

I CubeSat di Sapienza S5Lab: laboratori orbitanti per la validazione di tecnologie innovative

Workshop “L'impegno italiano nel settore dei
CubeSat: tecnologie e missioni future”

*2 – 4 Luglio 2024
Agenzia Spaziale Italiana*



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



AGENDA



1

PROGRAMMA CUBESAT S5LAB: SATELLITI IN ORBITA E FUTURI

2

DIMOSTRAZIONE DI TECNOLOGIE IN ORBITA

3

CAPACITY BUILDING E COLLABORAZIONI

4

ROADMAP PER LA REALIZZAZIONE RAPIDA DI CUBESAT



CubeSat development Programme at Sapienza S5Lab



URSA MAIOR

2014 – Mission Concluded
Status: Launched on 23 June 2017



1KUNS-PF

2017 – Mission concluded
Status: Launched on 11 May 2018,
Deorbited in Summer 2020



WILDTRACKCUBE-SIMBA (IKUNS3)

Launched on 22 March 2021
Status: operational in orbit



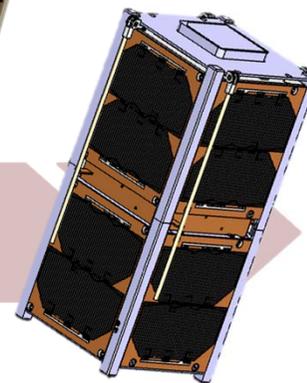
LEDSAT (IKUNS-B)

Launched on 17 August 2021
Status: 2017 – Operational in orbit



GREENCUBE

Launched on 13 July 2022
Status: Operational in MEO

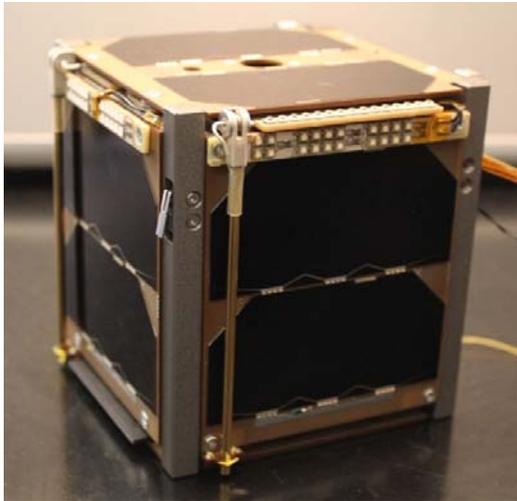


CORAL

To be launched in 2024
Status: Under development



LEDSAT



- Parte della seconda edizione del programma Fly Your Satellite!
- Supportato dall'Agenzia Spaziale Italiana nel contesto del programma IKUNS
- Lanciato il 17 Agosto del 2021, sul VV19



OBJECTIVE

- Dimostrazione dell'uso dei LED per scopi di Space Traffic Management
- Utilizzo di pattern differenti di attivazione dei LED per la ricostruzione dell'assetto del satellite utilizzando osservazioni ottiche





LEDSAT



Identificazione del satellite

Tramite osservazioni ottiche è stato possibile identificare il satellite usando diversi pattern di attivazione dei LED



Determinazione d'assetto

E' stata completata con successo la dimostrazione nella determinazione d'assetto basata su osservazioni ottiche dei LED





WildTrackCube-SIMBA



SIMBA

GS NETWORK

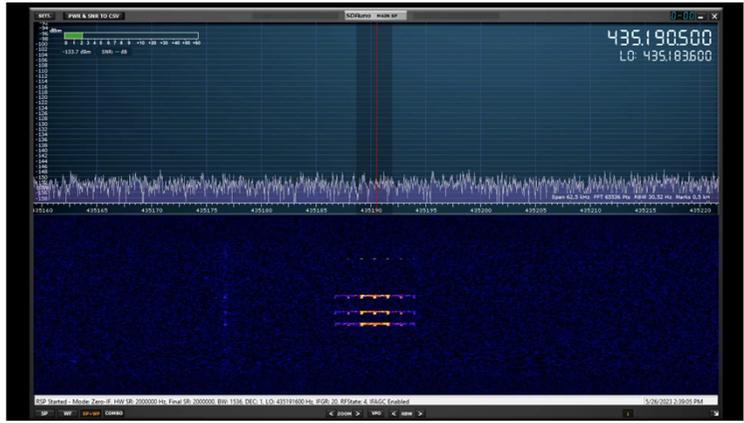
ANIMAL TAG



- SIMBA è stato sviluppato per testare un metodo innovative di comunicazione, basato su Internet of Thing, per il tracciamento della fauna in Kenya
- Il satellite è stato lanciato il 22 Marzo 2021

Inter-Satellite Link: prime dimostrazioni

**Dimostrazione
preliminare di Inter-
satellite link fra SIMBA
e LEDSAT sopra Roma**





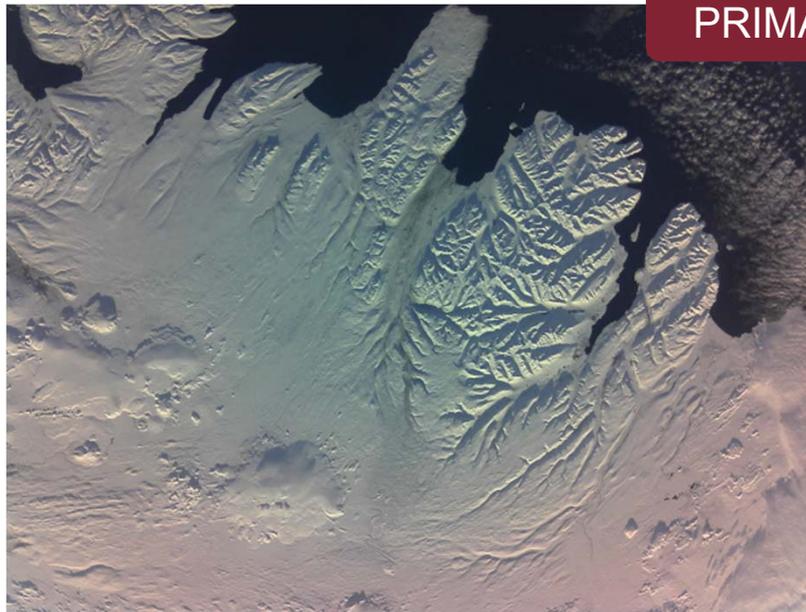
WildTrackCube-SIMBA



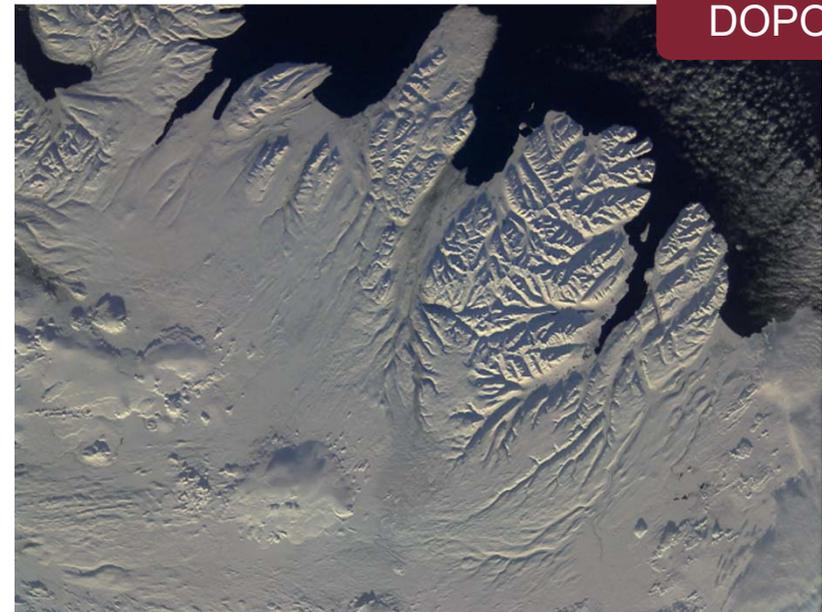
Progetto di acquisizione di immagini con il payload secondario di SIMBA

Collaborazione con TAS-I

- Tramite il payload secondario sono state acquisite varie immagini
- Le immagini sono state acquisite e successivamente analizzate e calibrate



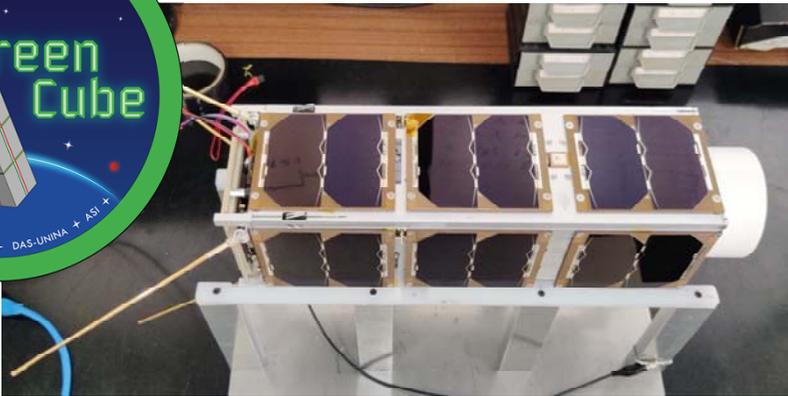
PRIMA



DOPO



GreenCube



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

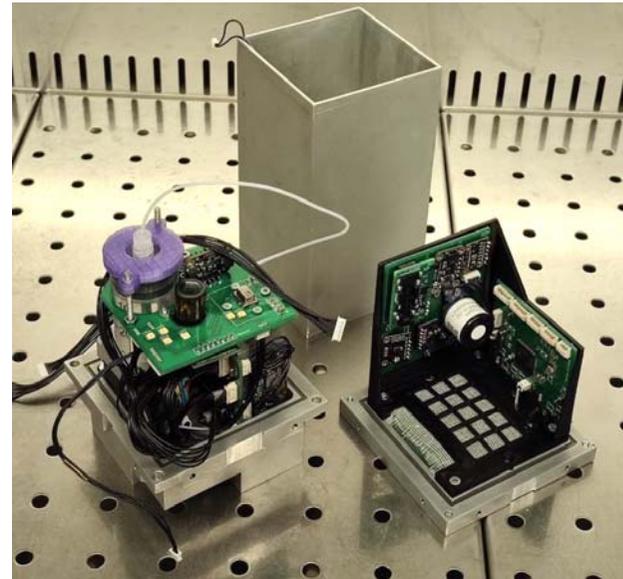


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

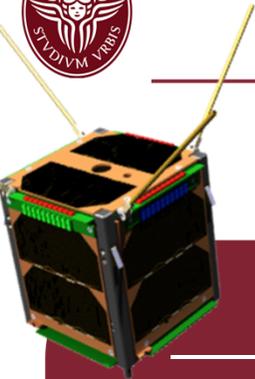


- GreenCube è un CubeSat 3U lanciato il 13 luglio 2022 in MEO
- L'obiettivo primario è di effettuare un esperimento in orbita di coltivazione di microverdure in MEO con un CubeSat

Laboratorio di coltivazione automatica

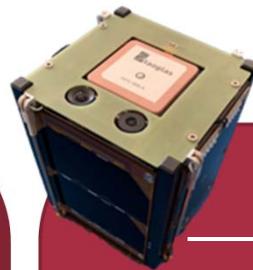


Satelliti in orbita



LEDSAT

- LEDs per determinazione assetto e traiettoria
- Comunicazione ottica low rate one-way
- Space traffic management Identification
- Intersatellite link UHF
- Capacità di aggiornamento in orbita del software



SIMBA

- Internet of Things dallo spazio
- Space traffic management Identification
- Intersatellite link UHF
- Immagini bassa risoluzione & Controllo d'assetto real time
- Capacità di aggiornamento in orbita del software



GREENCUBE

- Gestione missione in orbita MEO
- Capacità di aggiornamento in orbita del software
- Sistema pressurizzato per test biologici



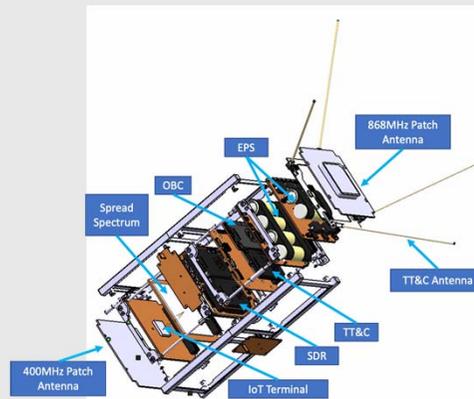
Presenti e future collaborazioni



ON GOING

CORAL

- Sperimentazione di CubeSat 2U per comunicazione IoT, telemetria distribuita e collegamento Intersatellite link
- Coordinato da TAS-I, con Sapienza e Telespazio, finanziato da ESA
- Stato: in sviluppo, lancio nel Q4 2024
- Nuove opportunità con protocollo NB IoT su CORAL



SIMBA

- Collaborazione con TAS-I
- Georeferenziazione delle immagini per analisi di puntamento e assetto del satellite
- Utilizzo dell'intelligenza artificiale per cloud detection sulle immagini acquisite





Presenti e future collaborazioni

FUTURE

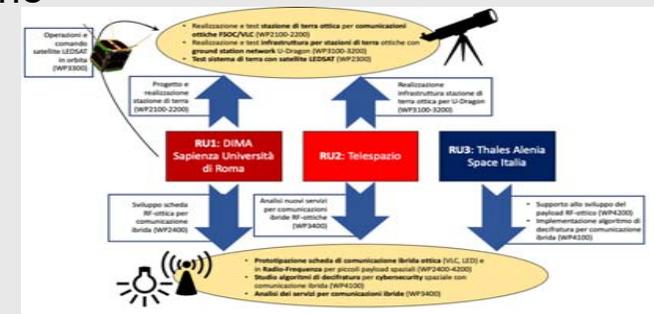
STERLING

- Follow-up di CORAL per CubeSat da 3/6U con laboratori Software Defined Radio in orbita per il testing del 6G NTN
- L'architettura e il design del sistema sono duali rispetto a CORAL, con payloads più complessi e configurabili
- La proposta è in preparazione, con il coordinamento di TAS-I e Sapienza DIMA/S5Lab come sviluppatori del CubeSat.
- La chiamata dell'ESA sarà presentata a settembre
- Lancio previsto per il Q3, 2025



SCORPION

- Una innovativa unità di comunicazione ottica basata su LED per uso spaziale
- SCORPION è un seguito di LEDSAT, con maggiore attenzione a FSOC, LiFi e comunicazione basata sulla luce
- SCORPION è stato presentato alla chiamata per proposte "Innovative Technologies" dell'ASI ed è in fase di valutazione





Capacity Building: Kenya



Capacity Building **training** a **Nairobi** e **Malindi** completato tra il 6 e il 16 Novembre 2023

Scopo: training su IoT, SDR, design di satelliti, dimstrazioni con SIMBA





Capacity Building: Kenya



- **Prossimo training a Novembre 2024** in Kenya in collaborazione con ASI e KSA
- Il training sarà incentrato sullo **sviluppo di CubeSat** e sulle **attività AIV**
- Il training sarà supportato dall'utilizzo di un **development kit** di un **CubeSat 1U** progettato ad-hoc dal gruppo di ricerca





Capacity Building: Panama and Dominican Republic



- Progetto promosso dall'**IILA** (organizzazione Internazionale Italo-Latina Americana)
- **Scopo del progetto:** sviluppo del primo CubeSat e di una Ground Station per entrambi i paesi
- **Obiettivo principale:** sviluppo dei due satelliti nel 2024 con un potenziale lancio nel 2025
- A Roma ad Ottobre 2023 è stato erogato un corso sulla gestione e sviluppo di ground station (2 settimane)





Rapidità di produzione di CubeSat



Permetterebbe di:

- Provare componenti direttamente in Orbita
- Rispondere prontamente in caso di eventi catastrofici/disastri naturali
- Produzione di massa
- Necessità strategiche

SVILUPPI E OBIETTIVI FUTURI

Possibilità di sviluppare un sistema capace di produrre CubeSat in tempi brevissimi,
con costi ridotti



Rapidità di produzione di CubeSat



Obiettivo: Pronti al lancio in tempi brevi dalla consegna del payload

- Necessità di **magazzino** di componenti (In-house development vs. COTS)
- **Definizione di standard per payload**: Forma, interfacce elettriche e meccaniche, Protocollo di comunicazione (CSP), test funzionali e ambientali
- Snellimento di **procedure AIT** (estensione del concetto di engineering model) – Similarità (lessons learned e flight heritage di unità)
- Sviluppo di tool basati su **realtà aumentata e realtà virtuale** (Assemblaggio & Testing)
- Capacità di **aggiornamento in orbita** del software



Rapidità di produzione di CubeSat



Obiettivo: Pronti al lancio in tempi brevi dalla consegna del payload

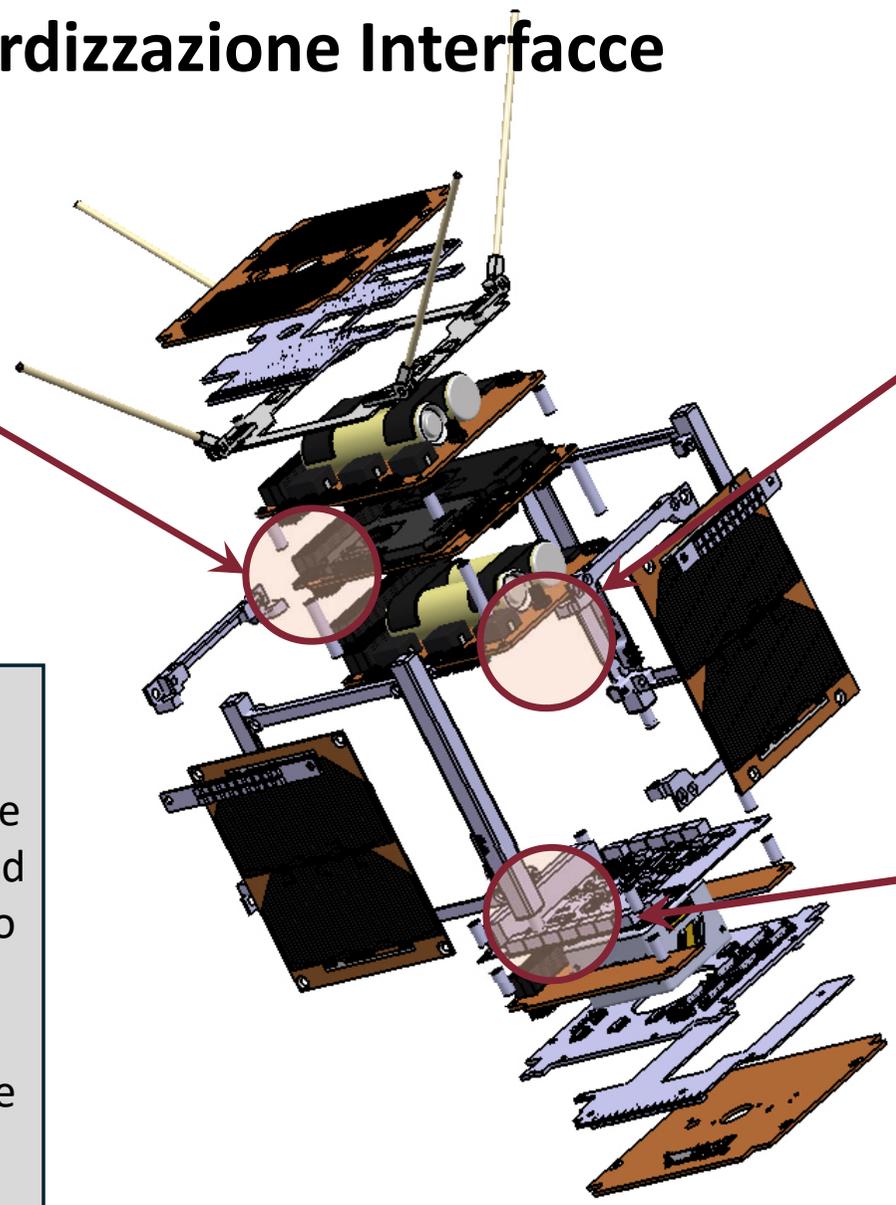
- Necessità di **magazzino** di componenti (In-house development vs. COTS)
- **Definizione di standard per payload**: Forma, interfacce elettriche e meccaniche, Protocollo di comunicazione (CSP), test funzionali e ambientali
- Snellimento di **procedure AIT** (estensione del concetto di engineering model) – Similarità (lessons learned e flight heritage di unità)
- Sviluppo di tool basati su **realtà aumentata e realtà virtuale** (Assemblaggio & Testing)
- Capacità di **aggiornamento in orbita** del software

Standardizzazione Interfacce

Data & software
interface:
Standard

Electrical
interface:
Standard

Mechanical
interface:
Standard



- Una **standardizzazione** di **tutte le interfacce** con il payload rendera' possibile **l'assemblaggio e l'integrazione** dei payload in **un giorno lavorativo** nel flusso di lavoro
- La **standardizzazione** interesserà anche i **test funzionali**, i **protocolli di comunicazione interno** e verso la stazione di terra



Rapidità di produzione di CubeSat



Obiettivo: Pronti al lancio in tempi brevi dalla consegna del payload

- Necessità di **magazzino** di componenti (In-house development vs. COTS)
- **Definizione di standard per payload**: Forma, interfacce elettriche e meccaniche, Protocollo di comunicazione (CSP), test funzionali e ambientali
- **Snellimento di procedure AIT** (estensione del concetto di engineering model) – Similarità (lessons learned e flight heritage di unità)
- Sviluppo di tool basati su **realtà aumentata e realtà virtuale** (Assemblaggio & Testing)
- Capacità di **aggiornamento in orbita** del software

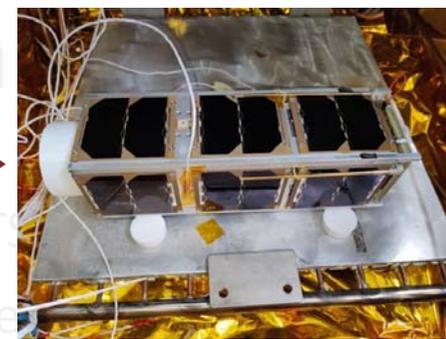
Approcci allo snellimento delle attività AIV



Assembly and integration



Vibration Test



Thermal Vacuum test

Lo snellimento delle procedure AIV prevede l'implementazione di nuovi approcci alla verifica dei satelliti:

USO ESTENSIVO DEL CRITERIO DI SIMILARITA': Volo di più unità simili su ogni CubeSat, flight heritage, lessons learned dalle operazioni

Tale approccio si propone di realizzare missioni:

A PIU' ALTO RISCHIO

A BASSO COSTO

CON TEMPI DI REALIZZAZIONE BREVISSIMI



Rapidità di produzione di CubeSat



Obiettivo: Pronti al lancio in tempi brevi dalla consegna del payload

- Necessità di **magazzino** di componenti (In-house development vs. COTS)
- **Definizione di standard per payload**: Forma, interfacce elettriche e meccaniche, Protocollo di comunicazione (CSP), test funzionali e ambientali
- Snellimento di **procedure AIT** (estensione del concetto di engineering model) – Similarità (lessons learned e flight heritage di unità)
- Sviluppo di tool basati su **realtà aumentata e realtà virtuale** (Assemblaggio & Testing)
- Capacità di **aggiornamento in orbita** del software

Assemblaggio e Integrazione con realtà aumentata (AR)

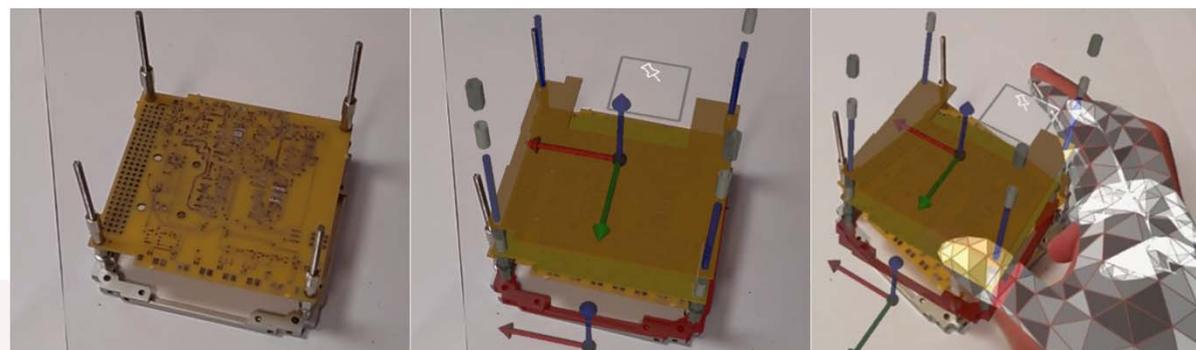
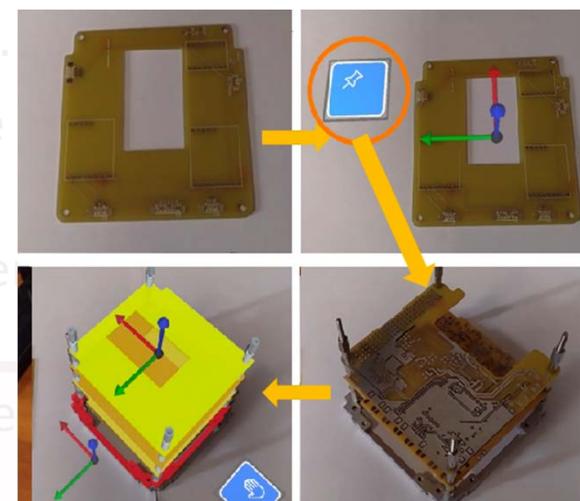
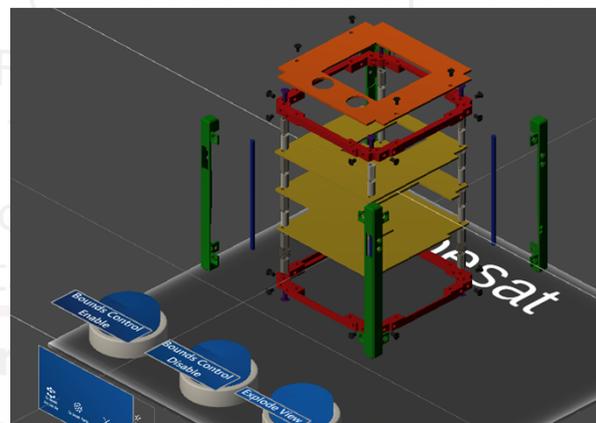
OBIETTIVO

Integrazione di sistemi cyber-fisici assistiti da realtà aumentata (AR-CPS) nei processi di assemblaggio, integrazione e test (AIT) di CubeSat.

In collaborazione con il gruppo di ricerca del Prof. Gaudenzi e Prof. Pasquali (DIMA)

Il software permette:

- **Interazione con Modelli 3D:** Interazione con modelli 3D delle parti del CubeSat, permettendo varie operazioni
- **Assistenza durante l'Assemblaggio:** Istruzioni passo-passo per l'assemblaggio del CubeSat, includendo pannelli informativi e video
- **Riconoscimento e Tracciamento degli Oggetti:** Utilizzo di algoritmi di visione artificiale per riconoscere e tracciare le parti del CubeSat in tempo reale.
- **Verifica della Continuità Elettrica:** Integra sensori esterni per eseguire test di continuità elettrica, visualizzando i dati in tempo reale





Rapidità di produzione di CubeSat



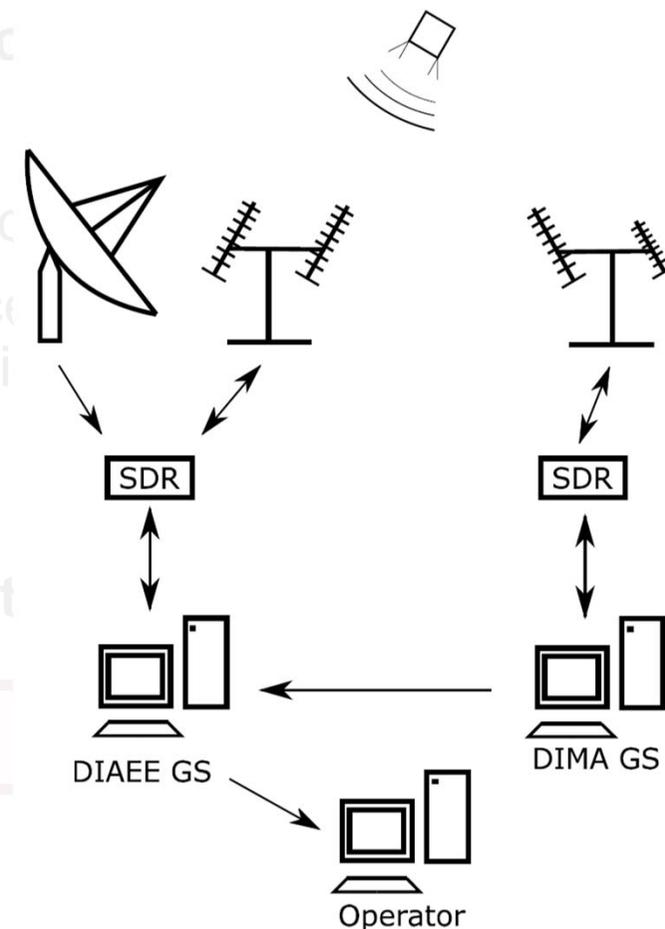
Obiettivo: Pronti al lancio in tempi brevi dalla consegna del payload

- Necessità di **magazzino** di componenti (In-house development vs. COTS)
- **Definizione di standard per payload**: Forma, interfacce elettriche e meccaniche, Protocollo di comunicazione (CSP), test funzionali e ambientali
- Snellimento di **procedure AIT** (estensione del concetto di engineering model) – Similarità (lessons learned e flight heritage di unità)
- Sviluppo di tool basati su **realtà aumentata e realtà virtuale** (Assemblaggio & Testing)
- Capacità di **aggiornamento in orbita** del software

In-orbit software patching

- **Possibilità di aggiornamento del firmware di bordo per una migliore definizione delle attività e delle funzionalità**
- **Tempi di aggiornamento pacchetto software completo:**
 - 2 giorni (circa 4 passaggi in LEO) via UHF (400-435 MHz)
 - 30 secondi in banda S (2-2.4 GHz)

Le capacità di software patching sono già state testate più volte sui satelliti attualmente operativi





7 WEEK-SAT

Obiettivo: Pronti al lancio in 7 settimane dalla consegna del payload

SETTIMANA 1 Assemblaggio **BUS**: Struttura-TT&C-EPS- OBS- ADCS



SETTIMANA 2 Test funzionali **BUS**: Struttura-TT&C-EPS- OBS- ADCS

SETTIMANA 3 Consegna e Assemblaggio Payload



SETTIMANA 4 Test funzionali satellite (Full Functional + Mission Test, BUS + Payload)



SETTIMANA 5 Test a vibrazione (Cicli ridotti per procedure standard - acceptance)



SETTIMANA 6 Test a termovuoto (Cicli ridotti per procedure standard)

SETTIMANA 7 Test funzionali **system-level**, check-out e arming finale pre-lancio





@sapienza.s5lab



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

michela.boscia@uniroma1.it
fabrizio.piergentili@uniroma1.it