I satelliti in miniatura stanno rivoluzionando le **telecomunicazioni** e l'osservazione della **Terra**. E ora sono capaci di arrivare fino a **Marte**.

di Vito Tartamella

CUBESAT esploratori spaziali "low cost"

CATTURA DETRITI
NanoRacks, minisatellite del Surrey Space Center: riesce a catturare detriti spaziali fino a 1 metro dispiegando una rete.

Nasa

Il professor Francesco Topputo ha 41 anni e un sogno: vuole spedire una scatola di scarpe fino a Marte. Facendole percorrere 225 milioni di km nel cosmo in totale autonomia: quella scatola, infatti, dovrà trovare da sola la rotta fino al pianeta rosso. Grazie a strumenti (computer e sensori) grandi come un pacchetto di sigarette.

La scatola spaziale è in realtà un satellite in miniatura: un cubesat. E non è l'unica missione di frontiera in questo campo che, negli ultimi anni, ha raggiunto risultati epocali. Nel 2018, infatti, la Nasa ha inviato i primi due cubesat nello spazio profondo: la missione MarCO, Mars Cube One. I minisatelliti, pesanti 13 kg ciascuno, erano a bordo della sonda InSight, diretta a Marte per studiarne il sottosuolo. Quando InSight è arrivata vicino al pianeta rosso, ha eiettato i due satelliti, Wall-E ed Eve, che hanno poi documentato il suo atterraggio, trasmettendolo via radio alla Terra in tempo reale.

Ed è solo un assaggio: nei prossimi anni questi apparecchi – che stanno ai satelliti tradizionali come i droni agli aerei – ci aiuteranno a esplorare la Luna, gli asteroidi e le galassie lontane. Missioni storiche, per questi satelliti di taglia ridotta che possono pesare 100 grammi o meno (*v. tabelle alle prossime pag.*). Grazie alla miniaturizzazione dei componenti elettronici, infatti, hanno aperto una nuova frontiera: lo spazio "low cost". Grazie a loro, hanno avuto per la prima volta accesso al cielo il Kenya, il Perù, il Vietnam, l'Ungheria, l'Ecuador, la Polonia.

Così secondo BIS Research, il mercato mondiale dei cubesat crescerà di 5 volte da qui al 2030, passando dai 513,6 milioni del 2018 a 2,9 miliardi di dollari nel giro di 12 anni. E in questo campo, l'Italia ha un ruolo di primo piano: oltre al cubesat del professor Topputo (docente di sistemi aerospaziali al Politecnico di Milano) finanziato con 2 milioni di euro dal Consiglio Europeo della Ricerca, il nostro Paese sta lanciando diversi progetti di punta.

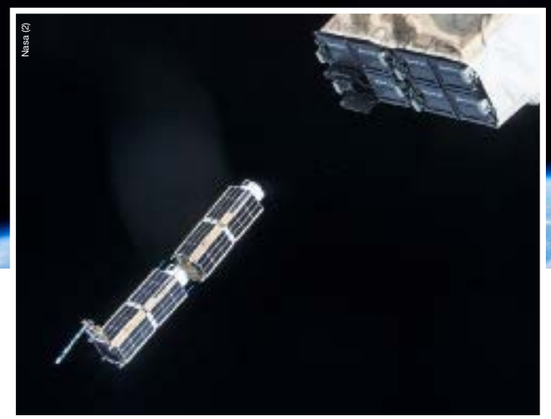
ESERCIZIO ACCADEMICO

Eppure i cubesat sono nati quasi per gioco, anzi: per esercizio. L'idea venne nel 1999 a due docenti di ingegneria aerospaziale, Jordi Puig Suari (Politecnico della California) e Bob Twiggs (Stanford). «Volevamo insegnare agli studenti come costruire un piccolo Sputnik, con funzioni elementari di base», ricorda Suari. «In breve tempo i ragazzi hanno iniziato a saccheggiare la tecnologia dei telefoni cellulari, dotando questi minisatelliti di fotocamere, computer, antenne e altri sensori. Eppure, nonostante le loro potenzialità, all'inizio nessuna azienda, negli Usa, era disposta a lanciare i nostri cubesat: li consideravano giocattoli incapaci di ottenere risultati scientifici. Così li abbiamo portati all'agenzia spaziale russa, ma il loro razzo è esploso al decollo. Fu un fallimento provvidenziale: l'opinione pubblica non gradì che le università americane lanciassero i cubesat in Russia, così da allora ci aiutarono a farlo in patria». Dopo 21 anni e 1.307 lanci, i cubesat hanno bruciato tappe ▸

VIDEO
LA MISSIONE DEL LICIACUBE: IMPATTO CONTRO UN ASTEROIDE

INQUADRA LA PAGINA CON LA APP
INFO A PAGINA 5
Focus REALTÀ AUMENTATA AR

SISTEMA DI LANCIO
Cubesat messi in orbita da un dispenser (sotto) della Stazione Spaziale Internazionale. Un altro modo di lanciarli è eiettarli da un satellite tradizionale.



Nasa (2)

Sono stati già testati in orbita per catturare i **rifiuti spaziali**: intorno alla Terra ruotano 34mila rottami

che sembravano impensabili per un esercizio accademico. Nel 2006 la Santa Clara University ha inviato a 410 km di quota un microlaboratorio con batteri attivi, per fare esperimenti biologici nello spazio. Nel 2009 la Nasa ne ha inviato in orbita terrestre uno grande quanto un cubo di Rubik, equipaggiato con un telefonino: il "PhoneSat". Un altro vantaggio dei cubesat, infatti, è che usano componenti elettronici comuni, invece di quelli (più costosi) testati per lo spazio.

Nel 2018 la Stazione Spaziale Internazionale ha lanciato un cubesat che ha catturato due detriti spaziali (pezzi di satelliti rotti) a 500 km di quota, dispiegando una rete gonfiabile a forma di ottaedro. I minisatelliti, dunque, potranno aiutarci a ripulire l'atmosfera dai 34mila rottami che vi orbitano.

DARANNO INTERNET A TUTTI

Così, dopo la Nasa, anche le altre agenzie spaziali sono entrate nel settore: l'Esa (Europa), la Jaxa (Giappone) e la Cnsa (Cina). E molte società spaziali private: Boeing, Airbus, Lockheed Martin, oltre alla Virgin Galactic di Richard Branson e alla Space X di Elon Musk. Perché tanto interesse? «I cubesat hanno alcuni vantaggi rispetto ai satelliti tradizionali», risponde Marco Brancati, direttore tecnico di Telespazio, una delle più grandi società di satelliti. «Avendo costi di realizzazione e di lancio più bassi, hanno aperto le porte dello spazio anche a Paesi che prima ne erano esclusi. Ora si possono lanciare più satelliti per osservare la Terra: per migliorare le previsioni meteo, monitorare il cambio climatico, le coltivazioni, l'urbanizzazione. La copertura del nostro Pianeta diventa più frequente e capillare. Anche nelle telecomunicazioni».

Nel 2017 l'americana Planet Labs ne ha lanciati 143 per scattare immagini della Terra. Molto meno della britannica OneWeb, che ne ha messi in orbita oltre 650, e della Starlink di Musk che vuole arrivare a una costellazione di 12mila: l'obiettivo è portare Internet in tutto il mondo, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo privi di cavi per le telecomunicazioni. Per garantire una copertura del Web 24 ore su 24 su tutto il Pianeta occorre infatti una flotta di satelliti: quelli che ruotano in orbita bassa (tra 160 e 2.000 km) viaggiano a 27mila km orari fanno il giro del mondo in 90 minuti e il loro segnale è ricevibile in ogni emisfero per soli 15 minuti.

MOTORINI A GAS

In parallelo, nel mondo sono fiorite quasi 500 società che forniscono cubesat "chiavi in mano". Come la comasca D-Orbit, che lavora con le principali agenzie spaziali mondiali. Quanto costa lanciare un cubesat-base, grande 10x10x10 cm? «Se lo dotiamo di una semplice telecamera, più antenna, batterie, computer, pannelli solari e sensori di posizione non andiamo sotto i 70mila euro», risponde Renato Panesi, direttore commerciale e co-fondatore. «Ma poi occorre aggiungere i costi di lancio, 70mila euro, e i costi di gestione a terra, almeno 60mila euro l'anno. Insomma, per la missione più blanda in assoluto si devono spendere almeno 200mila euro». "Low cost", ma non alla portata di un singolo *nerd*. Ecco perché possono permetterseli le grandi società, i governi o le agenzie spaziali. Che approfittano di un ulteriore vantaggio: possono organizzare una missione astronomica in poco tempo. «Possiamo costruire e collaudare un satellite in un anno, contro i 5 o più necessari per quelli tradizionali», spiegano alla Nasa.

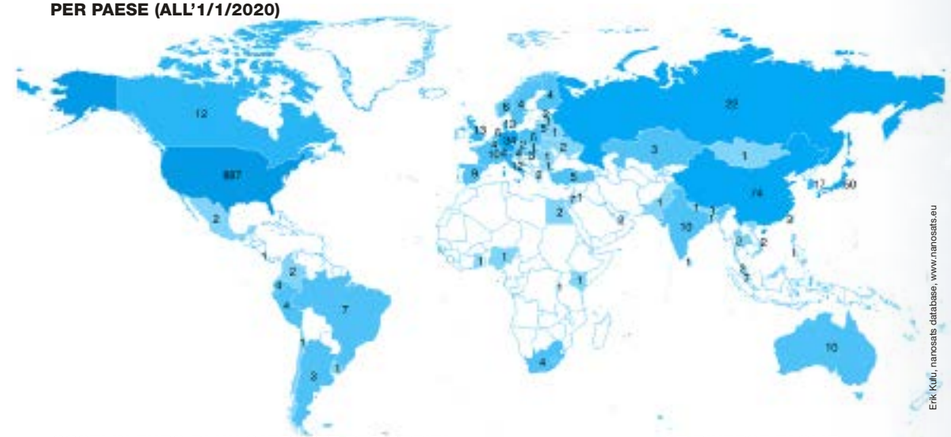
Le agenzie spaziali, infatti, hanno superato i due principali ostacoli all'uso di cubesat nello spazio profondo: la trasmissione di dati e la propulsione. Quest'ultima è fondamentale per correggere una rotta errata: ma come inserire il propellente nello spazio angusto di un cubesat? I piccoli pannelli solari ▸

I SATELLITI IN MINIATURA

In media un satellite tradizionale ha una massa di 750 kg e le dimensioni di un Apecar (2,7 m × 1,2 m × 1,1 m).
I satelliti miniaturizzati, invece, vanno da pochi grammi a 500 kg e hanno come unità di misura un modulo (detto "U", unità) da 10x10x10 cm di lato, del peso medio di 1,3 kg. Questa misura (e i suoi multipli fino a 12 e oltre: il più usato è 3U) consente di inserirlo in un sistema di lancio: il dispenser di un satellite più grande o della Stazione Spaziale Internazionale. Questa classe di satelliti ha 2 vantaggi: bassi costi di sviluppo e messa in orbita (max 900mila euro contro un minimo di 52 milioni per un satellite tradizionale) e tempi rapidi di realizzazione (un anno contro i 5 dei satelliti tradizionali). Nel disegno *a destra*, la configurazione di un ArduSat, un cubesat 1U con computer e sensori Arduino.

Wikipedia, Luca Fiorro

LANCI DI SATELLITI MINIATURIZZATI PER PAESE (ALL'1/1/2020)



Erik Kulu, nanosats database, www.nanosats.eu

COSTI IN EURO DI UN SATELLITE PER ORBITA TERRESTRE BASSA (160-2.000 KM)

	SATELLITE CLASSICO	CUBESAT
costi di sviluppo	50-150 milioni	50-500mila
costi di lancio (circa 10mila euro al kg)	1,5-60 milioni	40-200mila
costi operativi (annui)	800.000-3.000.000	20.000-200.000
costi totali	**DA 52,3 A 213 MILIONI**	**DA 110MILA A 900MILA**

LE DIVERSE TAGLIE

	TIPO	MASSA
CUBESAT	minisatelliti	100-500 kg
CUBESAT	microsatelliti	10-100 kg
CUBESAT	nanosatelliti	1-10 kg
CUBESAT	picosatelliti	100 g-1 kg
	femtosatelliti	10-100 g

1.307 I satelliti miniaturizzati lanciati dal 1998 al 2019, compresi 87 distrutti durante o dopo il lancio. Quelli tuttora operativi sono 666 (50,1%). Il primo cubesat fu messo in orbita con successo nel 2003. Essi sono stati posizionati in gran parte su un'orbita terrestre bassa, a 500 km di quota.

67,8% La percentuale più alta di cubesat lanciati da un Paese, gli Usa. Seguono Ue (10,8%, svetta la Germania col 2,6%), Cina (5,6%), Giappone (3,8%).

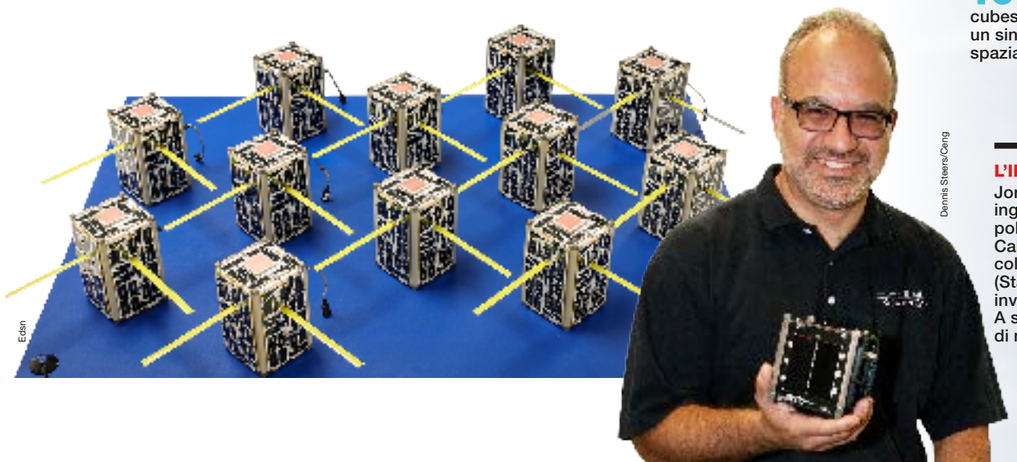
294 Il più alto numero di minisatelliti lanciati in un solo anno (2017).

449 I cubesat che saranno lanciati nel 2020 secondo il sito nanosats.eu.

65 I Paesi del mondo che hanno lanciato cubesat.

12 I cubesat lanciati dall'Italia.

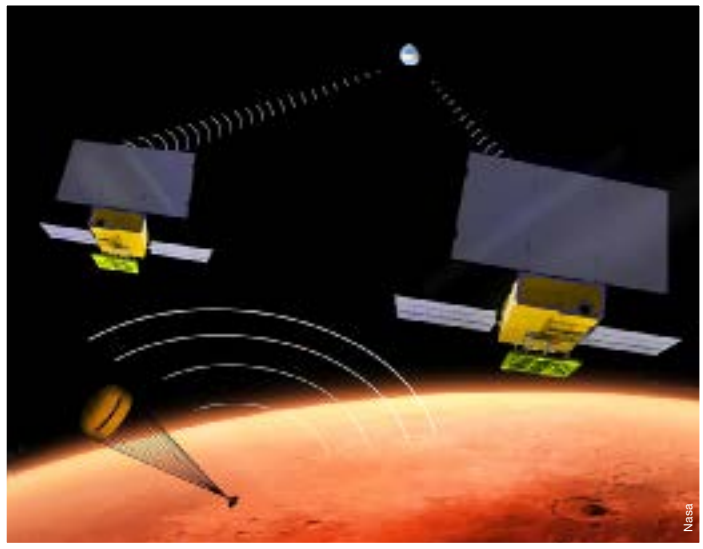
103 La costellazione più numerosa di cubesat messi in orbita con un singolo lancio (Isro, ente spaziale dell'India, 2017).



Edsn

Dennis Steers/Ceng

L'INVENTORE
Jordi Puig Suari, ingegnere al politecnico della California: con il collega Bob Twiggs (Stanford) ha inventato cubesat. A sinistra, una flotta di minisatelliti.



QUI MARTE
A lato, i minisatelliti della missione MarCO della Nasa: hanno osservato l'atterraggio della sonda Insight su Marte, trasmettendolo in diretta sulla Terra. Grazie a un'antenna in miniatura (quella arancione a sin.) che si apriva come un libro e assorbiva solo 5 watt di energia.

Nel 2018 la Nasa ha lanciato i primi due cubesat fino a **Marte**. Ora i prossimi obiettivi sono la **Luna** e gli **asteroidi**

PILOTA AUTONOMO
Il professor Francesco Topputo, Politecnico di Milano: svilupperà un cubesat capace di navigare in autonomia.

generano poca energia, assorbita per lo più dai sistemi di bordo (computer, fotocamere, altri sensori). Così, per far muovere i cubesat si ricorre all'energia chimica: bombolette di idrazina che reagisce con un agente ossidante, producendo gas ad alta temperatura rilasciato da un ugello posteriore, che dà la spinta necessaria a muovere il satellite. I due composti sono conservati in bombolette, e vengono usati per gli aggiustamenti di rotta (poche centinaia di km alla volta). Ecco perché un cubesat ha una vita di 2 anni contro i 5 dei satelliti tradizionali: col passare del tempo, quando finisce il propellente, la sua orbita si abbassa finché ricade in atmosfera e si distrugge.

DIRETTA RADIO DAL PIANETA ROSSO

Altrettanto nevralgico il problema delle trasmissioni, se si vuole spedire un cubesat oltre l'orbita terrestre. Per comunicare con la Terra da lunghe distanze, infatti, occorrono antenne potenti, che assorbono energia e occupano spazio. Come fare quando il cubesat è vicino a Marte, a 160 milioni di km dalla Terra? «Il nostro cubesat era largo 20 cm», racconta l'ingegnere Nacer Chahat della Nasa, nello staff della missione MarCO. «Ma per inviare i segnali fino alla Terra avevamo bisogno di un'apertura di almeno 60 cm per stabilire un collegamento radio affidabile a 8 kilobit al secondo. Consumando solo 5 watt di energia». Una sfida. I tecnici l'hanno vinta costruendo un'antenna a 7 strati spessi soli 2,2 mm, che si apriva come un libro di 3 facciate una volta in orbita, ottenendo così i 60 cm d'apertura necessari per le trasmissioni. E i due satelliti, costati 18,5 milioni di dollari, sono riusciti a trasmettere a Terra l'ammartaggio della sonda InSight in soli 8 minuti. Un risultato storico: i cubesat avevano superato per la prima volta l'orbita terrestre.

Non saranno i soli. Nel 2021 la missione Artemis-1 della Nasa ne invierà 13 in orbita lunare. Uno di essi è ArgoMoon, della torinese Argotec: «Documenterà con foto e altri dati il funzionamento del nuovo sistema di lancio, lo Space Launch System», spiega l'amministratore delegato David Avino. «Uno studio fondamentale per le prossime missioni umane sulla Luna». E nel 2022 un altro microsatellite di Argotec, LiciaCube, andrà ancora più lontano, a 11 milioni di km dalla Terra, per testimoniare un'impresa storica: il lancio di una sonda contro un asteroide per modificarne la rotta. «LiciaCube fotografarà l'impatto della sonda Dart della Nasa sull'asteroide Didymoon, largo 163 metri. E ci invierà le foto da 11 milioni di km di distanza. Saremo gli unici testimoni dello schianto». Un test per capire se in futuro potremo deviarne uno che minacci la Terra.

In quello stesso anno partirà un altro progetto italiano, Hermes-TP/SP, finanziato con quasi 5 milioni di euro dall'Asi e con 3,3 milioni di euro dall'Ue: una costellazione di 6 nano-satelliti che dall'orbita terrestre rileverà i raggi gamma emessi dal collasso o dallo scontro fra stelle. «Sarà un osservatorio orbitante: ci aiuterà a individuare in quali aree del cosmo avvengono questi fenomeni energetici così rari», spiega Fabrizio Fiore dell'Inaf.

GUIDA AUTONOMA PER ABBATTERE I COSTI

Infine, c'è Extrema, il progetto del professor Topputo. Che vuole superare l'ultima frontiera: rendere i cubesat capaci di navigare da soli, anche fino a Marte. «Oggi per ricavare la posizione di un satellite si misura il tempo impiegato dai suoi segnali radio per arrivare a Terra. Così, guidare un cubesat da Terra è costoso, se le distanze sono elevate», spiega. «Il mio progetto, invece, mira a rendere autonomi i cubesat: potranno determinare la loro posizione fotografando i pianeti nel cielo, che hanno orbite ripetitive; dai loro vettori l'intelligenza artificiale potrà ricavare, triangolandola, la posizione del Sole. Se gli strumenti di navigazione saranno a bordo del cubesat, i costi di missione si abbatterebbero. E l'impatto sarebbe dirompente, aprendo una nuova era per i satelliti tradizionali e per l'esplorazione del Sistema solare».