

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

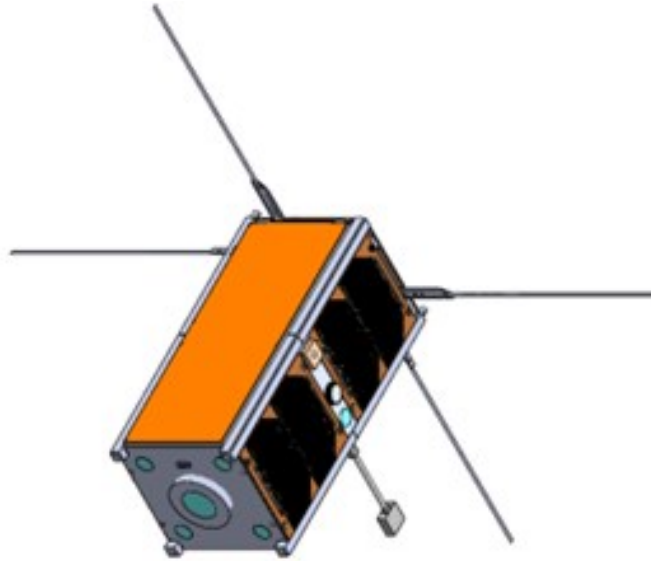
Relazione per la prova finale

*Esperimento AlbaSat: propagazione
orbitale e intervalli di visibilità dai
radar di terra*

Tutor universitario: *Prof. Giacomo Colombatti*

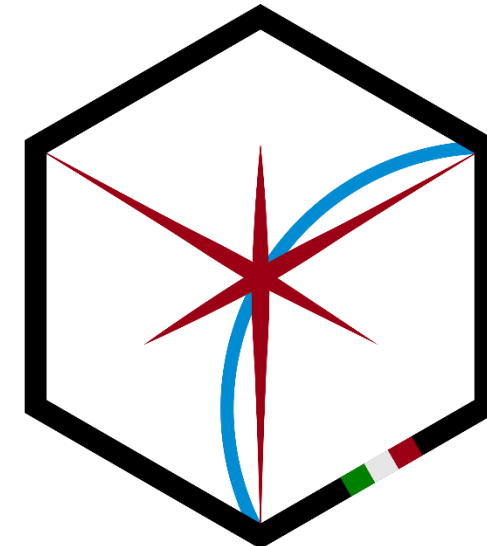
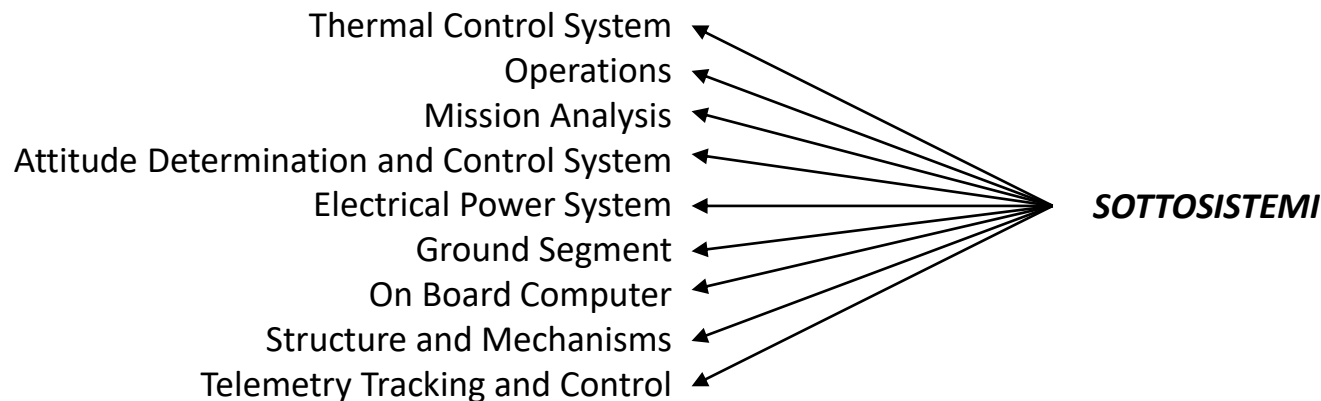
Laureando: *Bertolaso Matteo*

Padova, 21/09/2023



OBIETTIVI E PAYLOAD:

- Effettuare misurazioni in-situ di detriti spaziali submillimetrici in ambiente LEO
(*IMPACT SENSOR*)
- Studiare le microvibrazioni che insistono sul satellite durante le diverse fasi della missione
(*MICROVIBRATION SENSOR*)
- Effettuare la determinazione dell'orbita e dell'assetto del satellite tramite laser ranging
(*CORNER CUBE RETROREFLECTORS*)
- Studiare sistemi alternativi per possibili applicazioni di Satellite Quantum Communication su nanosatelliti
(*QUANTUM PAYLOAD, in collaborazione con Quantum Future*)





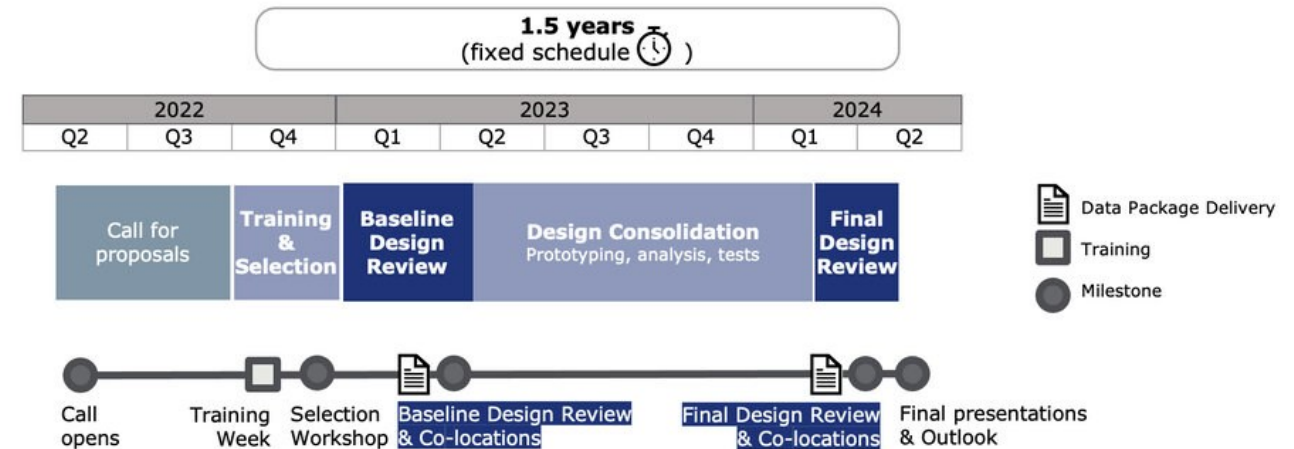
FLY YOUR SATELLITE!

Il programma FYS! di ESA è un programma ricorrente gestito dall'ESA Education Office in collaborazione con le università degli Stati membri dell'ESA, nel corso del quale team studenteschi vengono supportati da specialisti e strutture ESA nello sviluppo del proprio satellite

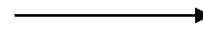


FYS! Design Booster edition

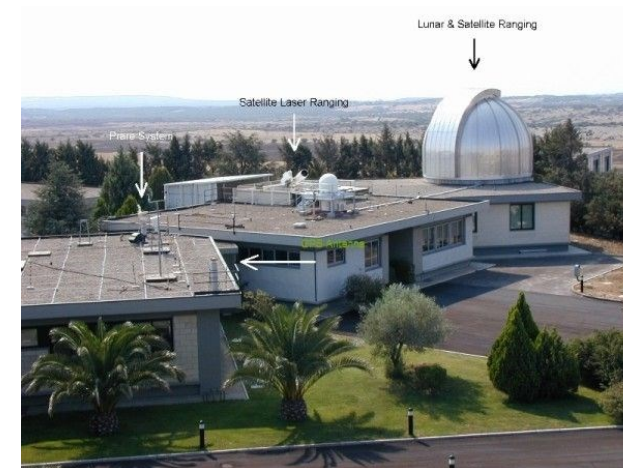
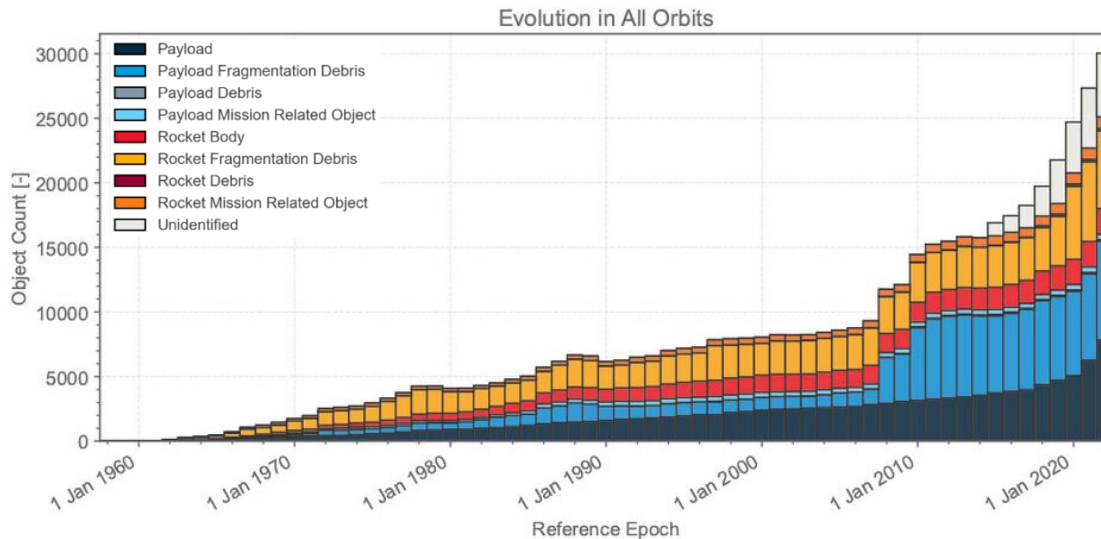
L'edizione "FYS! Design Booster" è dedicata a team universitari aventi un progetto preliminare di CubeSat 2/3/6 U, tale progetto viene rivisto da esperti ESA che identificano potenziali miglioramenti o problemi e aiutano a risolverli



Negli ultimi anni lo spazio è diventato di più facile accesso grazie all'avanzamento delle tecnologie e conoscenze disponibili, ne è seguita la necessità di tenere sotto osservazione tutti gli oggetti che orbitano attorno alla Terra



Molti Stati e le rispettive agenzie spaziali si sono attivati istituendo reti di sensori in grado di individuare e tracciare satelliti attivi e detriti spaziali



SERVIZI

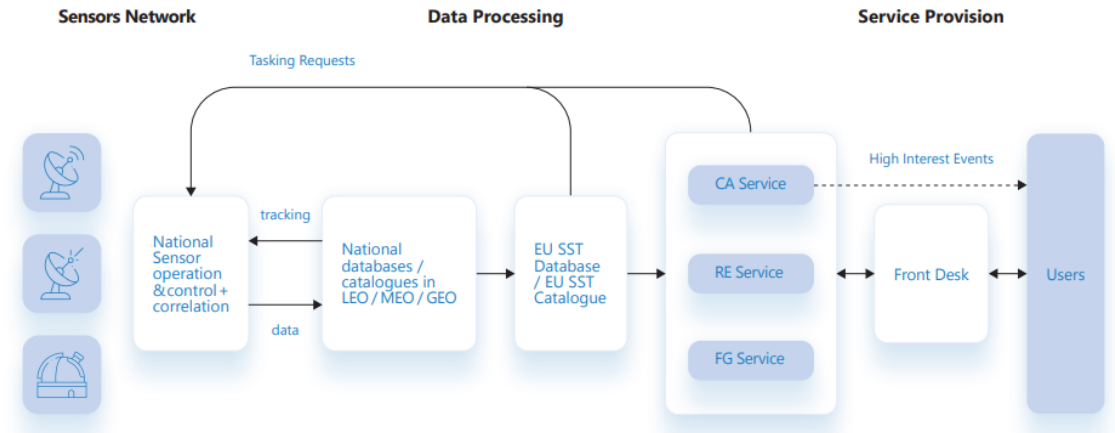
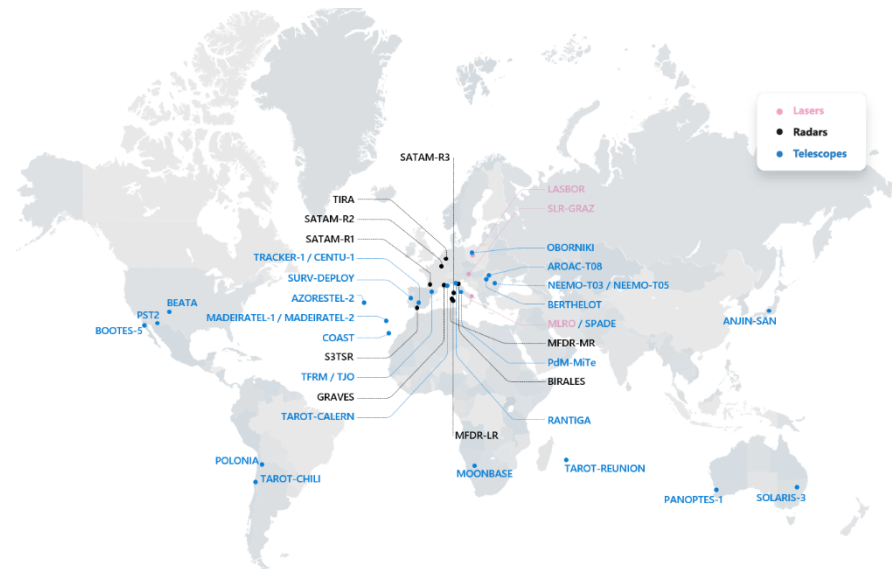
- Fragmentation analysis
- Re-entry analysis
- Collision avoidance
- Catalogazione

Le prestazioni di SST, accessibili gratuitamente dal portale del EU SST (<https://portal.eusst.eu>), sono fornite su richiesta ai proprietari e agli operatori di spacecraft

FUNZIONAMENTO

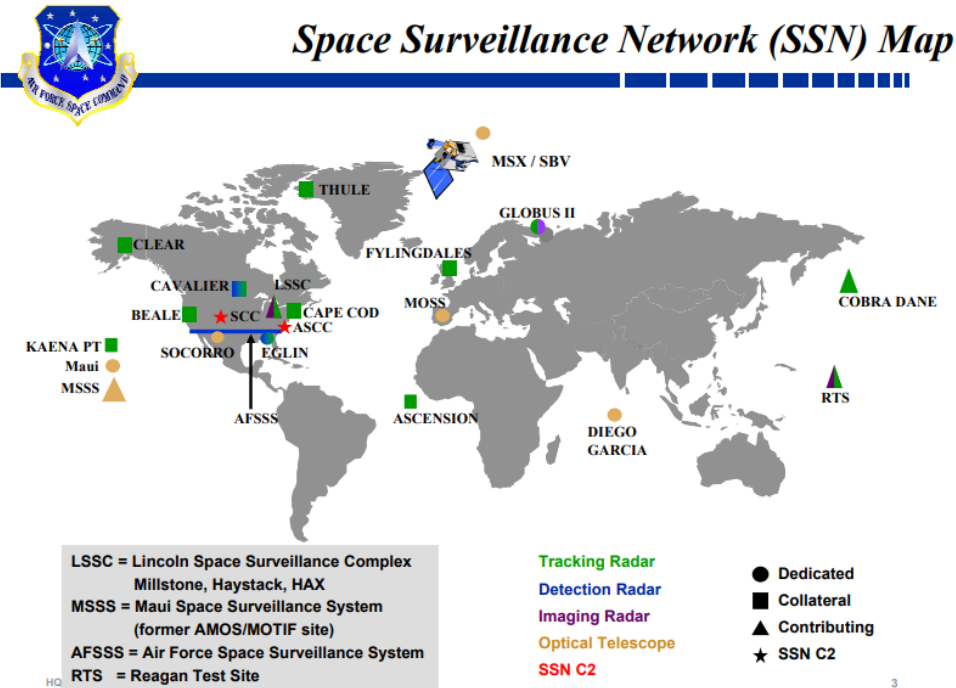
L'EU SST unisce le capacità dei sensori e dei centri operativi già esistenti, che altrimenti opererebbero separatamente, mantenendoli comunque sotto il controllo degli Stati membri e non rendendoli risorse dell'UE come per i casi dei programmi spaziali Galileo e Copernicus

SENSORI



SENSORI

- DEDICATED
- COLLATERAL
- CONTRIBUTING



SERVIZI

Dal 2010 lo USSPACECOM ha ricevuto l'autorità di fornire servizi di SSA a figure commerciali straniere, dal 2019 sono forniti tramite il sito [web space-track.org](http://web.space-track.org), e sono:

- Conjunction assessment
- Disposal support
- Dati di posizione di tutti gli oggetti tracciati

TECNOLOGIA SLR

Il SLR sfrutta laser a impulsi brevi, ricevitori ottici all'avanguardia ed elettronica di cronometrando per misurare il tempo di volo bidirezionale del laser (e quindi la distanza percorsa) dalle stazioni di terra agli array di retroriflettori sui satelliti in orbita attorno alla Terra, oppure il tempo di volo di sola andata verso un ricevitore spaziale (transponder).



SENSORI



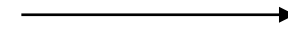
SERVIZI

- Laser ranging Normal Points
- Full-rate data
- Effimeridi satellitari
- Posizione delle stazioni
- Previsioni orbitali (Consolidated Prediction Format)

Sono resi disponibili agli utenti tramite i data center CDDIS (NASA) e EDC (Europeo)

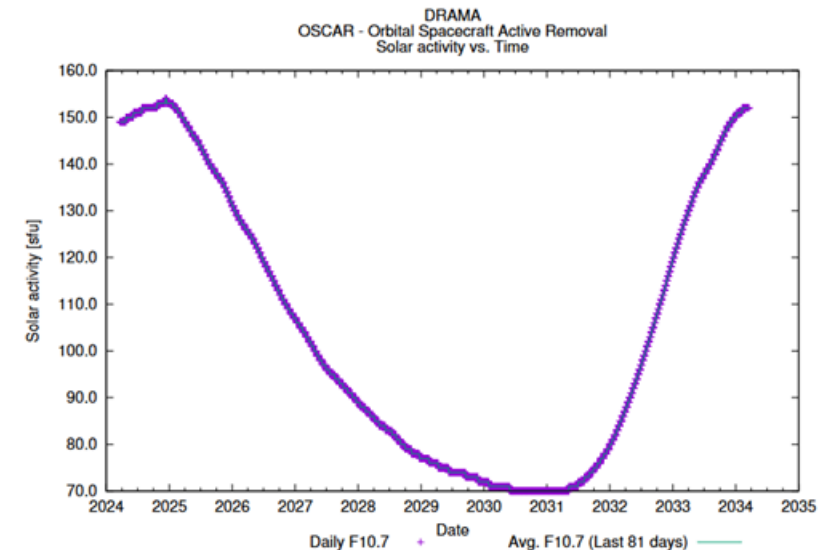
REQUISITI

- 1.5 anni durata minima della missione
- Rispetto delle normative ESA riguardo la sicurezza spaziale
- De-orbiting passivo
- Inclinazione minima di 45.4° (passaggio su stazione a PD)
- Eccentricità di 0.001



VINCOLI SU ALTITUDINE

Altitude (km)	Lifetime (years)			
	2025	2026	2027	2034
475	1,7	3,5	5,5	1,3
480	2,0	4,1	5,8	1,4
485	2,2	4,9	6,1	1,6
490	2,6	5,8	6,3	1,7
492	2,7	6,1	6,4	1,7
495	3,0	6,6	6,5	1,8
500	3,5	6,9	6,7	1,9



Il risultato delle simulazioni eseguite su DRAMA (software dell'ESA) evidenzia un range di possibili orbite compreso tra 485 e 500 km di altitudine nel quale sono rispettati sia il minimo lifetime di 1.5 anni che il massimo di 6.5 anni, come altitudine nominale della missione è stato scelto il valore di 500 km

INCLINAZIONE

Avendo scelto un'orbita Sun Sincrona, una volta individuata l'altitudine risulta vincolata anche l'inclinazione:

$$i = \arccos\left(\frac{1.991 \cdot 10^{-7} \cdot 2(1-e^2)^2 \cdot a^{7/2}}{-3\sqrt{\mu} \cdot J_2 \cdot R_T^2}\right) = 97.4^\circ$$

RAAN, AOP, TA

Attualmente la missione non impone nessun requisito particolare rispetto a questi parametri, è in fase di studio l'importanza del MLTAN e la sua relazione con l'ascensione retta del nodo ascendente e la data di partenza

Semiassse maggiore	6878 km
Eccentricità	0.001
Inclinazione	97.4°
RAAN	189°
AOP	0°
TA	0°

DATA DI PARTENZA

Compatibilmente con la conclusione del progetto e le restrizioni legate alla durata della missione è stata scelta come data di partenza per le simulazioni il 30 Marzo 2027

La simulazione è stata eseguita utilizzando GMAT, software open source della NASA

MASSA e BALISTICA

Parametro	Valore
Massa	2.2 kg
Coefficiente di Drag	2.2
Coefficiente di SRP	1.3
Superficie di Drag	0.0227 m ²
Superficie di SRP	0.0227 m ²

GROUND STATION

Sono state incluse tutte le stazioni dell'ILRS attualmente in funzione e i radar dello SSN e dell'EU SST dedicati al tracking.
Per ogni ente è stato creato un ContactLocator

PROPAGATORE

Integratore	RungeKutta89
Modello gravitazionale	JGM-2 20x20
Modello atmosferico	MSISE-90
Modello di SRP	Sferico
Perturbazione del terzo corpo	Sole e Luna



Sono riportati di seguito, per ogni stazione di terra, il numero di contatti mensili e la media durata di un singolo contatto

EU SST

STAZIONE	NUMERO CONTATTI	DURATA MEDIA CONTATTO [s]
BIRALES	103	279
GRAVES	102	331
MFDR LR	96	321
S3TSR	91	344
SARAM R1	104	325
SATAM R2	112	340
TIRA	193	595

SSN

STAZIONE	NUMERO CONTATTI	DURATA MEDIA CONTATTO [s]
Ascension	109	527
Beale	110	382
Cape Cod	115	375
Cavalier	64	199
Clear	319	515
Cobra Dane	124	332
Eglin	125	521
Fylingdales	118	313
Globus 2	284	360
Kaena	124	530
LSSC Millstone	157	511
ALTAIR	111	483
TRADEX	111	483
Thule	336	430

STAZIONE	GLSL	KOML	SIML	MDVS	ALTL	RIGL	ARKL	BAIL	SVEL	ZELL	BADL	IRKL	KTZL	APOL
NUMERO CONTATTI	79	79	94	91	78	114	66	71	105	68	82	81	68	69
DURATA MEDIA CONTATTO [s]	230	237	322	233	217	294	231	232	225	235	224	221	232	280

STAZIONE	YARL	GODL	MONL	HA4T	THTL	CHAL	BEIL	TKBL	SEJL	JFNL	AREL	SJUL	BRAL	HARL
NUMERO CONTATTI	81	94	59	51	48	131	152	60	62	106	49	87	49	54
DURATA MEDIA CONTATTO [s]	346	339	225	226	236	408	535	230	227	433	231	343	237	240

STAZIONE	GRZL	IZ1L	ZIML	BORL	KUN2	SHA2	SFEL	STL3	STAL	HERL	POT3	GRSM	MATM	WETL
NUMERO CONTATTI	140	56	72	79	79	106	102	74	94	64	83	130	66	90
DURATA MEDIA CONTATTO [s]	413	218	235	247	352	443	372	277	344	193	228	420	223	273

La principale difficoltà è stata quella di reperire le informazioni riguardo posizione e caratteristiche dei radar, che in alcuni casi sono state stimate o non sono molto precise



In futuro il lavoro potrà essere approfondito aggiungendo altri enti di sorveglianza e cercando di reperire le informazioni precedentemente stimate, si potrebbe inoltre sviluppare un programma più elaborato in grado di tenere conto dei periodi di osservazione dei sensori

[https://www.esa.int/Education/CubeSats -
Fly Your Satellite/Fly Your Satellite! Design Booster pilot](https://www.esa.int/Education/CubeSats-_Fly_Your_Satellite/Fly_Your_Satellite!_Design_Booster_pilot)

[https://www.esa.int/Education/CubeSats -
Fly Your Satellite/Fly Your Satellite! programme](https://www.esa.int/Education/CubeSats-_Fly_Your_Satellite/Fly_Your_Satellite!_programme)

[https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ESA s Space Envir
onment Report 2022](https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ESA_s_Space_Environment_Report_2022)

EU Space Surveillance and Tracking Service Portfolio

<https://www.radartutorial.eu/>

*European Union Space Surveillance & Tracking (EU SST): State of Play
and Perspectives* - Regina Peldszus, Pascal Faucher

[https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Space_Surveillance_Net
work](https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Space_Surveillance_Network)

mostlymissiledefense.com

Space Surveillance Network - Maj Edward P. Chatters IV, USAF; and
Maj Brian J. Crothers, USAF

*AN ANALYSIS OF USSPACECOM'S SPACE SURVEILLANCE
NETWORK SENSOR TASKING METHODOLOGY* - Jeff Mark
Berger, Joseph Bruce Moles, David George Wilsey

INTERNATIONAL LASER RANGING SERVICE (ILRS) - M. R.
Pearlman, C. E. Noll, W. Gurtner, E. C. Pavlis

<https://ilrs.gsfc.nasa.gov/network/stations/active/index.html>

SIMULATING SPACE SURVEILLANCE NETWORKS - David A.
Vallado, Jacob D. Griesbach

Fundamentals of Astrodynamics and Applications 4° edition –
David A. Vallado with contributions by Wayne D. McClain