla tecnologia sui razzi.

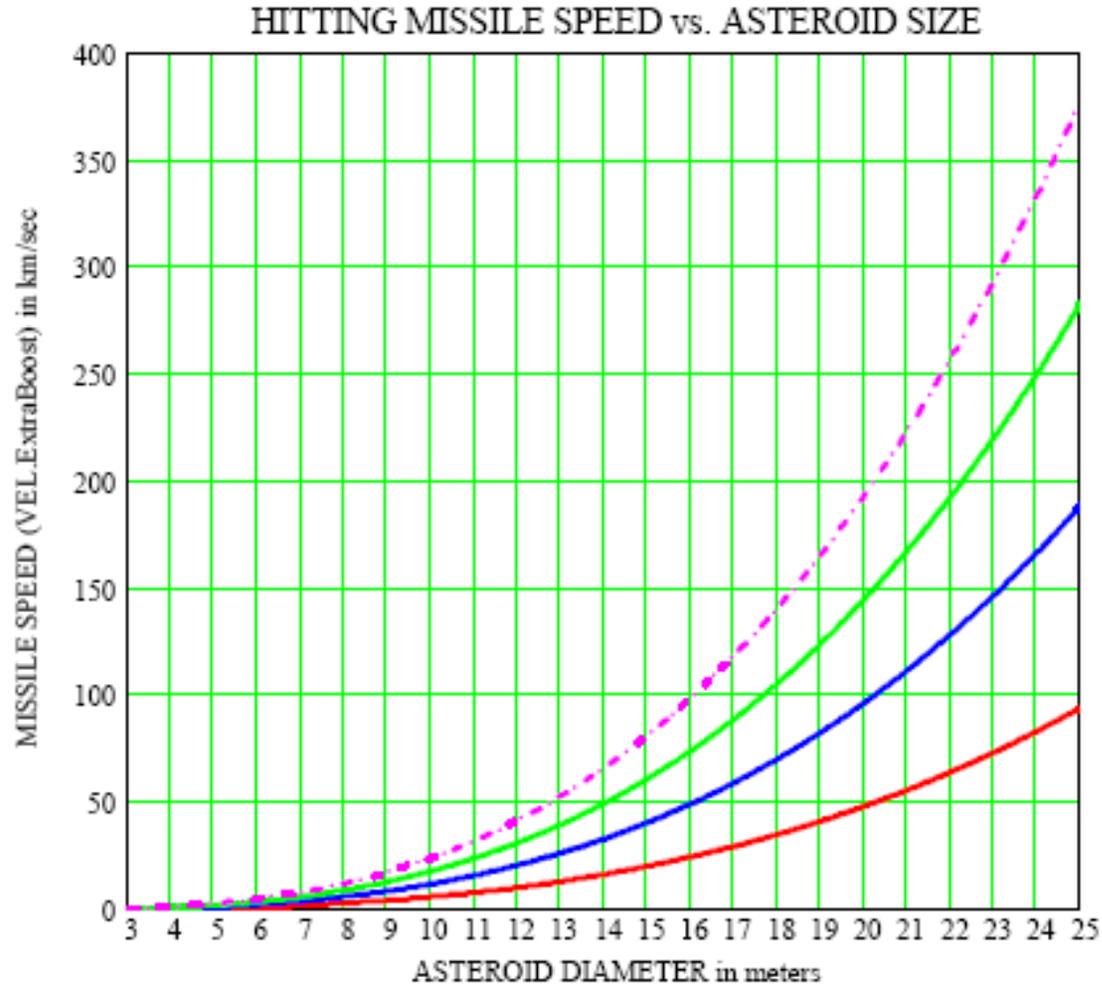


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Difesa planetaria nello spazio -



- Deflessione di un Asteroide con diametro da 3 a 25 metri: velocità del missile richiesta



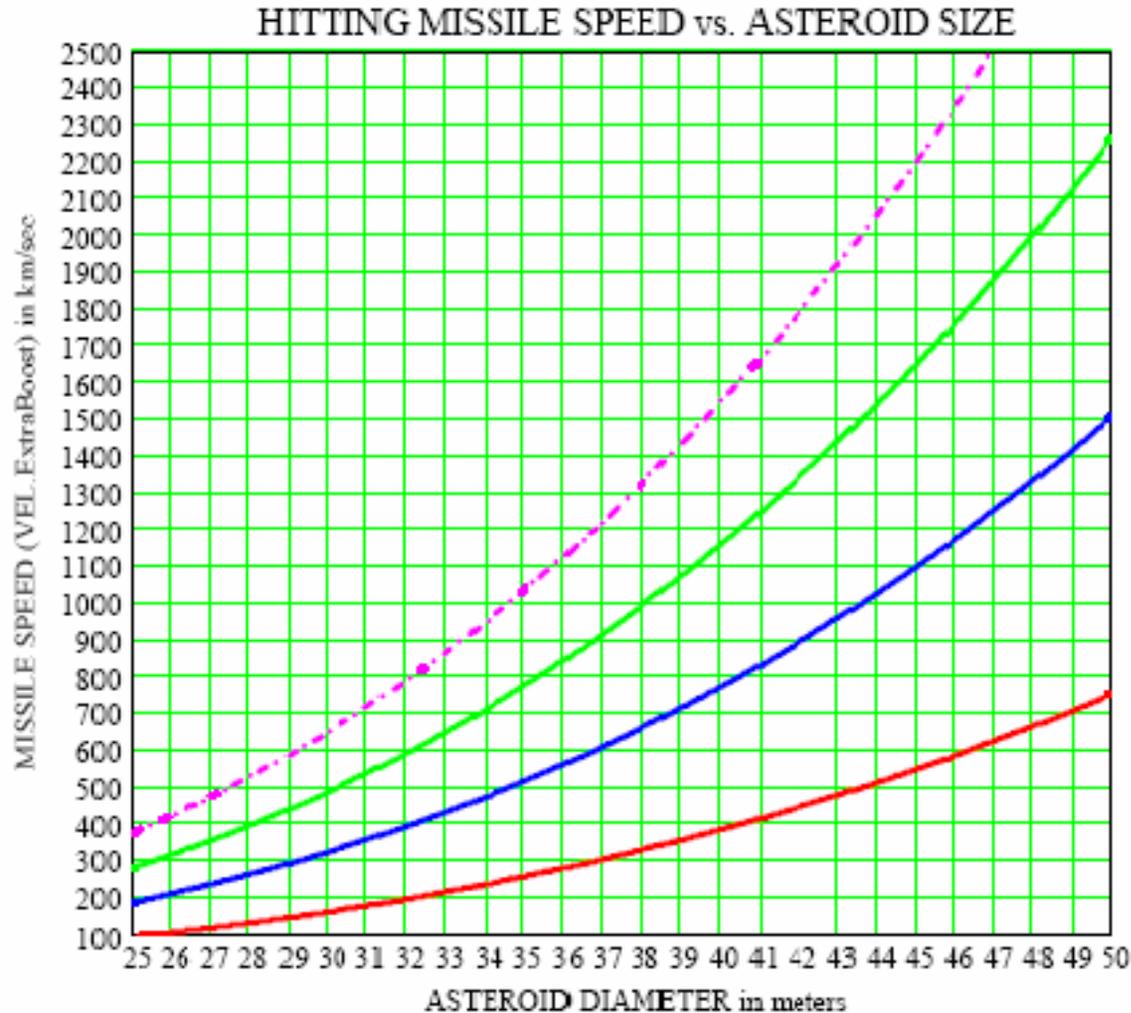


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Difesa planetaria nello spazio -



- Deflessione di un Asteroide con diametro da 25 a 50 metri: velocità del missile richiesta



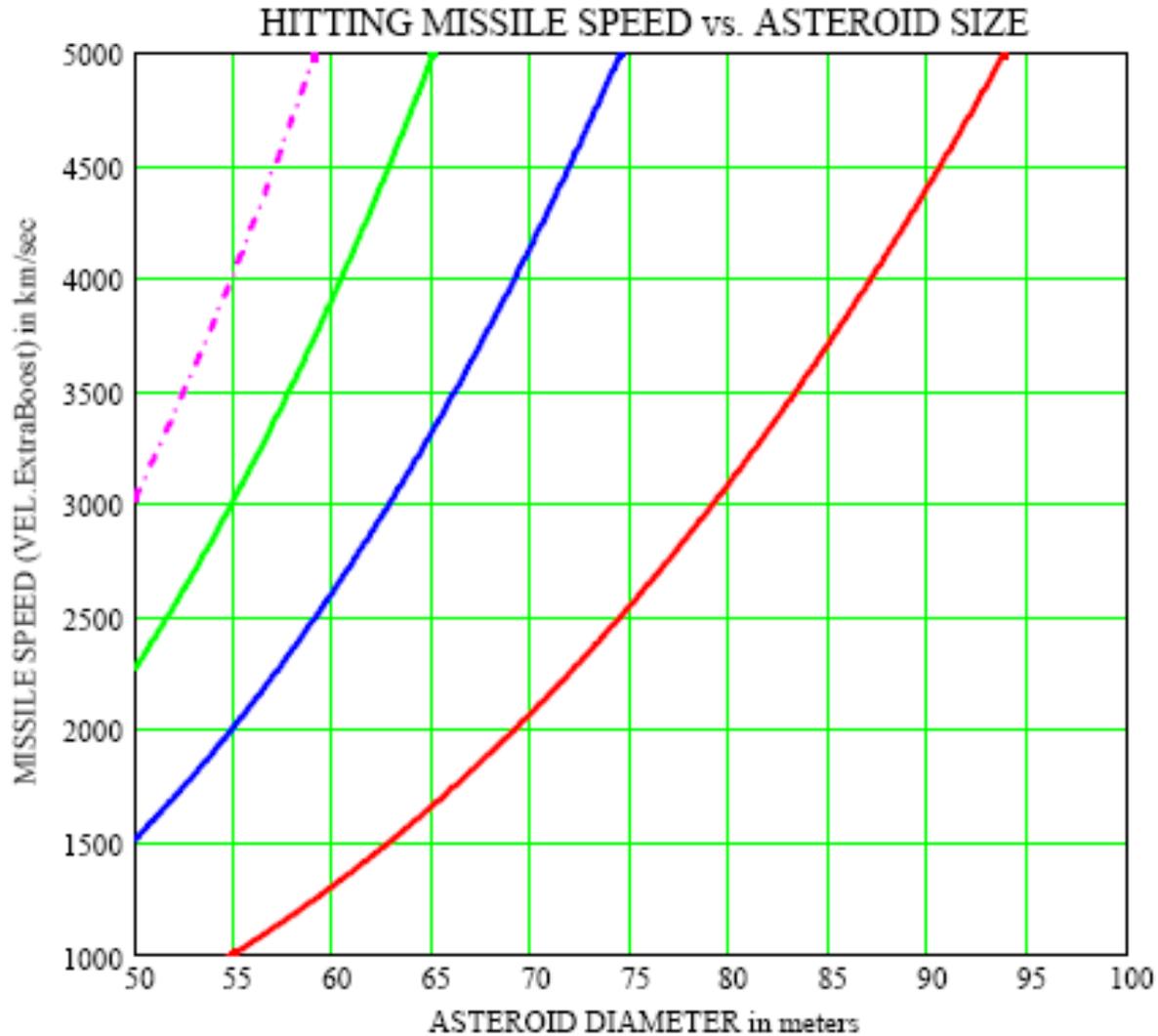


# Programmi spaziali ed evoluzione tecnologica

- Difesa planetaria nello spazio -



- Deflessione di un Asteroide con diametro da 50 a 100 metri: velocità del missile richiesta





## □ CONCLUSIONI

- E' stata data una semplice legge sulla Deflessione degli Asteroidi per missili lanciati dai punti lagrangiani L1 e L3 del sistema Terra-Luna
- Questa legge implica la costruzione di due basi spaziali permanenti NELLO SPAZIO su L1 e L3, pronte a lanciare missili contro rocce PICCOLE & SCONOSCIUTE



*Grazie!*