

SATELLITI ARTIFICIALI COME HANNO CAMBIATO LA NOSTRA VITA

Osservano la Terra ed il cosmo intorno a noi. Trasmettono migliaia di canali televisivi e radiofonici in tutto il mondo. Collegano gli angoli più remoti del pianeta, permettendoci di comunicare ovunque, attraverso un semplice telefono. Ci guidano negli spostamenti, ci vengono in soccorso in caso di necessità. Dall'alto delle loro orbite, i satelliti artificiali ci guardano, silenziosi e perfetti.

DI MARCELLO BERENGO GARDIN

Il sistema europeo Galileo, che entrerà in funzione nel 2008, consisterà di 30 satelliti orbitanti a 23.000 km di quota e fornirà servizi simili a quelli dell'americano GPS, ma con una precisione maggiore.

Immaginate di trovarvi in un natante in difficoltà, nel mezzo dell'oceano: le coste lontane centinaia di miglia, gli strumenti di bordo fuori uso, i razzi di emergenza inutili in assenza di altre navi nella zona. Per chiedere soccorso, in queste circostanze, bastano due piccoli dispositivi palmari: un telefono satellitare e un navigatore GPS. Con il primo, ovunque ci si trovi, si entra immediatamente in contatto con qualsiasi utenza telefonica. Con il secondo, possiamo rilevare la nostra posizione geografica con un margine d'errore di pochi metri, per comunicarla ai mezzi di soccorso. I sistemi GPS costituiscono solo



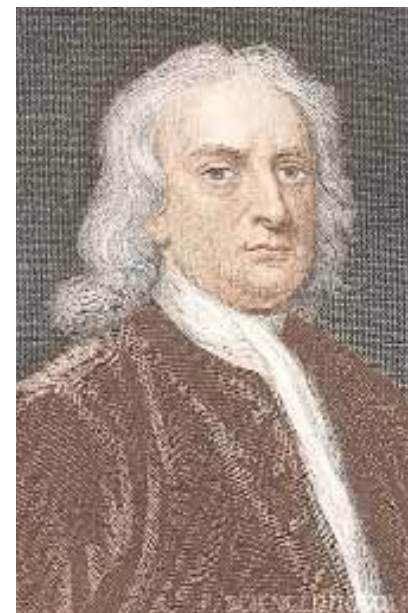
Fotografia scattata dal satellite Ikonos, il primo satellite commerciale con risoluzione di 1 metro, orbitante a 681 km di quota. La foto ritrae la famosa Area 51, nota per la supposta presenza di relitti di UFO.

due esempi delle possibilità offerte oggi dalle "costellazioni" di satelliti artificiali in orbita intorno al nostro pianeta: applicazioni che vanno dalle telecomunicazioni al telerilevamento, dalla cartografia alla meteorologia, dalla sperimentazione scientifica allo studio del cosmo. E solo mezzo secolo fa, tutto questo era - ancora - pura fantascienza. C'è una data precisa, in effetti, a far da spartiacque tra il passato e l'era moderna, nel settore spaziale: il 4 Ottobre 1957. Sino ad allora, l'unico satellite in orbita intorno al nostro pianeta era quello naturale: la Luna, uno sferoide di roccia con un'età di circa 4 miliardi di anni, distante dalla

Terra oltre 384.000 chilometri. Nella mattinata di quel giorno d'autunno, un semplice bip intermittente, captato dai radiotelescopi terrestri, avvertì gli Stati Uniti della loro sconfitta nella corsa allo spazio: l'Unione Sovietica era riuscita nell'impresa di lanciare il primo satellite artificiale intorno al pianeta, lo Sputnik 1.

COS'È UN SATELLITE

Sfuggendo alla forza di gravità, un oggetto lanciato nello spazio può ruotare intorno al pianeta senza mai precipitare.



Isaac Newton (1642-1727). Fisico inglese, matematico ed alchimista, scopritore della Legge di Gravitazione Universale.

Un satellite è un oggetto che ruota intorno ad un corpo celeste, esattamente come la Luna orbita intorno alla Terra: un fenomeno spiegato dalla teoria sulla gravitazione universale, elaborata da Isaac Newton alla fine del XVII secolo: "un oggetto in orbita intorno al pianeta non cade perché il suo



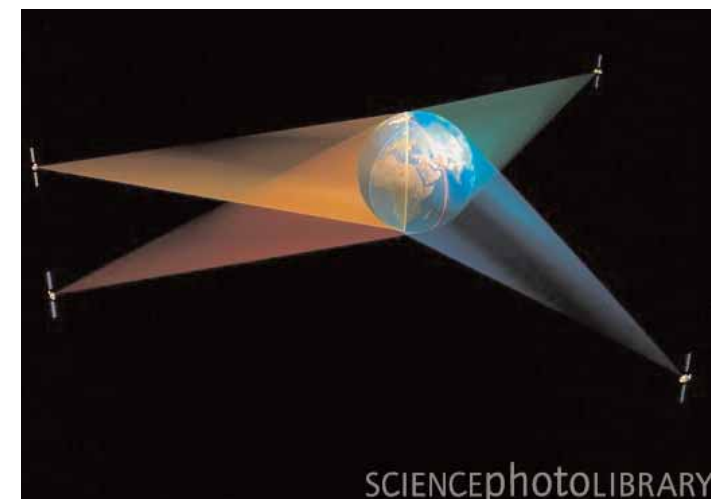
La faccia nascosta della Luna, unico satellite naturale della Terra, fotografata dall'astronave Apollo 15 nell'Agosto del 1971. Questo lato della Luna non era mai stato visto da occhio umano, dato che la rotazione del satellite attorno al suo asse avviene nello stesso tempo della rivoluzione attorno al nostro pianeta.

peso è esattamente bilanciato dalla forza centrifuga che agisce su di esso quando ruota intorno alla Terra". Un satellite *artificiale* è invece un oggetto posto volutamente in orbita, attraverso mezzi tecnologici. **Nell'ultimo mezzo secolo, di satelliti artificiali ne sono stati messi in orbita diverse migliaia.** Le cifre ufficiali parlano di oltre 4.000 lanci, alcuni dei quali multipli (più satelliti accompagnati in orbita da un solo razzo vettore). Ma questo valore è certamente arrotondato per difetto, considerando che un buon numero di missioni di lancio è avvenuto dietro le cortine del segreto militare.

LE TIPOLOGIE DI SATELLITI

Dai piccoli satelliti in orbita a 300 chilometri d'altezza alle grandi piattaforme geostazionarie, in grado di seguire la rotazione del pianeta a 36.000 chilometri di quota.

I satelliti si suddividono in tre categorie, in base al livello delle loro orbite: LEO (Low Earth Orbit, orbita terrestre bassa), MEO (Medium Earth Orbit, orbita media) e GEO (Geostationary Earth Orbit, ovvero orbita geostazionaria). Per fornire servizi di telefo-

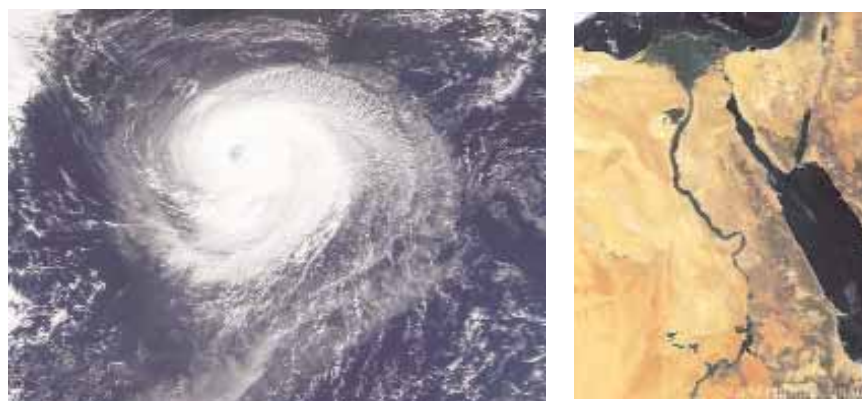


Disegno che mostra 4 satelliti geostazionari Inmarsat-3 e i loro fasci di irraggiamento. Questi satelliti fanno parte del sistema EGNOS, di supporto al GPS, e servono per comunicazioni con i telefoni mobili satellitari.



A SINISTRA: Immagine satellitare dell'uragano Alberto, nell'Oceano Atlantico. Questo uragano non colpì nessuna zona di terraferma. La foto è stata scattata dal satellite OrbView-2 il 12 Agosto del 2000.

A DESTRA: Il fiume Nilo, che sfocia con il suo largo delta nel Mediterraneo. Alla sua destra il Mar Rosso, che termina in alto, a ovest, con il golfo di Suez e a est con il golfo di Aqaba, che punta verso Israele. In basso nella foto, il lago Nasser.



SATELLITI SU MISURA

Dal primo Sputnik ad oggi, la tecnologia ha fatto passi da gigante, tanto da permettere la costruzione di satelliti sempre più grandi, potenti ed efficienti, in grado di funzionare per lunghissimi periodi in condizioni proibitive (sopportando ad esempio l'escursione termica, che nello spazio è di circa 240 gradi). Strutturalmente, alla base di ogni satellite, c'è una struttura portante, il cosiddetto "bus": un'intelaiatura metallica, capace di sopportare le enormi forze cui il satellite viene sottoposto in fase di lancio e di proteggerne il contenuto, ovvero il "payload". A seconda della funzione cui il satellite è destinato, questo può essere composto di diverse tipologie di apparecchi: dai transponder, i ripetitori che ricevono i segnali trasmessi dalle stazioni di Terra e li ridifondono verso la superficie del pianeta, ai sistemi di rilevazione ed elaborazione digitale che permettono di osservare e fotografare il pianeta sottostante o lo spazio sovrastante.

L'alimentazione del payload è garantita dagli accumulatori, ricaricati costantemente dai pannelli solari, le "ali" del satellite. In fase di lancio, i pannelli solari sono retratti, piegati sul corpo del satellite. Completata la separazione tra l'ultimo stadio del vettore e il satellite, i pannelli vengono dispiegati ed orientati verso il Sole, per iniziare la ricarica degli accumulatori. Ciascun satellite è dotato di un proprio sistema di propulsione, indispensabile per raggiungere l'orbita finale e per le operazioni di stationkeeping, ovvero per la continua stabilizzazione della piattaforma nello spazio. I vettori, in effetti, "accompagnano" il satellite fino ad una quota iniziale compresa tra i 300 e i 600 chilometri d'altezza. Qui il satellite compie un'orbita ellittica, raggiungendo il suo apogeo (la distanza massima dal pianeta) a 36.000 chilometri d'altezza, la quota necessaria ad entrare in un'orbita circolare geostazionaria.

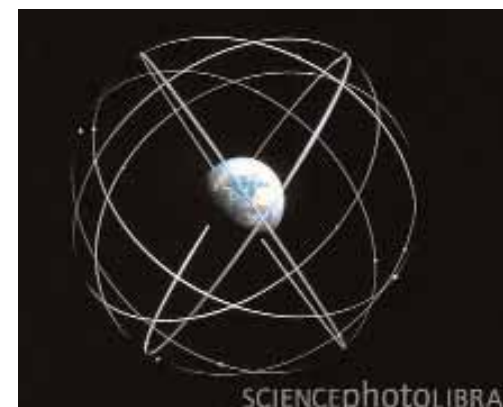
I sistemi di telemetria e l'ACS (Attitude Control System) verificano costantemente il corretto orientamento del satellite e la sua posizione rispetto al pianeta, correggendo eventuali variazioni con brevi getti dei propulsori. Ed è proprio il consumo di combustibile a determinare la "vita utile" in orbita di un satellite, normalmente compresa tra i 12 e i 15 anni: una volta esaurito il carburante, il satellite può essere spostato in un'orbita più elevata, detta "cimiteriale", dove può rimanere per decine di anni, o può essere "deorbitato", ovvero guidato nel suo rientro nell'atmosfera.

Ultimi controlli di due satelliti commerciali prima del carico sullo STS-5. Lo Space Transportation System venne usato per scopi commerciali la prima volta proprio con la missione n.5, del 1982, ad opera dello Space Shuttle Columbia, il primo a diventare operativo nell'Aprile del 1981 e disintegratosi nel tragico volo del Gennaio 1986.



nia mobile o per l'osservazione del territorio, ad esempio, si utilizzano satelliti LEO, in orbita ad altezze comprese tra i 350 e 1.400 chilometri, ovvero tra la termosfera e la esosfera. La vicinanza alla superficie del pianeta rende più efficienti i sistemi di comunicazione, richiedendo potenze più contenute per la ritrasmissione dei segnali radio, e permette di sfruttare al meglio i sistemi di rilevazione del territorio, garantendo risoluzioni elevatissime alle immagini riprese dai sensori di bordo: un'immagine ripresa da un sistema di telerilevamento satellitare può arrivare ad un livello di risoluzione paragonabile a quello di una fotografia scattata da poche decine di metri d'altezza. Il limite dei satelliti LEO riguarda l'area di copertura, decisamente ristretta: per fornire un servizio a copertura globale, è quindi necessario lanciare un numero più elevato di satelliti. La costellazione dei Globalstar, utilizzati per servizi di telefonia, utilizza ad esempio ben 40 satelliti in orbita ad un'altezza di circa 1.400 chilometri. I satelliti LEO viaggiano ad una velocità di circa 27.000 chilometri orari, compiendo un giro del mondo ogni 90 minuti. Le loro dimensioni sono solitamente piuttosto contenute (intorno ai 400 Kg ciascuno), per consentirne il lancio "a grappoli": un singolo vettore è in grado, in questo modo, di accompagnare in orbita fino a otto satelliti con un solo lancio. Salendo ad un livello superiore, troviamo i satelliti MEO, collocati su piani orbitali con

altezze variabili tra i 1.400 e i 36.000 chilometri. Al crescere della distanza dalla Terra, aumenta l'area di copertura di ciascun satellite, permettendo quindi ad una flotta meno consistente una copertura più elevata dei territori, ma diminuisce la potenza al suolo dei segnali trasmessi. **Alla categoria dei MEO appartiene la costellazione dedicata ai servizi di posizionamento globale (GPS): 24 satelliti in orbita ad un'altezza di circa 20.000 chilometri**, ciascuno dei quali compie il giro del globo ogni 12 ore. Al vertice della scala troviamo infine i satelliti geostazionari (GEO), collocati sulla verticale dell'equatore a 36.000 chilometri d'altezza, in un'area chiamata "fascia di Clarke" (in onore al suo 'scopritore', Arthur C. Clarke, che ipotizzò la messa in orbita di satelliti geostazionari in un famosissimo articolo pubblicato sul fascicolo di Ottobre del 1945 della rivista specializzata inglese Wireless World). Si tratta, tipicamente, di satelliti per telecomunicazioni, in grado di servire zone di territorio estremamente ampie (sino ad un intero emisfero). Sono i "pesi massimi" della categoria, con masse comprese tra le 2 e le 6 tonnellate. Le dimensioni sono più o meno quelle di un autobus: per farvi un'idea, immaginate un parallelepipedo di tre metri di lato, alto sette metri, e aggiungete due "ali" (i pannelli solari) che, una volta dispiegate, raggiungono una lunghezza complessiva di 40 metri (ovvero quanto un campo da calcetto).



Disegno delle orbite dei satelliti Navstar usati per il sistema di posizionamento americano GPS composto da 24 satelliti su 6 piani orbitali, i quali assicurano la visibilità di almeno tre satelliti in ogni momento da ogni luogo.

I SOGNATORI DELLE ORBITE

Dalla fantasia di uno scrittore di fantascienza, le prime teorie sulla possibilità di utilizzare i satelliti per trasmettere un segnale in tutto il mondo.



La nave spaziale atomica USS Discovery One, dal film di fantascienza 2001 Odissea nello Spazio.

I primi approcci scientifici alla possibilità di portare in orbita intorno al pianeta i satelliti artificiali risalgono agli anni del dopoguerra. Le possibilità di osservare il territorio dall'alto e di disporre di un sistema di comunicazione globale erano considerate strategiche dai vertici militari americani e russi, mentre il prestigio di vincere la "corsa allo spazio" costituiva un elemento di grande presa sull'opinione pubblica. **A teorizzare il possibile utilizzo civile di queste piattaforme orbitanti fu un giovane scrittore, oggi da tutti riconosciuto come il "papà" dei satelliti: Arthur C. Clarke.** Le sue teorie, salutate all'epoca con un certo scetticismo dalla comunità scientifica, hanno contribuito in modo fondamentale alla nascita di una tecnologia oggi più che mai indispensabile. Clarke in effetti non si limitò a descrivere la possibilità di porre un satellite in orbita geostazionaria, ovvero di fare in modo che la sua posizione rima-

nesse stabile rispetto al pianeta, così da farlo apparire come un punto fisso nel cielo: lo scrittore anglosassone fu il primo ad immaginare l'utilizzo dei satelliti come sistemi di telecomunicazione globale, in grado di diffondere segnali radiotelevisivi su tutta la superficie del globo.

LA CORSA ALLO SPAZIO

Sfuggire alla forza di gravità: la sfida più grande per gli scienziati, vinta dall'inventore dei missili V2.

Nel 1954, i dirigenti della maggiore compagnia americana di telefonia, la AT&T, avviarono uno studio di fattibilità per valutare i possibili costi di un satellite dedicato alla telefonia. L'idea era quella di trovare un'alternativa economicamente vantaggiosa ai lunghi cavi sottomarini che collegavano gli Stati Uniti al vecchio continente, come il TAT-1: il primo cavo telefonico transatlantico steso tra l'Europa e l'America,



L'ingegnere tedesco Wernher von Braun (1912-1977). Progettista dei missili V-2, alla fine della guerra divenne protagonista del programma spaziale americano. Fu supervisore del progetto del missile Saturno negli anni '60.

capace di veicolare 36 linee, era costato 50 milioni di dollari. Un satellite in grado di gestire un migliaio di telefonate simultaneamente, secondo i calcoli dei tecnici americani, sarebbe costato circa un miliardo di dollari: ancora troppo. Il problema non era tanto nella costruzione del satellite, quanto in quella del vettore: vincere la forza d'attrazione gravitazionale del pianeta per lanciare un oggetto, anche di piccole dimensioni, ad una quota di almeno 350 chilometri d'altezza (il valore minimo per consentire ad un satellite di entrare in un'orbita circolare senza precipitare rapidamente al suolo) non era

una questione risolvibile con semplicità. Gli studi più avanzati, all'epoca, erano quelli condotti dai militari tedeschi durante l'ultima fase della seconda guerra mondiale. **E proprio tra gli scienziati tedeschi furono arruolati, dalle forze armate americane, i maggiori esperti nella progettazione di razzi balistici.** Tra questi, il celebre Wernher von Braun, uno dei progettisti dei celebri missili V2. Sarà proprio lui, negli anni successivi, a guidare la ricerca sui sistemi a razzo e a sviluppare le tecnologie di base per i voli nello spazio, indispensabili per il lancio dei satelliti.

PIONIERI DEL COSMO

I primi vagiti dei satelliti: dal "bip" dello Sputnik russo alla rivincita degli americani, con la missione Explorer.



Test di gonfiaggio dell'Echo 1, il satellite, che doveva consentire le telecomunicazioni ad alta frequenza fra l'Europa e l'America riflettendo le onde verso terra, era un pallone di mylar alluminizzato. La foto è del 1958.



Da sinistra a destra: William Pickering, James Van Allen e Wernher von Braun che sorreggono un modello dell'Explorer 1, il primo satellite artificiale messo in orbita dagli USA il 31 Gennaio 1958.

Nella corsa allo spazio, il primo punto lo segnarono i Russi con il lancio dello Sputnik 1. Si trattava di una semplice sfera di alluminio lucente di circa 80 chili di peso, grande il doppio di un pallone da calcio. Sigillato all'interno c'era un sistema di trasmissione alimentato da una grossa batteria ed alcuni sensori per la rilevazione della temperatura interna ed esterna e per lo studio della densità dell'atmosfera in orbita. Lo Sputnik rimase operativo per tre settimane, fino all'esaurimento della batteria, e continuò ad orbitare intorno al pianeta per 94 giorni prima di rientrare nell'atmo-

Questo modello rappresenta il primo satellite artificiale della Terra, lo Sputnik, messo in orbita dalla URSS il 4 Ottobre del 1957, che orbitava in 98 minuti.

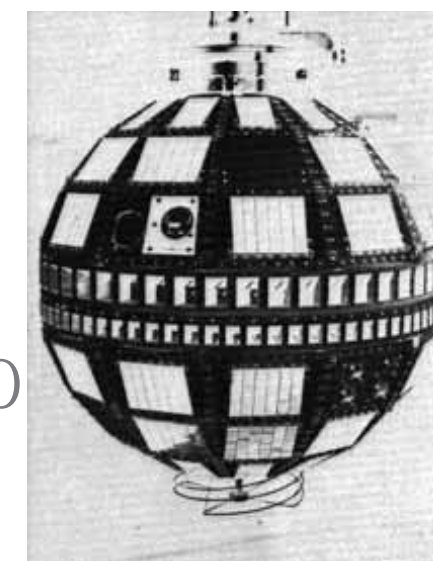
sfera. Per gli americani fu un vero e proprio schiaffo, tanto forte da determinare l'accelerazione improvvisa dei progetti dedicati alla costruzione dei satelliti. Il loro primo successo, in questo settore, è dovuto proprio a von Braun, e al suo Explorer: un semplice cilindro di metallo, alto poco più di un metro, ottenuto modificando il quarto stadio di un missile balistico, equipaggiato con appena cinque chili di apparecchiature scientifiche: un radiotrasmettitore, un contatore geiger, dei sensori rudimentali e una batteria. Explorer fu lanciato nel Gennaio del 1958 e permise, grazie ai dati ritrasmessi a Terra, di scoprire le fasce di Van Allen, la zona radioattiva che circonda il nostro pianeta. Ad Explorer fece seguito Echo 1: un vero e proprio pallone gonfiato, del diametro di trenta metri, realizzato in una sottilissima pellicola rivestita di materiale riflettente. Il suo scopo era elementare: serviva a riflettere verso Terra i segnali ricevuti. Fu il primo satellite utilizzato per ripetere trasmissioni televisive, nel 1962.

TELEVISIONE, RADIO E DATI IN TUTTO IL MONDO

Migliaia di canali televisivi e radiofonici, ricevibili in tutto il mondo grazie ai satelliti: come la tecnologia ha cambiato il mondo dei media.

L'evoluzione delle tecnologie e il perfezionamento dei sistemi di lancio hanno permesso, negli anni successivi, di costruire e mettere in orbita satelliti sempre

più potenti. Sono aumentate di conseguenza le possibilità di utilizzo di queste piattaforme orbitanti artificiali. Oggi la parte del leone la fanno i satelliti dedicati alle telecomunicazioni, equipaggiati da decine di "transponder" (ripetitori) per segnali digitali: sono quelli che ci permettono di ricevere la tv via satellite e che permettono l'interconnessione delle grandi e piccole reti informatiche dedicate ai servizi bancari, assicurativi ed istituzionali, fornendo aggiornamenti continui alle banche dati di ciascuna sede indipendentemente dalla sua collocazione geografica. Per descrivere le dimensioni di questo autentico fenomeno, basti pensare alla sola **flotta Hot Bird dell'operatore europeo Eutelsat, costituita da un gruppo di sei satelliti**: da questa costellazione, con una semplice parabola da 60 centimetri di diametro, è possibile ricevere più di mille canali radiofonici e televisivi in un'area



L'11 Luglio 1962 il satellite Telstar consentì la prima trasmissione televisiva transoceanica. Aveva un diametro di 88 cm, pesava circa 80 kg. Le celle solari che caricavano le 19 batterie al nickel-cadmio erano 3.600. La sua velocità era di 28.000 km/h e impiegava circa 2 ore e mezza per orbitare la Terra.



La nave Agamemnone mentre posa il primo cavo telegrafico transoceanico. Il primo sfortunato tentativo fu condotto nel 1857. Il successo fu conseguito il 5 Agosto del 1858. Il cavo era rivestito di guttaperca e pesava 625 kg/km. Oggi le telefonate transoceaniche sono possibili da ogni luogo grazie ai telefoni satellitari.



che va dal Nord Africa alla Scandinavia, e dal Portogallo ai territori dell'ex blocco sovietico. Questi segnali raggiungono oggi oltre 110 milioni di famiglie in Europa, direttamente attraverso le parabole o tramite le reti di distribuzione via cavo. I satelliti, con la loro capacità, hanno contribuito ad abbattere i costi di distribuzione dei media digitali: al posto di centinaia di ripetitori terrestri, è oggi sufficiente noleggiare una piccola porzione di "banda" su un trasponder satellitare per raggiungere un utenza potenzialmente sconfinata. **La flotta Worldsat, ad esempio, viene utilizzata per veicolare i segnali di centinaia di canali radiofonici nelle regioni più povere del pianeta, dall'Africa sub-sahariana alle zone più remote del continente indiano.** I ricevitori dedicati vengono sussidiati dai governi locali e distribuiti in scuole, ospedali e comunità lontane dai centri della civiltà. In ambito televisivo, l'incremento nel numero di canali ricevibili ha ampliato l'orizzonte culturale del telespettatore moderno, favorendo l'accesso alle immagini provenienti da culture lontane dalla nostra. Ma ci ha anche fatto scoprire la globalizzazione dei contenuti, facendoci accorgere che certi "format" vengono replicati pedissequamente in ciascun territorio, con le stesse scenografie, le stesse musiche, gli stessi applausi registrati a sottolineare l'apprezzamento da parte di un pubblico sempre più omologato. Se l'aspetto quantitativo, ovvero la moltiplicazione del numero dei canali, ha costituito il tratto caratteristico della tv via satellite sino ad oggi, il futuro ci riserva probabilmente una maggiore attenzione al valore qualitativo: i satelliti, considerata la loro ampia capacità in termini di

banda, sono oggi i candidati ideali per veicolare la tv ad alta definizione, quella che nei prossimi

anni conferirà ai nostri televisori la stessa qualità degli schermi cinematografici.

SPAZZATURA VOLANTE

Nello spazio, il rischio maggiore per un satellite è quello di essere colpito da uno degli oltre 110.000 oggetti in orbita intorno al pianeta.

Nel 1965, durante la prima passeggiata di un americano nello spazio, l'astronauta Edward White perse un guanto. Per oltre un mese, quel guanto rimase in orbita intorno al pianeta, viaggiando ad una velocità di circa 28.000 km l'ora, prima di rientrare nell'atmosfera. Anche il più piccolo frammento di un razzo vettore, come un bullone, può trasformarsi in un oggetto micidiale nello spazio: continuando ad orbitare per anni ed anni intorno al pianeta, il suo impatto con un satellite può essere devastante. Le speranze che questi oggetti rientrino nell'atmosfera sono legate all'altitudine della loro orbita: per un bullone a 600 km di quota, sono necessari alcuni anni; salendo a 800 km, il tempo comincia a misurarsi in decenni; sopra i 1.000 km, un oggetto può continuare ad orbitare anche per centinaia di anni. Secondo una ricerca condotta nel 1999, sono oltre 110.000 gli oggetti potenzialmente pericolosi, di dimensioni superiori ad un centimetro, "persi" nello spazio: dai frammenti dei razzi vettori alle sonde lanciate nel corso degli ultimi 50 anni, dai sacchetti di rifiuti lasciati dagli astronauti della MIR (oltre 200), alle piccole croste di vernice staccatesi dalle superfici di satelliti e missili.

Per quanto riguarda gli oggetti di dimensioni elevate (satelliti in disuso, parti di vettori), i maggiori enti spaziali come la NASA e l'ESA cercano, attraverso i radiotelescopi, di catalogare e monitorare i loro movimenti nello spazio. Ma si tratta di un'impresa quasi impossibile: solo gli oggetti di dimensioni superiori ai 10 cm (circa 7.500, secondo le ultime stime) possono essere individuati e seguiti da Terra.



Disegno che rappresenta l'elevatissimo numero di oggetti artificiali attualmente orbitanti la Terra.

DIMMI DOVE SONO

Al posto del sestante, un piccolo ricevitore ed una mappa digitale: ecco come si naviga con i satelliti, grazie ai sistemi GPS.



Oggi chiunque può dotarsi, al costo di alcune centinaia di euro, di un sistema navigatore computerizzato che, basandosi sul sistema satellitare GPS, consente di stabilire la propria posizione su una cartina geografica o sulla mappa di una città.

Conoscere la propria posizione sul territorio, con precisione assoluta; seguire le indicazioni di una mappa digitale in grado di guidarci in un dedalo di strade di una grande città; avvertire automaticamente i soccorsi, in caso di incidente o di furto del proprio veicolo: sono le applicazioni rese possibili dalla tecnologia GPS, il sistema satellitare di posizionamento. Nato alla fine degli anni '70 nell'ambito dei progetti strategici del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti per teleguidare i missili balistici, **il GPS (Global Positioning System) si è gradualmente trasformato in un servizio ad uso civile, di immensa utilità.** Si basa su una flotta di 24 satelliti, in orbita intorno al nostro pianeta ad un'altezza di 20.000 chilometri, e su ricevitori che hanno ormai raggiunto dimensioni estremamente ridotte, tanto da poter essere facilmente integrati in dispositivi portatili come telefonini o computer palmari. Fino a qualche anno fa, la sua precisione era volutamente limitata dai militari americani attraverso l'introduzione di un errore indotto. A partire dal 2000, anche questa limitazione è stata rimossa, permettendo a tutti gli utenti di utilizzare il sistema al massimo delle sue capacità. Per determinare le coordinate della propria posizione, il ricevitore GPS effettua una triangolazione basata sui segnali trasmessi dai satelliti: un metodo non dissimile da quello dei radiofari utilizzati

per la navigazione, ma molto più preciso grazie all'elaborazione dei dati permessa dal sistema. L'unione tra ricevitori GPS e servizi di telefonia wireless consente oggi di realizzare sistemi antifurto di grande efficienza: un'auto rubata può essere rapidamente individuata grazie ai dati che il ricevitore GPS invia ad una centrale di controllo attraverso un telefono GSM installato all'interno della vettura. Unendo la tecnologia GPS ai sistemi di cartografia digitale, è invece possibile realizzare i navigatori satellitari, apparecchi veicolari o palmari che possono guidarci in qualsiasi territorio, mostrando costantemente la nostra posizione su una mappa dettagliata.

IL TELE-RILEVAMENTO E IL CONTROLLO DEL TERRITORIO

L'osservazione del pianeta, lo studio della meteorologia e dei fenomeni climatici: i satelliti ci guardano, e hanno la vista lunga.

Letteratura e cinematografia ci raccontano spesso di un "grande fratello" in grado di spiare ogni nostro movimento attraverso flotte di satelliti spia. Il nome di Echelon,

network globale di osservazione e intelligence ampiamente basato sui satelliti militari, è entrato a pieno titolo nella terminologia comune. Lasciando da parte ogni possibile dietrologia, le tecnologie dedicate all'osservazione e all'analisi del territorio rappresentano oggi uno dei maggiori traguardi raggiunti dalla scienza. Con i satelliti dedicati al "remote sensing" è possibile fotografare vaste regioni del pianeta o dettagli accuratissimi di zone ben delimitate. L'utilizzo di sistemi in



IN ALTO: Vista satellitare della Città del Vaticano. Riconoscibile la Basilica di S. Pietro e la piazza antistante. Foto scattata dal satellite Ikonos.

IN BASSO: La Torre Eiffel, sulla riva della Senna. Completata nel 1889, con i suoi 300 metri di altezza era la più alta struttura artificiale del mondo. Ora supporta un trasmettitore televisivo per l'area di Parigi. Immagine ripresa dal satellite Quickbird il 27 Marzo 2002.

L'INVENZIONE DI CLARKE

L'idea di una costellazione di satelliti geostazionari si deve ad uno scrittore di fantascienza: vent'anni prima del primo satellite, Arthur C. Clarke aveva già immaginato come sarebbe stato il futuro.

"Ogni tecnologia sufficientemente avanzata è indistinguibile dalla magia" - Arthur C. Clarke. Nel 1945 il giovane Clarke serviva la patria e la regina come ufficiale della Royal Air Force inglese. Il suo ruolo era quello di addetto alle comunicazioni via radar. Ai suoi impegni militari, il ventisettenne Clarke alternava lo studio delle remote possibilità di far viaggiare l'uomo attraverso lo spazio, alimentato dalle letture della sua infanzia: le riviste di letteratura fantastica americane, che arrivavano nel Regno Unito come carta da imballaggio nei cargo provenienti da oltreoceano. Nel casetto, e già sulle scrivanie di alcuni periodici specializzati, c'erano i suoi primi racconti fantascientifici, sogni e utopie di un futuro ancora remoto. Sul mensile *Wireless World*, nell'Ottobre di quell'anno, apparve un suo articolo destinato a rimanere nella leggenda. Si intitolava "Trasmissioni dallo spazio" ed ipotizzava, tra le altre cose, la costruzione di una stazione orbitante per scopi scientifici e l'utilizzo di un network di tre satelliti artificiali per trasmettere segnali radio da un angolo all'altro del globo. L'idea di Clarke partiva da un semplice assunto: un segnale radioelettrico può essere propagato su un territorio tanto più vasto, quanto più è elevata la stazione trasmittente. Se l'apparato di trasmissione venisse collocato nello spazio, un'intero emisfero potrebbe essere in grado di riceverne le emissioni. Giudicando impraticabile l'idea di costruire un traliccio alto centinaia di chilometri, Clarke si basò sulla legge della gravitazione universale per elaborare una sua teoria: un oggetto spinto in un'orbita sufficientemente elevata può seguire, con il suo moto, la rotazione terrestre, compiendo una rivoluzione ogni 24 ore. In questo modo, visto dalla Terra, il satellite apparirebbe come un punto fisso nello spazio. Installando su questo satellite un ripetitore, e mettendo in orbita tre satelliti di questo tipo ad una distanza di 120 gradi l'uno dall'altro, un segnale radiofonico sarebbe in grado di fare, in pochi secondi, il giro del mondo. La comunità scientifica internazionale accolse inizialmente l'idea di Clarke con profondo scetticismo. In un'epoca in cui l'importanza strategica del settore delle telecomunicazioni cominciava appena ad emergere, gli scienziati preferivano pensare a migliorare i sistemi di diffusione terrestre del segnale. Clarke, tuttavia, non se la prese. Tornò alla sua passione di sempre, la fantascienza, e ne fece la sua professione, cominciando a scrivere a tempo pieno e regalandosi successivamente capolavori come "2001, Odissea nello Spazio". Il tempo gli avrebbe dato ragione: le sue teorie, alla fine degli anni '50, furono riprese e messe in pratica, contribuendo alla realizzazione dei primi satelliti geostazionari. E la fascia equatoriale in cui orbitano oggi migliaia di satelliti di ogni dimensione, in suo onore, viene universalmente indicata come "Fascia di Clarke". Arthur C. Clarke, recentemente nominato Cavaliere del Regno dalla Regina Elisabetta II, vive e lavora a Colombo, in Sri Lanka, dove gestisce tra le altre cose un centro d'addestramento per sub. Costretto da anni sulla sedia a rotelle, a causa dei postumi di una poliomelite, continua a sognare lo spazio e a descrivere i possibili modi in cui raggiungerlo. La sua proposta più recente in materia, giudicata dagli scienziati "teoricamente realizzabile entro i prossimi vent'anni", è quella di un ascensore spaziale, una sorta di montacarichi in grado di salire lungo un cavo ancorato ad un oggetto orbitante fino a quote superiori ai 36.000 chilometri.



Sir Arthur C. Clarke è nato il 16 Dicembre 1917 a Minehead (Inghilterra). Il titolo onorifico gli è stato conferito dal Principe Carlo nel 2000 in Sri Lanka, dove Clarke vive dal 1956, occupandosi con grande passione di esplorazione subacquea. Clarke è noto soprattutto come scrittore di fantascienza. Il regista Stanley Kubrik realizzò nel 1968, con la collaborazione di Clarke, il film 2001 Odissea nello Spazio che prendeva le mosse dal suo racconto del 1951 La Sentinella.

La prestigiosa rivista inglese *Wireless World* nacque nel 1911 con il nome di *Marconiograph*. Come *Wireless World* fu pubblicata dal 1913 al 1983 ed ospitò nell'Ottobre del 1945 un famoso articolo di Clarke nel quale lo scrittore ipotizzava l'uso di missili tedeschi V-2 modificati per la messa in orbita di satelliti artificiali, in orbita geostazionaria, quali ripetitori di comunicazioni radiotelevisive mondiali.

La prestigiosa rivista inglese *Wireless World* nacque nel 1911 con il nome di *Marconiograph*. Come *Wireless World* fu pubblicata dal 1913 al 1983 ed ospitò nell'Ottobre del 1945 un famoso articolo di Clarke nel quale lo scrittore ipotizzava l'uso di missili tedeschi V-2 modificati per la messa in orbita di satelliti artificiali, in orbita geostazionaria, quali ripetitori di comunicazioni radiotelevisive mondiali.



VOLARE, OH OH

Dopo diciotto mesi di costruzione e rifinitura, sigillato all'interno di un'apposito 'pacco' ermetico, il satellite è pronto per essere consegnato al committente. Al quale spetta l'organizzazione del suo trasferimento dal suolo terrestre allo spazio. Le 'agenzie di viaggio' cui rivolgersi non mancano: sono i grandi consorzi internazionali che gestiscono il ricco business dei razzi vettori, dall'europea Arianespace, all'International Launch Service, frutto di una partnership tra russi e americani, dalla cinese LongMarch alla Sea Launch International, la cui base di lancio è una piattaforma al largo delle coste della Florida. Il costo del lancio è elevato: per un satellite da due tonnellate, si pagano circa 50 milioni di dollari (quasi un terzo del valore del satellite stesso), tariffa cui va aggiunto il premio assicurativo (nessuno si sogna di lanciare un satellite senza prima assicurarlo).

La campagna di lancio ha inizio un mese prima del lift-off, con la consegna del satellite imballato. Si procede quindi all'assemblaggio del vettore, un missile alto come un palazzo composto solitamente da tre o quattro stadi e da una batteria di 'booster', razzi supplementari indispensabili per fornirgli la spinta iniziale. Il satellite viene sigillato nello stadio più alto, dopo una serie di test a terra che ne verificano il corretto funzionamento, ed issato in cima al vettore. Protetto da una torre metallica, il razzo esce quindi dall'edificio di assemblaggio e viene trasferito lentamente verso la rampa di lancio. Se le condizioni meteorologiche lo permettono, 24 ore prima del previsto decollo ha inizio il conto alla rovescia. Poche ore prima del lancio, la torre di protezione viene aperta ed inizia il rifornimento di combustibile. Per gli stadi superiori, si usa un propellente criogenico, altamente esplosivo e di difficile gestione. Ultimate le verifiche sulle condizioni del vettore e del satellite, a T meno 6 minuti, scatta la "sequenza sincronizzata", in cui sono i computer a gestire le operazioni di controllo: troppi i parametri da monitorare e verificare continuamente, anche per i tecnici più esperti. Alla base della rampa, una vasca di acqua trasforma l'enorme calore sviluppato dai razzi in fase di accensione in un'immensa nube di vapore: tre o quattro secondi dopo l'accensione, il vettore comincia a sollevarsi, per raggiungere in pochi istanti una velocità compresa tra i 5 e i 7 chilometri al secondo (circa 20.000 Km/h). Nel corso del volo, verranno espulsi i booster e separati i diversi stadi del razzo, sino al raggiungimento della quota di consegna del carico. Dopo circa 60 minuti, il satellite si separa dall'ultimo stadio del vettore. Ma non è ancora finita: solo dopo l'acquisizione dei dati trasmessi dal satellite, che ne confermano il corretto funzionamento, si può tirare un sospiro di sollievo e festeggiare. Tradizionalmente, con l'accensione di un sigaro cubano.



Il lancio del missile Jupiter-C, avvenuto il 31 Gennaio del 1958, che pose in orbita terrestre il primo satellite artificiale americano, l'Explorer 1.

grado di combinare la fotografia tradizionale, la spettrografia e l'analisi termica della superficie terrestre, consente di monitorare il restringimento delle calotte polari, l'andamento del buco nella fascia d'ozono che circonda la Terra, la progressiva riduzione dei polmoni verdi del pianeta e l'incremento dei livelli di inquinamento industriale. In occasione del maremoto nel Sud-Est Asiatico, lo scorso anno, sono state proprio le immagini elaborate dai

satelliti dedicati al telerilevamento a fornire le indicazioni più preziose sulle aree coinvolte dalla tragedia, permettendo la programmazione e la gestione degli interventi di soccorso. **L'osservazione dello spostamento delle masse d'aria è alla base dell'analisi meteorologica moderna, che consente di elaborare previsioni a breve e medio termine di altissima precisione.** Quanto alla "fotografia satellitare" vera e propria, ovvero alla pos-

sibilità di riprendere immagini a colori ad altissima risoluzione di zone specifiche, le applicazioni civili hanno raggiunto addirittura il mercato "consumer": con pochi dollari, è possibile richiedere una foto della propria abitazione, ripresa da uno dei tanti satelliti che orbitano periodicamente sopra le nostre teste. Basta indicare le coordinate della zona e quelle della propria carta di credito e aspettare il passaggio del satellite, sorridendo all'occorrenza.