

Educational Path on Space Debris Percorso Didattico sui Detriti Spaziali

At the Observatory of Castelgrande the telescope is pointing at the space debris

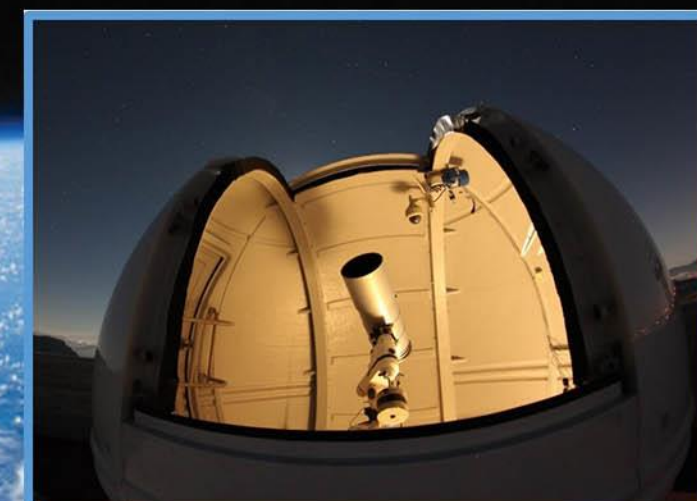
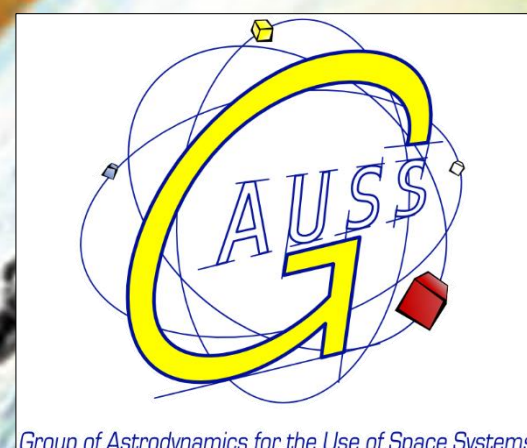
All'Osservatorio di Castelgrande il telescopio punta i detriti spaziali

Space debris..What are they and why should we care about them?

Detriti spaziali..Cosa sono e perché ci interessiamo a loro?

Through CastelGauss Project we monitor the sky

Con il Progetto CastelGauss monitoriamo il cielo



An Increasingly Crowded Space...

Nowadays, more and more satellites are launched into Space. Space exploration is having a boost and more space missions are being performed. This brings scientific and technical advance, innovation and benefits on environmental monitoring, communications and universe discovery, together with new challenges to mankind.

Oggigiorno sempre più satelliti vengono lanciati nello Spazio. L'esplorazione spaziale sta avendo un'impennata e le missioni spaziali stanno aumentando. Ciò agevola avanzamenti tecnici e scientifici, maggiore innovazione e benefici per il monitoraggio ambientale, le comunicazioni e la scoperta dell'universo, così come nuove sfide per il genere umano.

The number of rocket launches of spaceflights has been increasing in the last decade. **In 2014 the number of censused spacecrafts launched was 285, while in 2005 it was 78.** Moreover, a "new era" for space missions started in 2013 thanks to the launch of a remarkable number of microsatellites (96), facilitating the leap of the number of spacecrafts launched during a year to over 200.

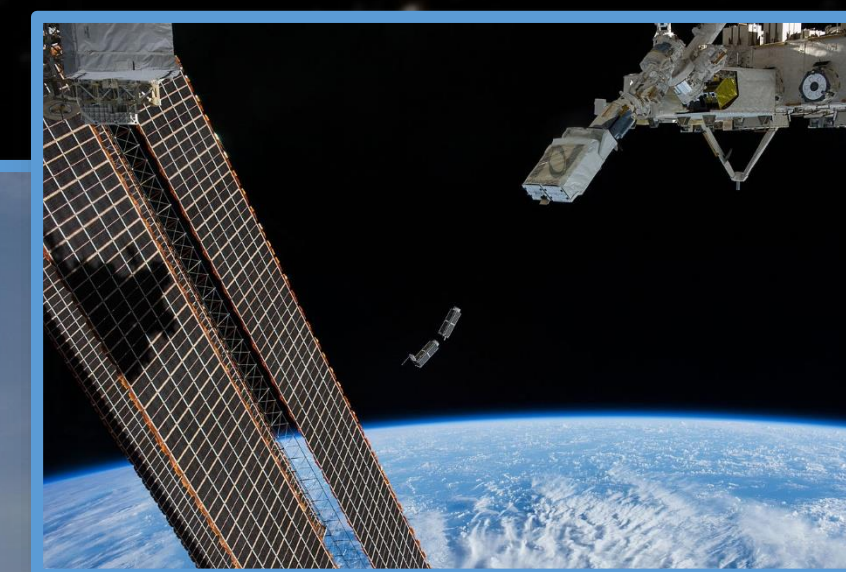
(Source "Spacecraft Encyclopedia Claude Lafleur")

Il numero di razzi lanciati è andato dunque aumentando nell'ultima decade. **Nel 2014 il numero censito di veicoli spaziali lanciati era 285, mentre nel 2005 era appena 78.** Infatti nel 2013, con il lancio di ben 96 microsatelliti, è iniziata una "nuova era" per le missioni spaziali che ha visto balzare il numero di satelliti lanciati a più di 200 l'anno.

(Fonte "Spacecraft Encyclopedia Claude Lafleur")



Uno Spazio Sempre più Affollato...

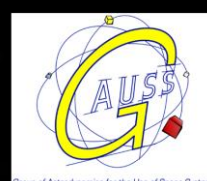
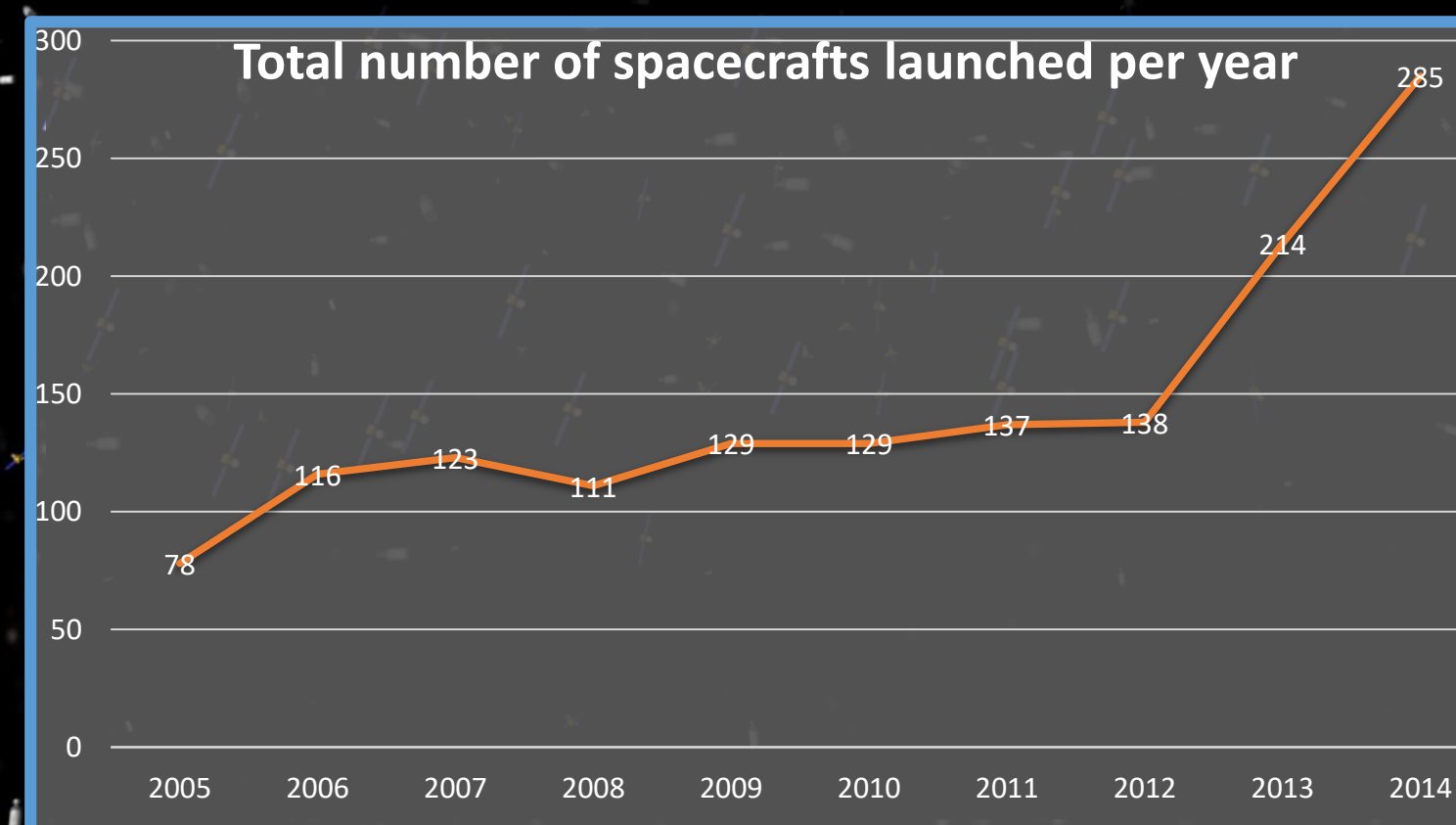


According to the United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA), in August 2015, there were about 19.000 man made artificial objects orbiting the Earth – of which just 1305 functioning satellites.

Secondo l'Ufficio delle Nazioni Unite per gli Affari Spaziali (UNOOSA), nell'agosto 2015, vi erano circa 19.000 oggetti artificiali creati dall'uomo che orbitavano intorno alla Terra – di cui solo 1.305 satelliti funzionanti.

Consequently, there is a high number of rockets, satellites, probes and spacecrafts currently orbiting around Earth.

Di conseguenza, ad oggi esiste un elevato numero di razzi, satelliti, sonde e veicoli spaziali attualmente in orbita intorno alla Terra.



What are Space Debris?

Definition:

Space debris are human-made objects that are in orbit without having a purpose anymore and travel at around 30.000 km per hour of speed.

Definizione:

I detriti spaziali sono oggetti artificiali rimasti in orbita una volta conclusa la propria funzione, essi viaggiano ad una velocità di circa 30.000 km l'ora.

As a side effect of the wider number of satellites circling around our planet there is an increment of the so called “**space junk**”, the waste composed by the fragments of space objects produced after their disintegration, erosion or collisions. Skies are packed with “crumbs” of space objects. Debris can stay in orbit for a very long time and are moving very fast.

Come effetto collaterale del maggior numero di satelliti che ruotano intorno al nostro pianeta, vi è l'aumento della cosiddetta “**spazzatura spaziale**” composta da frammenti distaccatisi in seguito a disintegrazione, erosione o collisioni. I cieli sono pieni di “briciole” spaziali. I detriti possono rimanere in orbita per lunghi periodi di tempo, muovendosi molto velocemente.

What creates them?

- Satellites at the last stage of their lives and spent boosters
- Pieces of satellites and mission-related debris, such as dust and paint
- Collisions between satellites.

Come si formano?

- Satelliti che hanno concluso il proprio ciclo vitale e stadi finali dei razzi
- Pezzi di satelliti e detriti prodotti durante missioni, come polveri e pittura
- Collisioni tra satelliti.

Cosa sono i Detriti Spaziali?

ESA Estimations

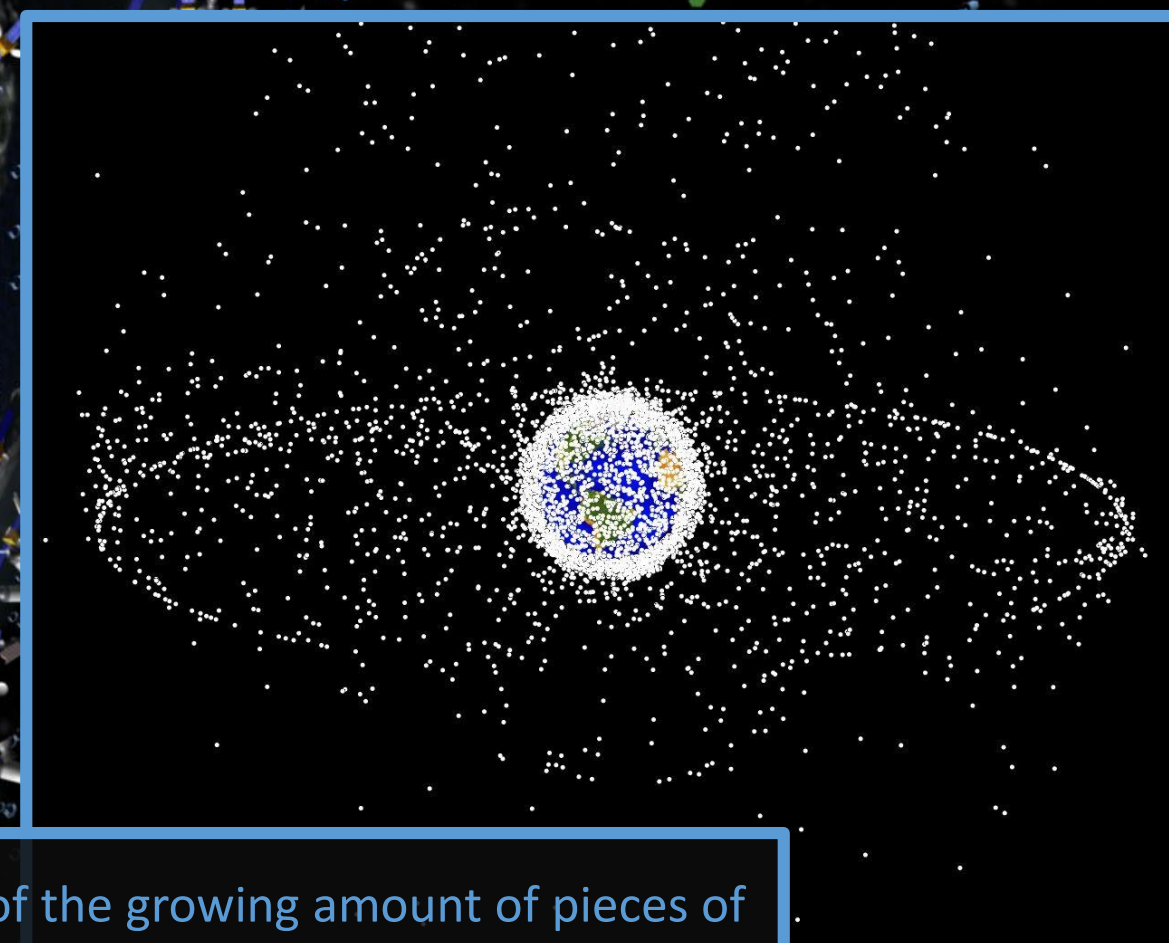
As of July 2013, there were:

- Over 170 million orbital debris smaller than 1 cm
- ~670.000 debris sized from 1 cm to 10 cm
- 29.000 larger debris.

Stime ESA

Nel luglio 2013 vi erano:

- Oltre 170 milioni di detriti inferiori ad 1 cm
- ~670.000 detriti di misure tra 1 e 10 cm
- 29.000 detriti più grandi.



The result of the growing amount of pieces of space junk is a trail of garbage spinning over our heads, especially in the low orbits (LEO).

Il risultato del numero crescente di rifiuti spaziali è una scia di spazzatura che gira sulle nostre teste, specialmente in orbite basse (LEO).

The Threat of Space Debris

Space debris represent a danger to satellites and to manned spacecraft in terms of security and integrity. Objects in orbit travel at a very high speed, so that even small particles can seriously damage and even destroy a satellite. Although not very likely, the risk of collision between large objects in low Earth orbit (below 2000 km of altitude) has doubled in the recent years. According to ESA, a 1-cm in diameter object would disable a spacecraft and penetrate the International Space Station (ISS) shields, while a 1-mm object could destroy sub-systems on board a spacecraft.

I detriti spaziali rappresentano un pericolo per satelliti e navicelle spaziali con umani a bordo, in termini di sicurezza ed integrità. Gli oggetti in orbita viaggiano a velocità elevate per cui anche piccole parti, possono danneggiare seriamente e persino distruggere un satellite. Anche se non molto probabile, il rischio di collisione tra oggetti di grandi dimensioni in bassa orbita (sotto i 2000 km di altitudine) è raddoppiato. Un oggetto di 1 cm di diametro può disattivare completamente un satellite e penetrare gli scudi della Stazione Spaziale Internazionale (ISS), mentre un oggetto di 1 mm potrebbe distruggerne i sottosistemi di bordo.

Example of damages caused by debris: The entry hole in Space Shuttle Endeavour's radiator panel caused by a space debris during the STS-118.

Esempio di danni causati dai detriti: Foro di entrata nel pannello del radiatore della navicella spaziale Endeavour causato da detriti spaziali durante la missione STS-118.

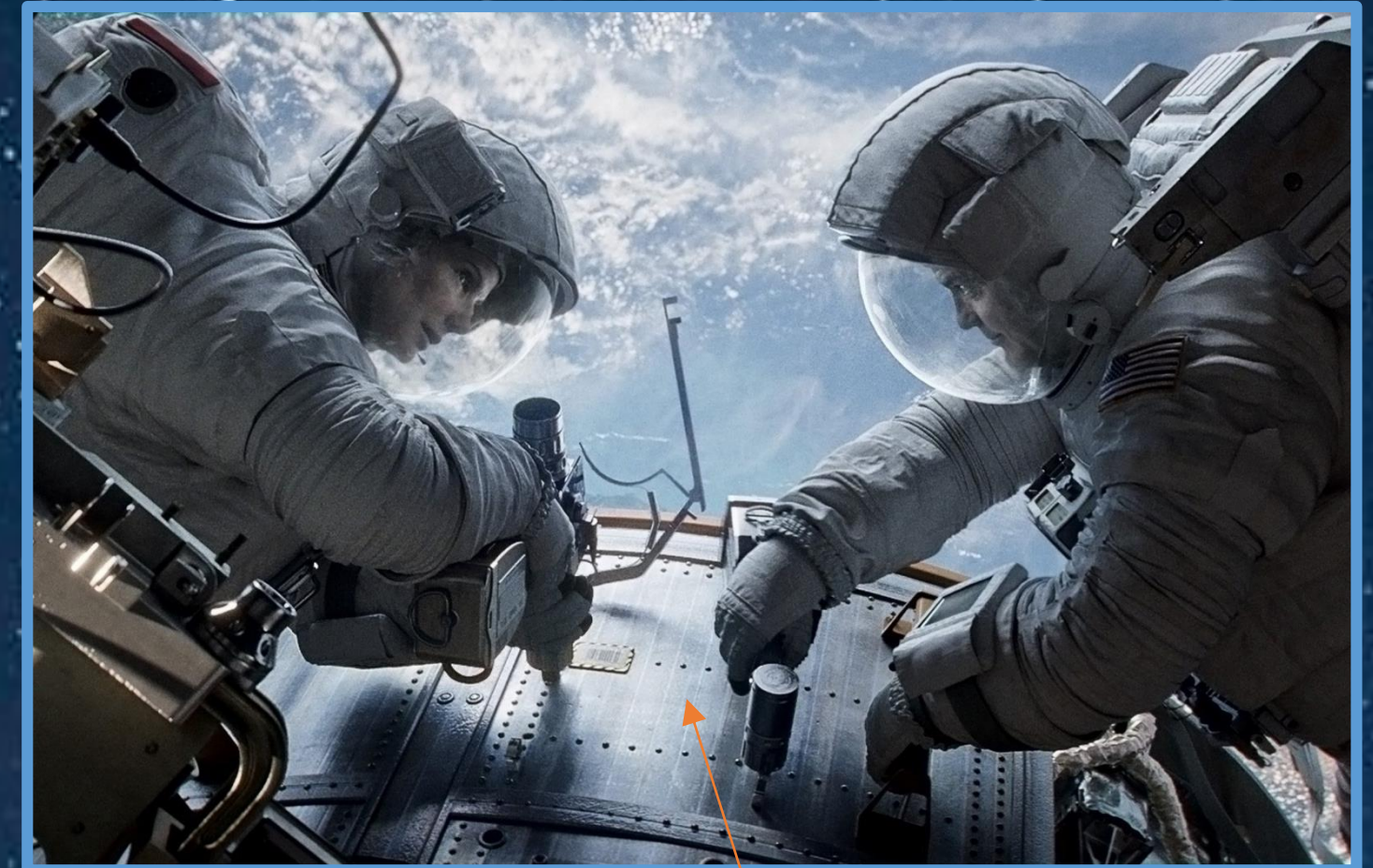
What are the potential hazards?

- Debris can clash with satellites in function ending their mission and disrupting Earth ground systems (TV broadcast, telephony, GPS...)
- The ISS risks to be hit by a twisting debris posing a serious danger to its inhabitants
- The astronauts who are building the ISS or conducting Extravehicular Activities (EVA) can be hit.

Quali sono i rischi potenziali?

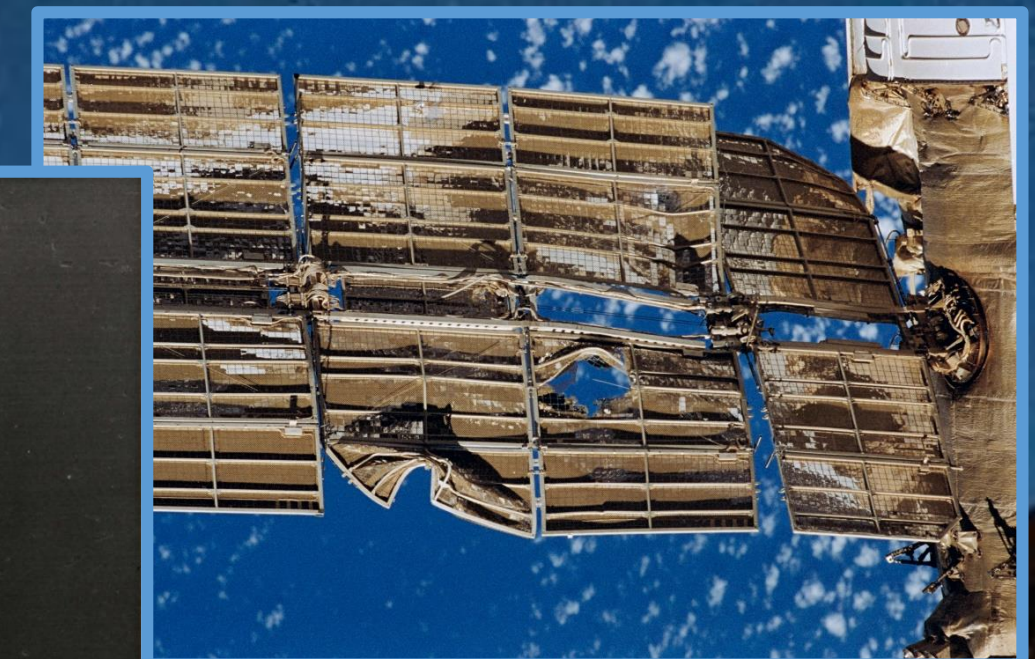
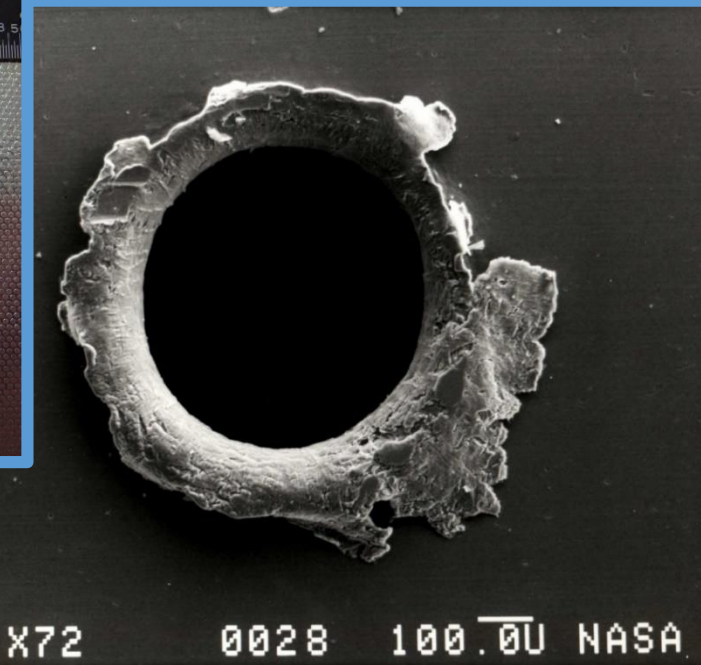
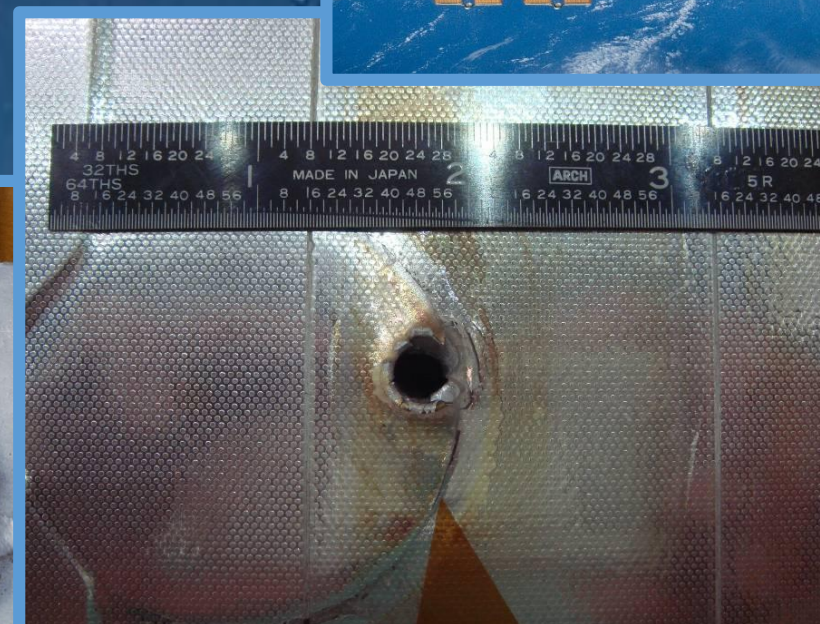
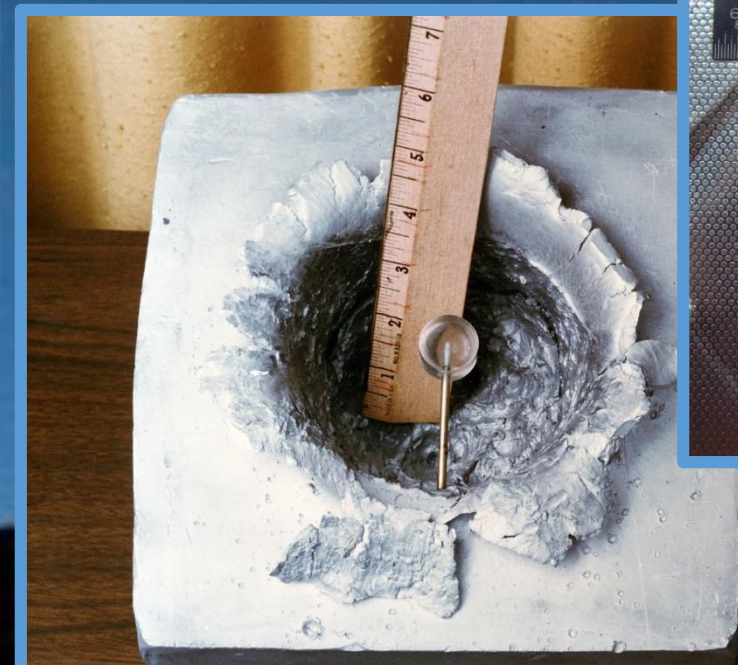
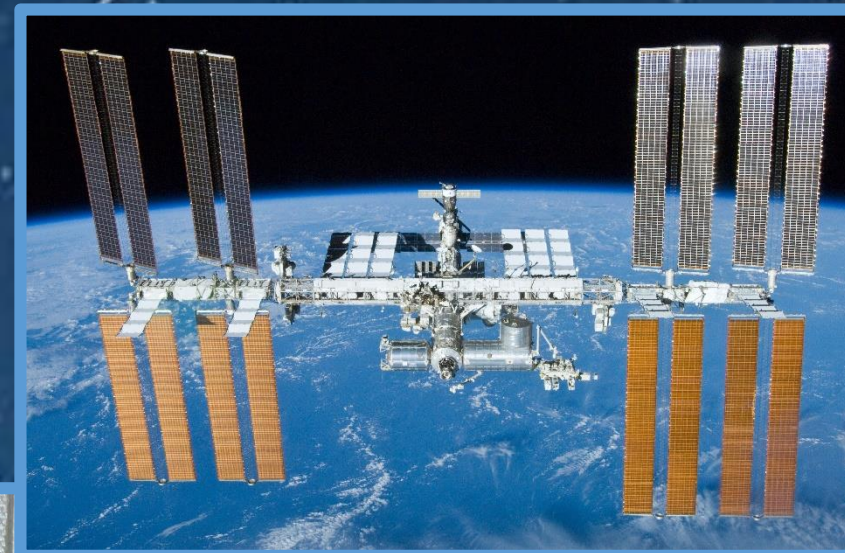
- I detriti possono scontrarsi con satelliti attivi interrompendone la missione e creando problemi ai sistemi di Terra (trasmissione TV, telefonia, navigatori...)
- L'ISS rischia di essere colpita da un detrito vagante, con seri pericoli per i suoi occupanti
- Gli astronauti che stanno costruendo la ISS o svolgendo attività extraveicolari possono essere colpiti.

La Minaccia dei Detriti Spaziali



The movie "Gravity" depicts the "**Kessler Syndrome**": a cascade effect produced by accidental collisions in Space. The debris of the first collision would create a cloud of debris that might collide with other satellites that then create bigger clouds of debris in each interaction (domino effect).

Il film "Gravity" raffigura la "**Sindrome di Kessler**": un effetto a catena prodotto da collisioni accidentali nello Spazio. i detriti della collisione iniziale creerebbero una nube di detriti che potrebbe collidere con altri satelliti, andando a creare nubi sempre più grandi di detriti ad ogni interazione (effetto domino).



25KV X72 0028 100.0U NASA

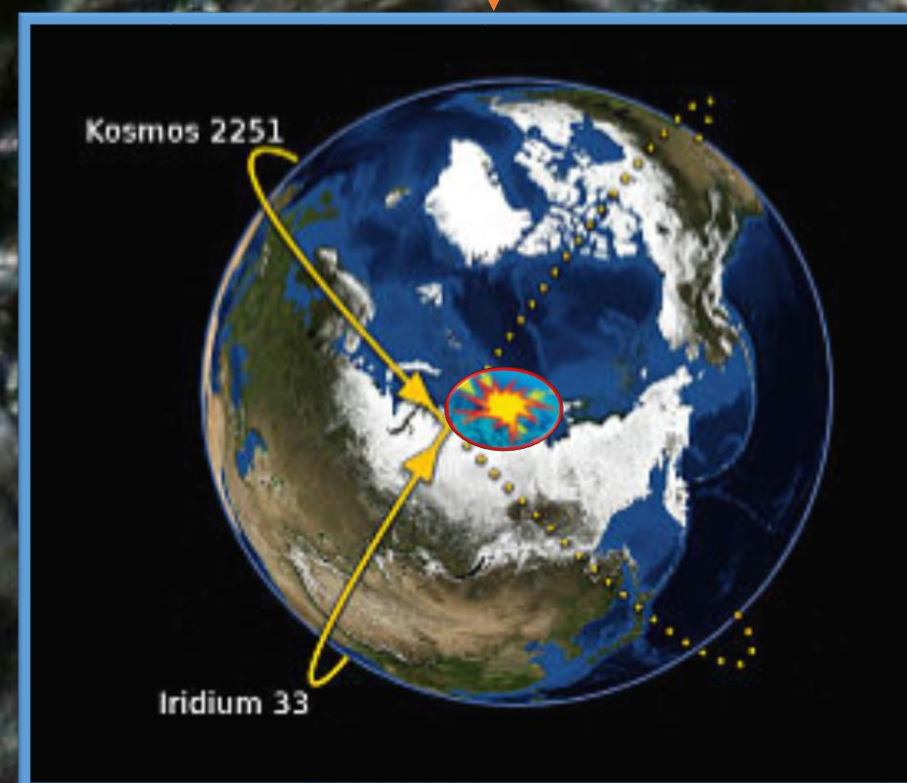
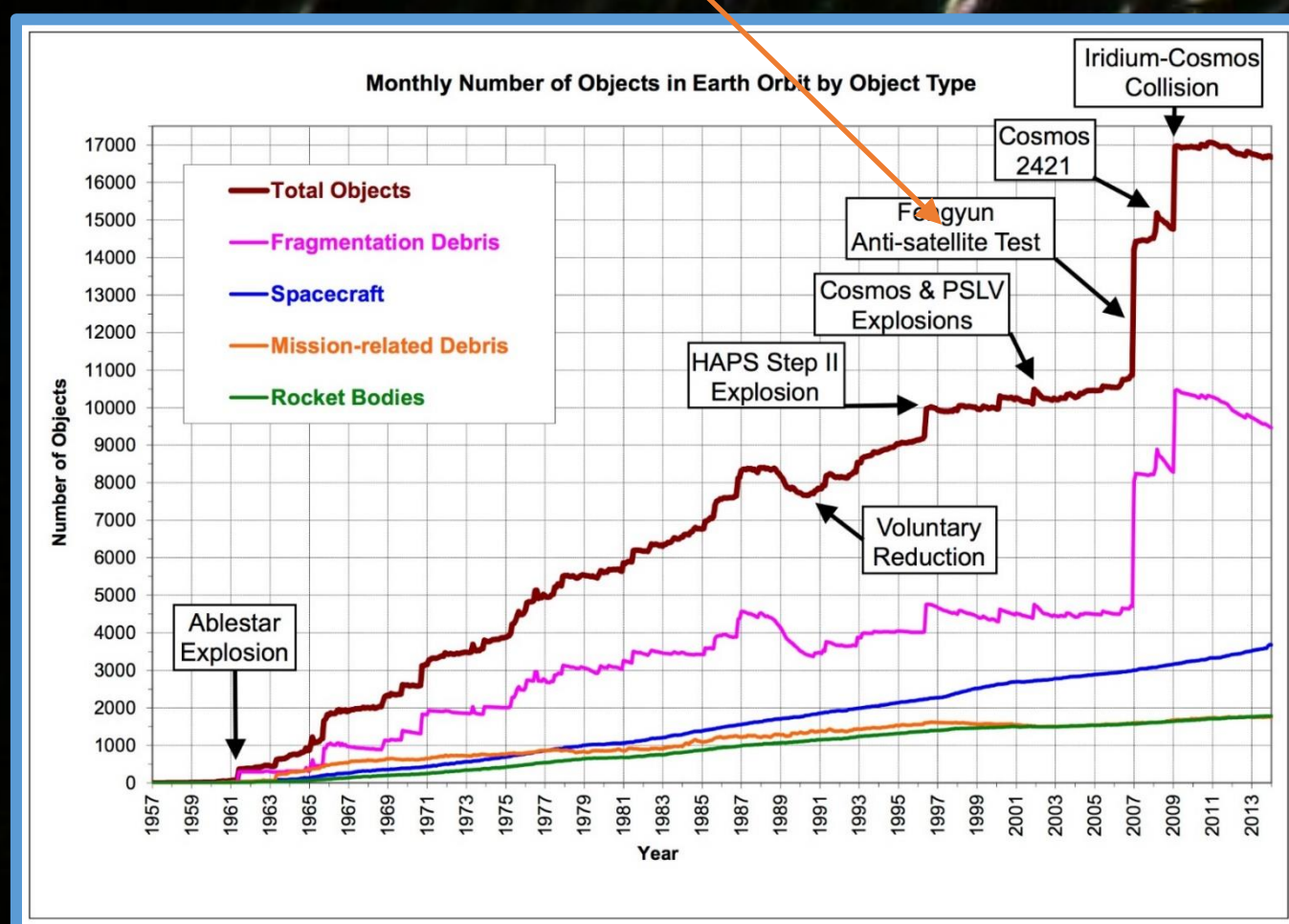
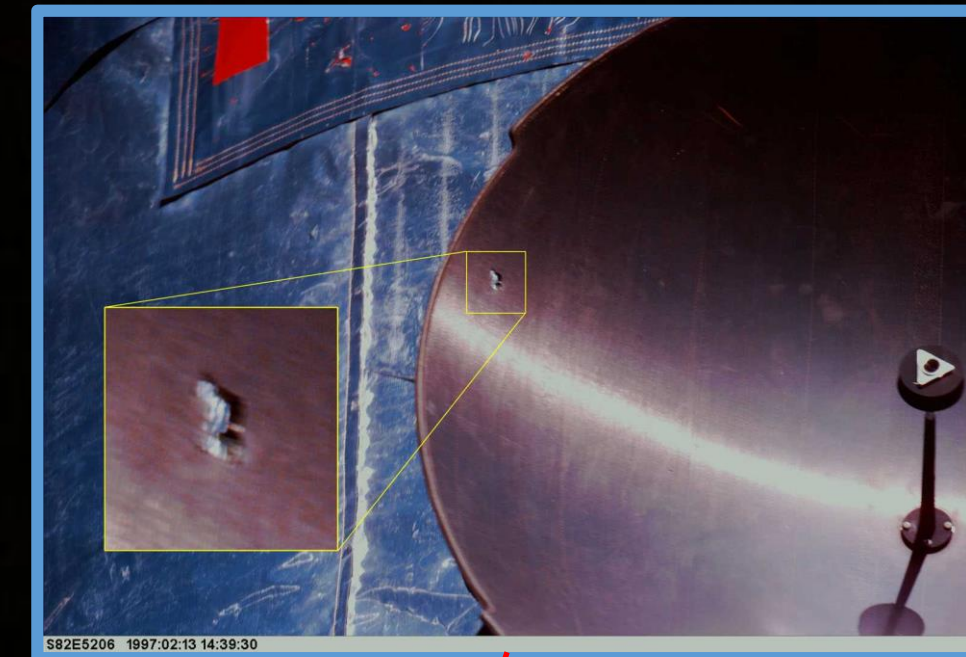
Major Space Debris Incidents

In 2007, the intentional destruction of the Chinese weather satellite Fengyun-1Cm, as part of an anti-satellite missile test, created a significant field of space debris.

Nel 2007, la distruzione intenzionale del satellite meteorologico cinese Fengyun-1C, nell'ambito di un test anti-satellitare, ha creato un significativo campo di detriti spaziali.

In 2009 a defunct Russian military satellite, Kosmos-2251, struck an operational American satellite, Iridium 33, blowing a consistent amount of debris into Space. This was the first hypervelocity satellite collision (~54400 km/h) between two artificial satellites in low Earth orbit.

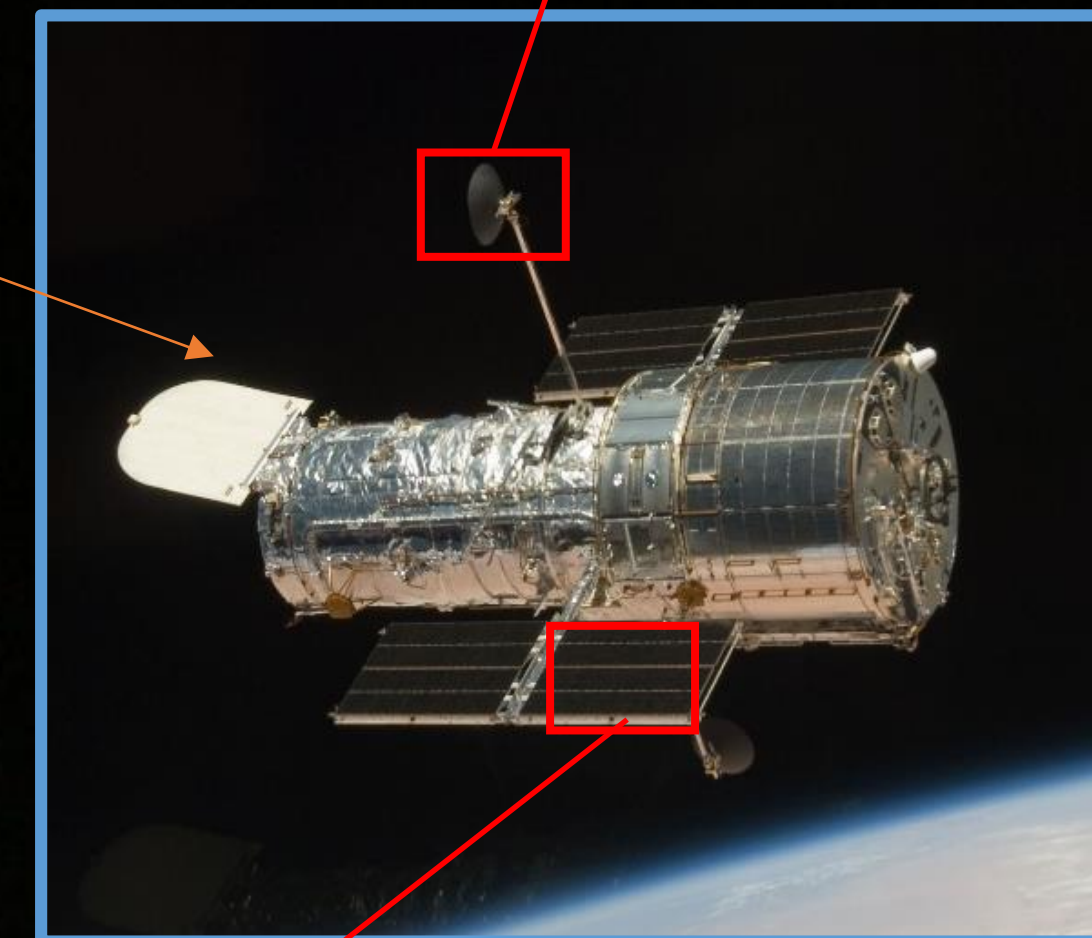
Nel 2009, un satellite militare russo inattivo, Kosmos-2251, ha colpito un satellite americano in funzione, Iridium 33, spargendo una considerevole quantità di detriti nello Spazio. Questa è stata la prima collisione ad alta velocità (~54400 km/h) tra due satelliti artificiali in orbita terrestre bassa.



The Space Hubble Telescope was visited by astronauts five times to repair and upgrade its systems.

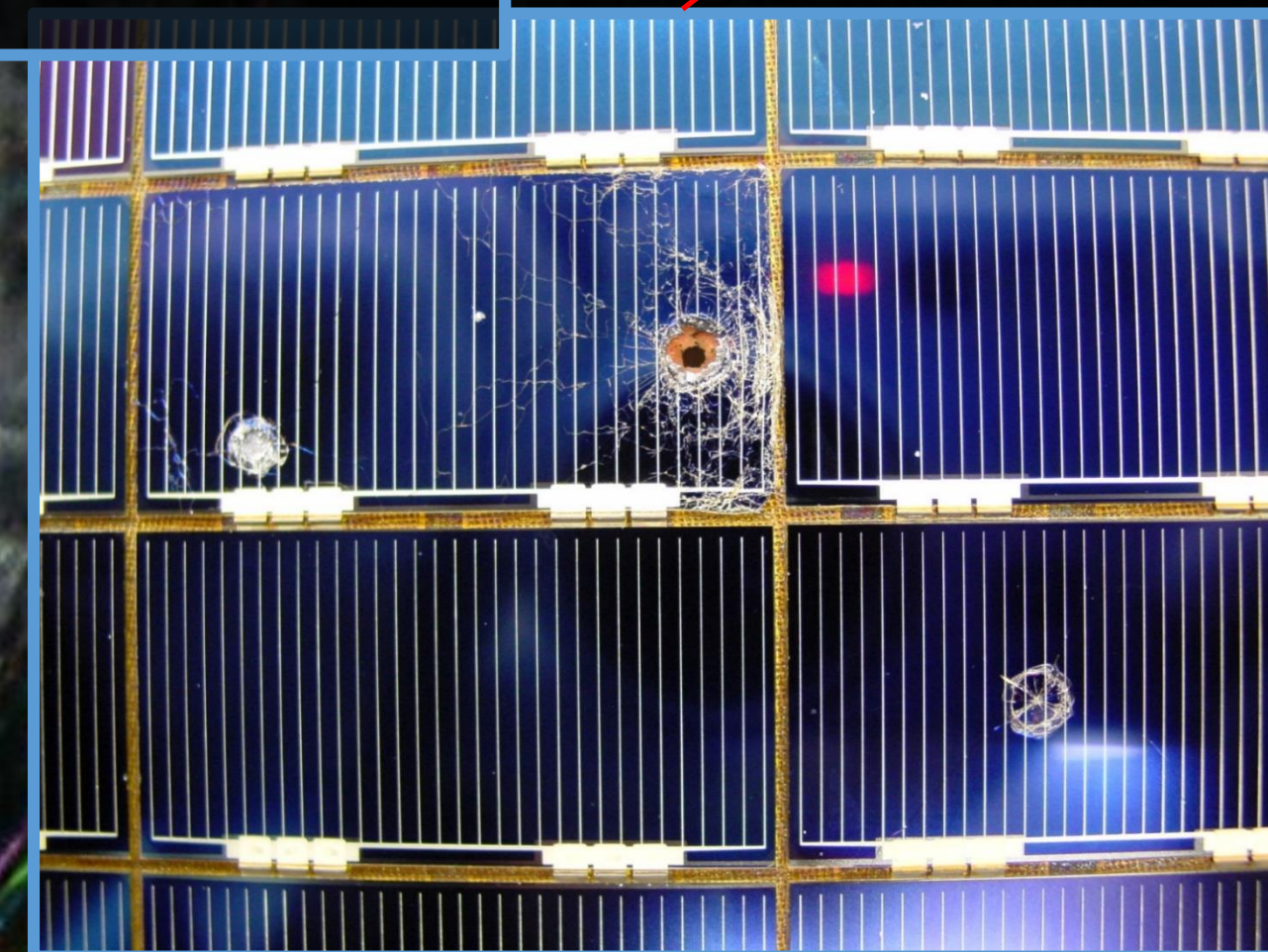
During maintenance astronauts photographed many debris impacts on its external surfaces.

Il Telescopio Spaziale Hubble è stato visitato 5 volte dagli astronauti per ripararne e migliorarne i sistemi. Durante tali operazioni, gli astronauti hanno fotografato vari impatti di detriti sulle sue superfici esterne.



The Space Shuttle cockpit window was damaged during the STS-127 Mission.

L'oblò della cabina di pilotaggio dello Space Shuttle fu danneggiato durante la Missione STS-127.



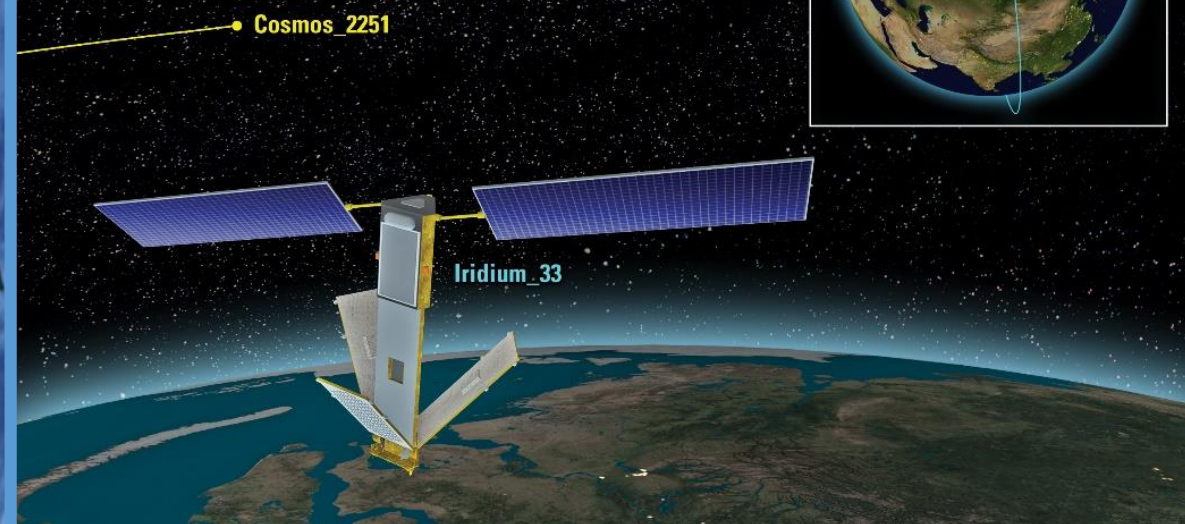
Keep the Space Cleaner!

Awareness about the fact that space debris should be cleaned up is rising and mitigation measures are being evaluated, under the principle that: “what goes up, should go down”.

La **consapevolezza** del fatto che i detriti spaziali andrebbero ripuliti sta aumentando e misure di mitigazione sono in fase di valutazione, secondo il principio per il quale: “ciò che sale, dovrebbe scendere”.

COSMOS 2251

Time (UTCG): 10 Feb 2009 16:55:38
Radial (km): -4.138
In-Track (km): 193.932
Cross-Track (km): -154.963
Range (km): 248.275



Prevention: predict post-launch orbit for potential collisions. Satellites and spacecrafts are shielded to protect their vital components.

Prevenzione: prevedere l'orbita post-lancio per evitare potenziali collisioni. Satelliti e veicoli spaziali vengono schermati, per proteggerne le componenti vitali.

Last stage rocket disposal: Last stage must be reentered into Earth when possible. Otherwise passivation (battery discharge and fuel dumping) must be completed.

Smaltimento dell'ultimo stadio del razzo: se possibile, l'ultimo stadio deve essere riportato a Terra, altrimenti deve essere eseguita la sua completa passivazione (riguardo le batterie e il carburante).

Debris monitoring and observation: It is possible to track down objects approximately the size of a screw.

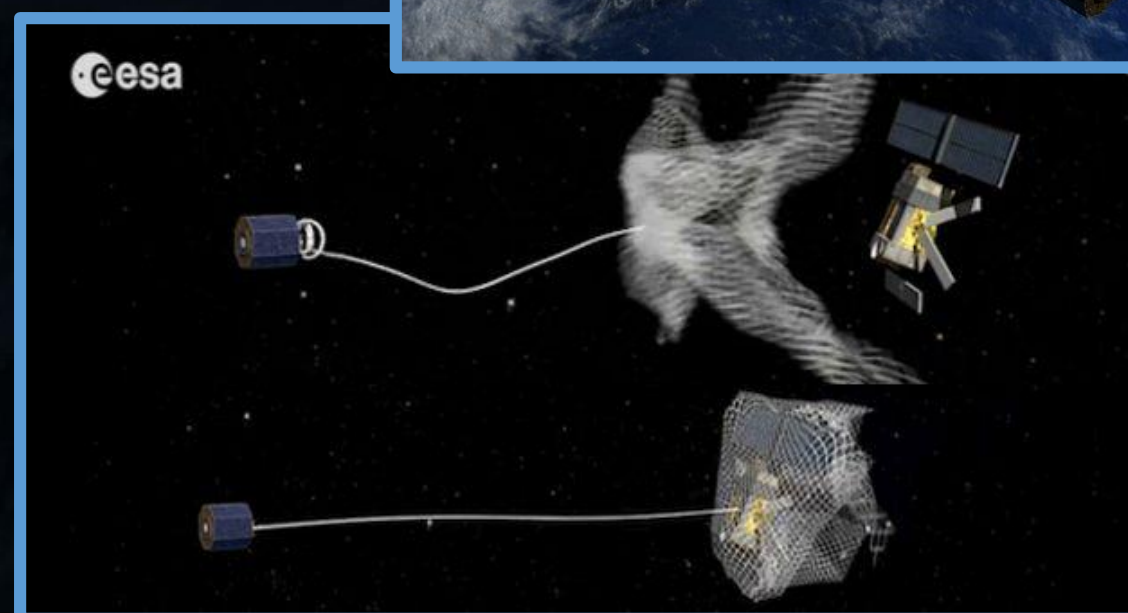
Monitoraggio e osservazione dei detriti: è possibile tracciare oggetti approssimativamente della misura di un chiodo.

Satellite disposal: at the end of its life, it shall be either pushed further away into Space, or brought down into the Earth's atmosphere so it can burn up.

Smaltimento dei satelliti: alla fine della sua vita operativa, il satellite dovrebbe essere sospinto più lontano nello Spazio, o riportato nell'atmosfera terrestre affinché si disintegri bruciando.

Debris removal: reduce the number of space objects with active removal missions of high mass objects, capturing them and reentering them into the atmosphere. Cleaning the debris that already exist has high financial costs.

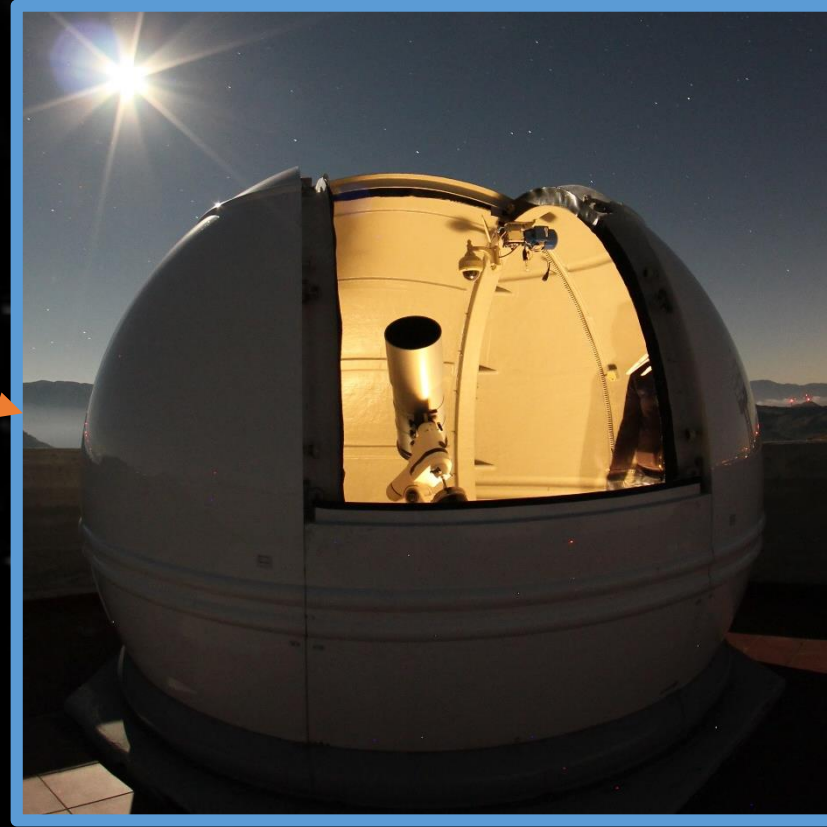
Rimozione dei detriti: ridurre il numero di oggetti spaziali con missioni di rimozione attiva di oggetti a grande massa, catturandoli e riportandoli in atmosfera. Eliminare i detriti già esistenti presenta costi elevati.



Methods of Debris Observation

Telescopes for High Earth Orbits.
Monitoring of Geosynchronous Equatorial Orbit (GEO) satellites is done by optical telescopes like the one in Castelgrande.

Telescopi per orbite terrestri alte. Il monitoraggio di satelliti geostazionari (GEO) è svolto da telescopi ottici come quello di Castelgrande.



Radar for Low Earth Orbits (LEO).
Monitoring of LEO orbits is done by RADAR using Short-wavelength ground based radars.

Radar per orbite terrestri basse (LEO).
Il monitoraggio di orbite terrestri basse è svolto da RADAR a terra che utilizzano sistemi ad onde corte.

Where are the satellites?

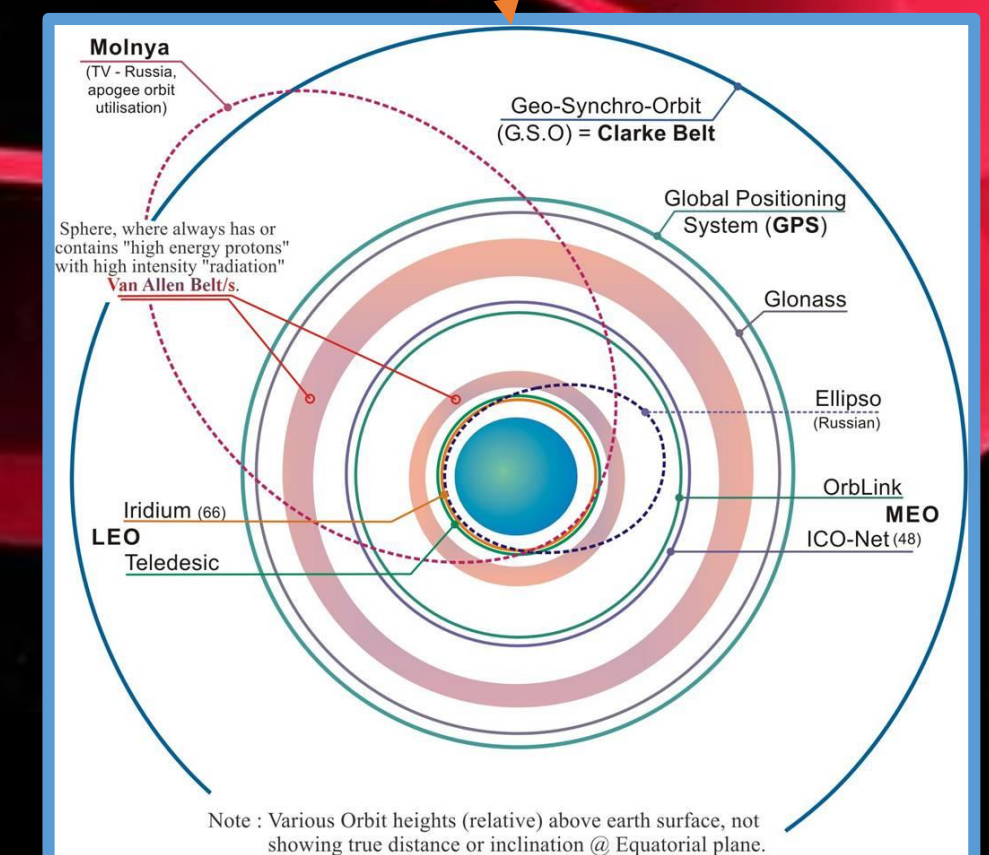
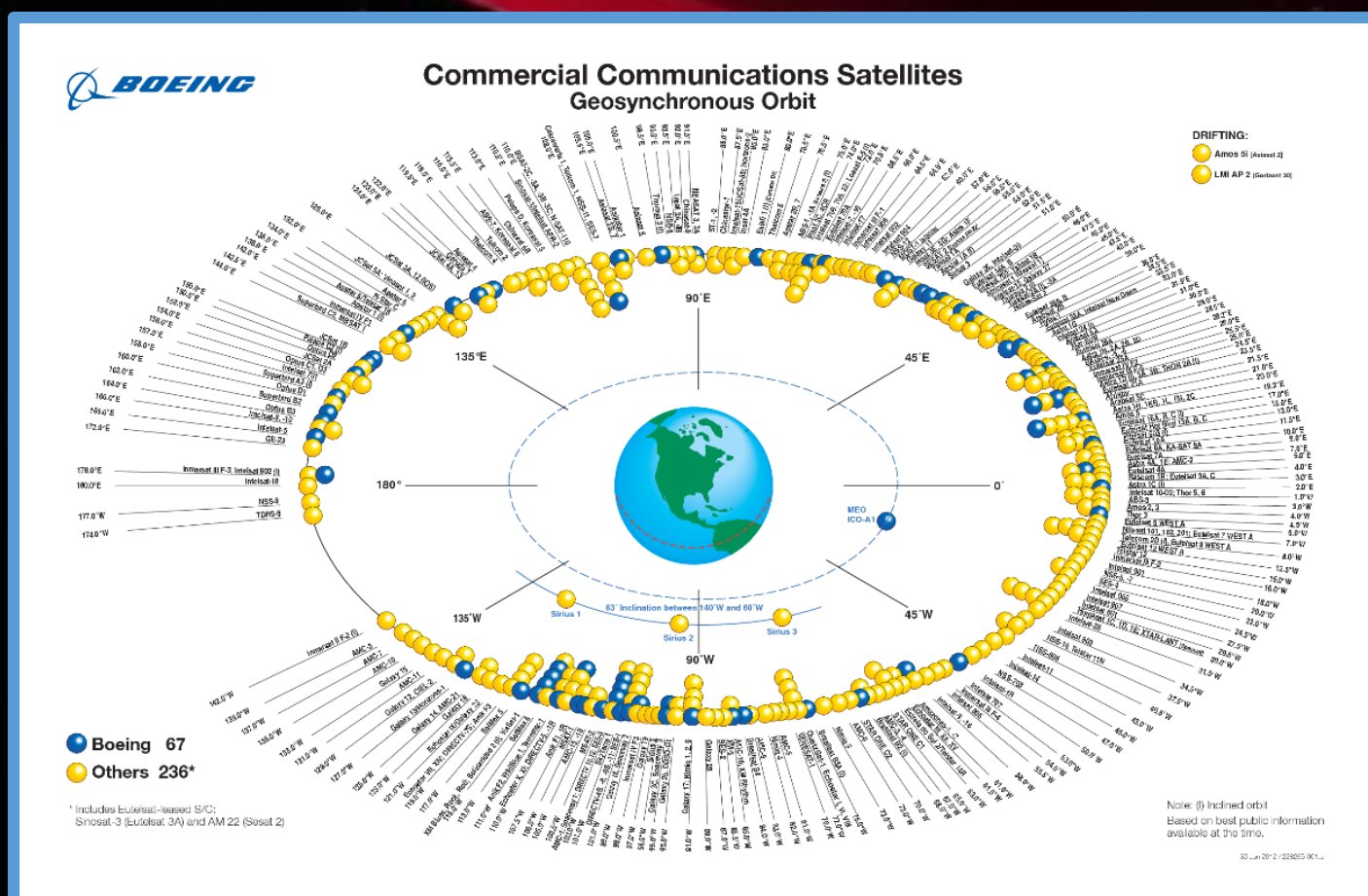
- In LEO: for Space and Earth observation and communication
- In MEO: for navigation (e.g. GPS)
- In GEO: for telecommunications

Dove si trovano i satelliti?

- Su LEO: per l'osservazione spaziale e le comunicazioni
- Su MEO: per la navigazione (es. GPS)
- Su GEO: per le telecomunicazioni

GEO orbit is the busiest orbit, used for communication and TV services.

L'orbita geostazionaria è la più trafficata, essa viene utilizzata per le comunicazioni e i servizi TV.



Debris Orbit Determination

A debris in orbit is tracked and cataloged so that satellite operators can modify their satellites orbits in order to avoid collisions. Orbit determination of the debris is done observing them from telescopes located in different points on Earth: in this way the debris' position and speed can be calculated thanks to the **triangulation method**. All telescopes must be perfectly synchronized and calibrated in order to reduce errors. A network of telescopes is needed to give full coverage of the GEO orbit.

Un detrito in orbita viene tracciato e catalogato affinché gli operatori satellitari possano modificare le orbite dei propri satelliti onde evitare collisioni. L'orbita dei detriti viene determinata osservando gli stessi da telescopi posizionati in diversi punti della Terra: la posizione e la velocità del detrito possono essere calcolate con il **metodo della triangolazione**. Tutti i telescopi devono essere perfettamente sincronizzati e calibrati, in modo da ridurre gli errori. E' necessaria una rete di telescopi per fornire una copertura completa dell'orbita GEO.



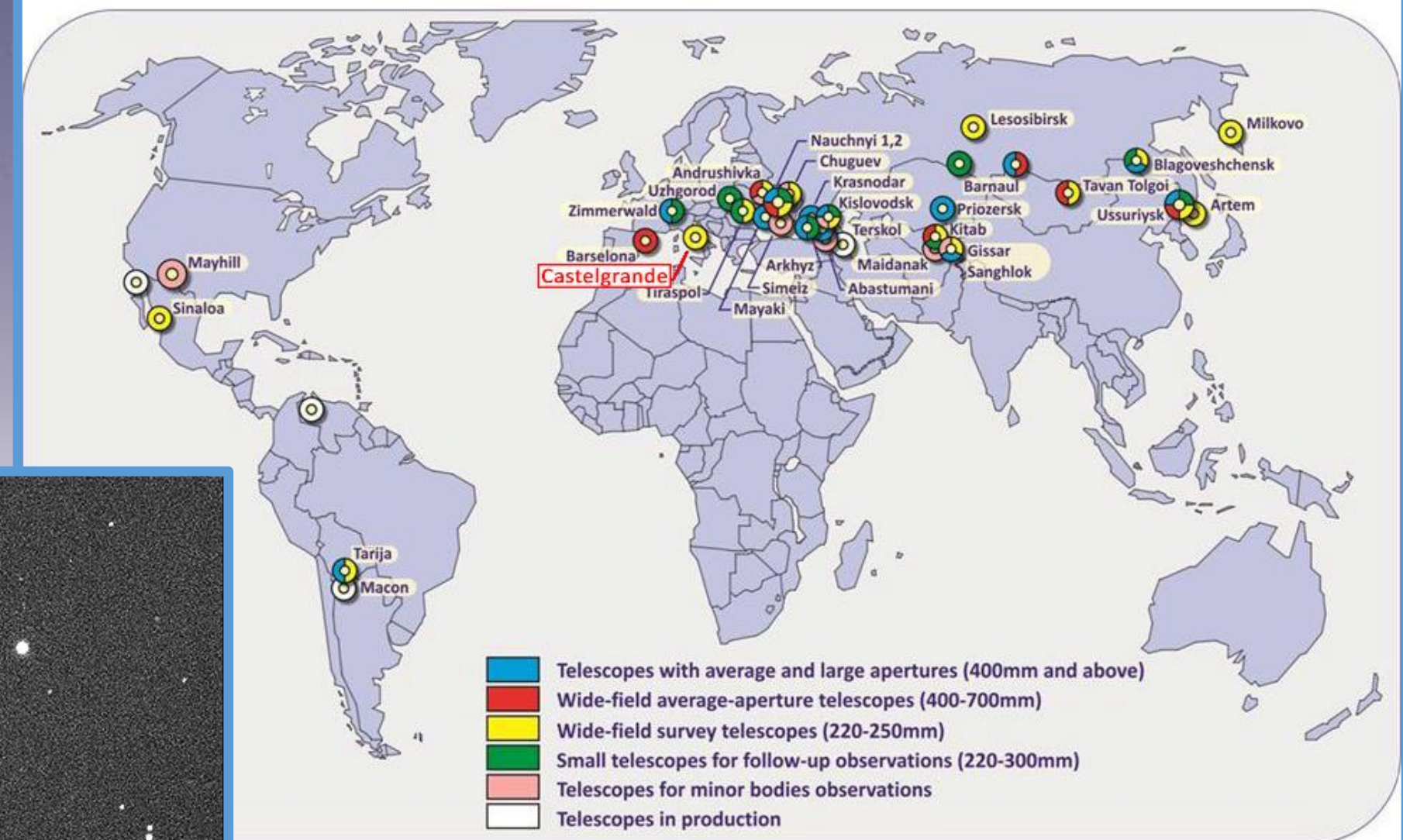
Keeping the telescope observing the sky, satellites or debris appear as moving objects (strips) while the stars are fixed points.

Mantenendo il telescopio fisso ad osservare il cielo, i satelliti o i detriti appaiono come oggetti in movimento (strisce) mentre le stelle sono dei punti fissi.



Determinazione dell'Orbita dei Detriti

Map of ISON observatories



ISON NETWORK: the International Scientific Optical Network is an international project for the activities of detection, monitoring and tracking objects in Space. It includes about 30 telescopes placed in 20 observatories in 10 different Countries (Russia, Ukraine, Georgia, Uzbekistan, Tajikistan, Moldova, Spain, Switzerland, Bolivia, USA, Italy). Measurement data are used to support spaceflight safety tasks, to improve orbits and to find events such as appearance of a new celestial objects, possible close encounters etc..

LA RETE ISON: La Rete Ottica Scientifica Internazionale è un progetto per le attività di individuazione, monitoraggio e tracciatura di oggetti nello Spazio. Include circa 30 telescopi posizionati in 20 osservatori in 10 diversi Paesi (Russia, Ucraina, Georgia, Uzbekistan, Tajikistan, Moldavia, Spagna, Svizzera, Bolivia, USA, Italia). I dati di misurazione sono usati per aumentare la sicurezza dei veicoli spaziali modificandone le orbite e per individuare eventi come la comparsa di un nuovo corpo celeste, un possibile incontro ravvicinato ecc..

CastelGauss Project

In November 2014 the **Municipality of Castelgrande (Basilicata Region, Italy)** and the **Company G.A.U.S.S. Srl** have signed an agreement on the implementation of a Space Debris Observatory. The purpose of the project, named **CastelGauss**, is to carry on studies, research and training activities in the space debris sector. GAUSS provides equipment, engineering assistance and its aerospace expertise on optical observation of sky and space debris.

Nel Novembre 2014, il **Comune di Castelgrande (Regione Basilicata, Italia)** e la **Società G.A.U.S.S. Srl** hanno firmato un accordo sull'attuazione dell'Osservatorio di Detriti Spaziali di Castelgrande. Lo scopo del progetto, nominato **CastelGauss**, è di portare avanti studio, ricerche e attività di formazione nel settore aerospaziale dei detriti spaziali. GAUSS apporta attrezzature, assistenza ingegneristica e le proprie competenze riguardo l'osservazione del cielo e dei detriti spaziali.

Castelgrande Observatory is part of the ISON Network.

The telescope used for CastelGauss Project has an equatorial mount with a 22cm mirror, protected by a 3 meter robotic dome.

The whole system is automated and it is remotely controlled by GAUSS engineers in Rome and by ISON researchers from Moscow (Russia) who can study the orbiting debris collecting data and pictures.

L'Osservatorio di Castelgrande è parte della rete ISON.

Il telescopio utilizzato per il progetto CastelGauss ha una montatura equatoriale ed ha una lente a specchio di 22cm protetta da una cupola robotizzata di 3 metri.

L'intero sistema è automatizzato ed è controllato a distanza dagli ingegneri GAUSS da Roma e dai ricercatori ISON a Mosca (Russia) i quali possono studiare i detriti orbitanti raccogliendo dati e foto.

Castelgrande has an old history in sky observation because the area - a small hill named "Toppo di Castelgrande" - is one of the most suitable places in Europe for its characteristics such as air quality and clear sight.

The place already hosts an Astronomical Observatory run by INAF-Capodimonte with a diameter of 1.54 meter altazimuth telescope (TT1).

Castelgrande ha una lunga storia di osservazione del cielo, in quanto l'area - la collinetta chiamata "Toppo di Castelgrande" - è uno dei luoghi più adatti in Europa per le sue caratteristiche, come la qualità dell'aria e la nitidezza della vista.

Il luogo era già sede di un Osservatorio Astronomico, attualmente gestito da INAF-Capodimonte, completamente dedicato a osservazione e sorveglianza spaziale. Si avvale di un telescopio azimutale del diametro di 1.54 metri (il TT1).

Progetto CastelGauss

