

**ISTITUTO TECNICO AERONAUTICO**  
**“ANTONIO LOCATELLI”**  
*di Bergamo*

TESI di MATURITA’

a.s. 2006 / 2007

# **“ I SATELLITI ”**



A cura di : **BRAMBILLA RYAN**

---

## Prefazione

Presentando in primo luogo un'ambientazione storica, riguardante il periodo della "corsa agli armamenti e della conquista allo spazio", sono passato poi all'analisi del funzionamento del sistema "GPS".

Il GPS è stato preso in esame per quanto riguarda la navigazione aerea e la circolazione aerea con la "navigazione d'area (R/NAV)". Altri aspetti analizzati prendono in esame l'uso dei "satelliti meteorologici" nella meteorologia ed il rispettivo "calcolo dell'altezza di un satellite geostazionario", con similitudine del movimento di un aeromobile, per quanto riguarda la "richiamata" in aerotecnica.

Quindi è stata effettuata l'analisi del sistema di comunicazione tra la terra ed i satelliti, nell'ambito dell'elettronica nonché delle "Onde Elettromagnetiche".

Dalla comunicazione tecnica tra la terra ed i satelliti artificiali è stato posto una analogia alla comunicazione tra l'uomo e la luna facendo riferimento al Leopardi in "Canto Notturmo di un Pastore Errante dell'Asia alla Luna".

Staccandosi dall'argomento satelliti come strumentazione utile nell'ambito della navigazione aerea e considerando invece i satelliti definiti "spia", in quanto in grado di captare e visualizzare ogni cosa sulla superficie terrestre, ho preso in considerazione il parallelismo del grande fratello che cita George Orwell in "Millenovecentottantaquattro".

---

| <b>INDICE:</b>                                           |                                 | Pagina |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|
| Corsa Agli Armamenti e Conquista Dello Spazio            | ( Storia )                      | 4      |
| GPS - Global Positioning System                          | ( Navigazione Aerea )           | 6      |
| Cenni Storici                                            |                                 |        |
| Struttura del GPS                                        |                                 |        |
| Determinazione della Posizione                           |                                 |        |
| R/NAV - Navigazione D'Area                               | ( Circolazione Aerea )          | 12     |
| Rotte R/NAV                                              |                                 |        |
| Separazioni R/NAV                                        |                                 |        |
| Satelliti Meteorologici                                  | ( Meteorologia )                | 15     |
| Satelliti Geostazionari                                  |                                 |        |
| Satelliti Polari                                         |                                 |        |
| Osservazioni Effettuabili Dallo Spazio                   |                                 |        |
| Meteosat                                                 |                                 |        |
| Neofanalisi da Satellite                                 |                                 |        |
| Altezza Di Un Satellite Geostazionario                   | ( Aerotecnica )                 | 21     |
| Richiamata                                               | ( Aerotecnica )                 | 22     |
| Onde Elettromagnetiche                                   | ( Elettro-Radio-Radar tecnica ) | 24     |
| Onde Superficiali                                        |                                 |        |
| Onde Riflesse dal suolo                                  |                                 |        |
| Onde Dirette                                             |                                 |        |
| Onde Ionosferiche                                        |                                 |        |
| Onde Satellitari                                         |                                 |        |
| Orwell                                                   | ( Inglese )                     | 31     |
| Life and Works                                           |                                 |        |
| Nineteen Eighty-Four                                     |                                 |        |
| Giacomo Leopardi                                         | ( Italiano )                    | 34     |
| Vita e Opere                                             |                                 |        |
| Canto Notturmo Di Un Pastore Errante Dell'Asia Alla Luna |                                 |        |
| Bibliografia                                             |                                 | 41     |

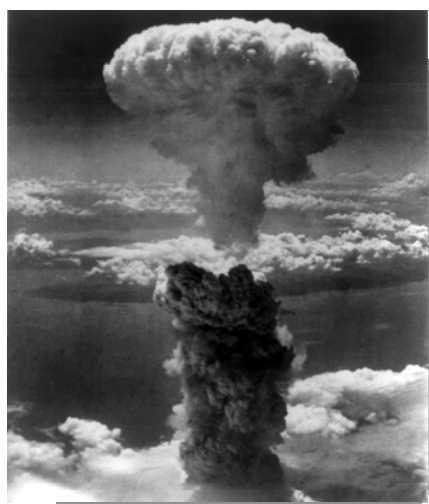
---

---

## **CORSA AGLI ARMAMENTI e CONQUISTA DELLO SPAZIO**

La cosiddetta *corsa agli armamenti* tra Stati Uniti e Unione sovietica è stata preceduta dall'avvento dell'*era nucleare*.

La prima bomba atomica venne creata in seguito ad un progetto segreto statunitense, iniziato durante la Seconda Guerra Mondiale. Si pensò ad un'arma capace di annientare il nemico Nazista, vista la crescente paura che Hitler potesse sopraffare gli Alleati.



I primi ordigni nucleari mai utilizzati nella Storia furono sganciati su due città giapponesi proprio durante la fine della seconda Guerra Mondiale. La prima bomba esplose il 6 agosto del 1945 su di Hiroshima e la seconda tre giorni dopo su Nagasaki. I morti provocati nell'istante dell'esplosione furono circa 160.000.

Da allora Stati Uniti e Unione Sovietica incrementarono la ricerca e lo sviluppo scientifico al servizio degli armamenti.

Nel 1949 gli Stati Uniti e la maggior parte delle nazioni dell'Europa occidentale si unirono per formare la N.A.T.O. (North Atlantic Treaty Organization), ovvero un'alleanza difensiva in modo da opporsi alla minaccia sovietica durante quella che venne definita *guerra fredda*, ovvero un conflitto tattico senza un vero scontro sul campo, fatto di corse agli armamenti e minacce fortunatamente mai portate a termine. La grande novità della costituzione della N.A.T.O. fu il definitivo abbandono del rifiuto da parte degli U.S.A. di partecipare agli affari internazionali.

Nel 1952 avvenne il collaudo della prima bomba H statunitense, con conseguente preoccupazione per gli effetti della ricaduta radioattiva.

L'Unione Sovietica non attese oltre: l'anno seguente esplose la sua prima bomba a fusione, un ordigno nuovo che permetteva di essere trasportato a bordo di un bombardiere intercontinentale a lungo raggio.

Oltre alla conquista per il nucleare questo periodo viene caratterizzato dalla corsa allo spazio. Il 4 ottobre 1957 l'Unione Sovietica effettua il primo lancio di un satellite, lo Sputnik I.

Gli Stati Uniti rispondono lanciando, l'Explorer I il 31 gennaio 1958.

Questo porta ad ampliare la ricerca, da entrambe le parti, verso la realizzazione dei missili balistici intercontinentali.

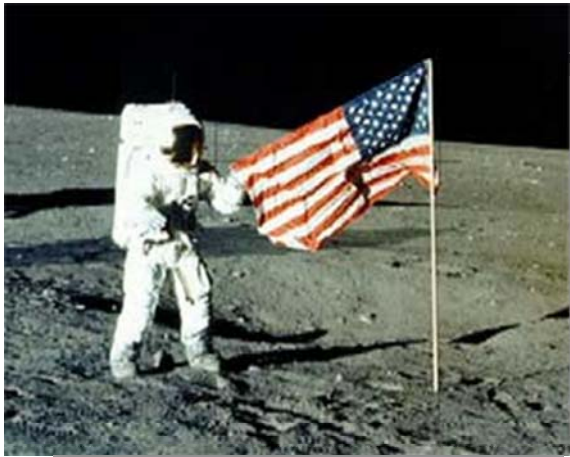
Continua però l'incessante sviluppo del nucleare: l'URSS fa esplodere la bomba H più potente mai costruita, circa tremila volte più distruttiva rispetto alla bomba sganciata su Hiroshima, ed allo stesso tempo vengono posizionati i primi missili balistici da entrambe le superpotenze, razzi capaci addirittura di volare dagli U.S.A. all'URSS.

---

Quando l'Unione Sovietica nel 1962 installa dei missili a Cuba su richiesta di Fidel Castro, gli Stati Uniti, attraverso un blocco navale che preludeva ad un conflitto atomico, riescono a bloccare l'operazione.

Nel 1963 c'è il primo trattato sulle armi nucleari che impone alle due potenze di effettuare i test atomici solamente nel sottosuolo.

Nel 1968 c'è il trattato di non proliferazione, che cerca di limitare la diffusione di armi nucleari al di fuori dei cinque paesi che le possiedono (U.S.A., URSS, Francia, Gran Bretagna, Cina).



Fondamentale in questi anni è il raggiungimento da parte dagli USA del suolo lunare, con la missione Apollo 11. Il 20 luglio 1969 gli astronauti Neil Armstrong ed il colonnello Edwin Aldrin, sono i primi uomini a toccare la superficie lunare, momento storico enfatizzato dalla storica frase: "That's one small step for man, one giant leap for mankind" ovvero "Un piccolo passo per l'uomo, un grande balzo per l'umanità", dimostrando l'importanza dello sviluppo americano a livello mondiale.

Allo stesso tempo vengono studiati i primi sistemi per la protezione dei missili statunitensi da eventuali attacchi sovietici, tra cui i missili MX e sottomarini più potenti.

Durante la corsa agli armamenti c'è stata una DIVERSIFICAZIONE delle armi nucleari strategiche, in base alle scelte militari riguardanti i sistemi di lancio dei missili. L'Unione Sovietica si è infatti affidata prevalentemente ai missili basati a terra, mentre gli Stati Uniti hanno fatto affidamento su un arsenale notevolmente più diversificato, con una particolare importanza assunta dai bombardieri strategici.

Gli U.S.A. dispongono inoltre di un maggior numero di testate nucleari, mentre l'URSS si affida a una maggiore potenza installata (cioè le testate sono più potenti). Questo perché il livello tecnologico più alto raggiunto dalla potenza occidentale ha permesso di aumentare notevolmente la precisione dei missili, i quali necessitano dunque di testate più piccole. Dall'altra parte le testate nucleari devono essere di dimensioni e potenza maggiori, per aver la certezza di distruggere il bersaglio con missili meno precisi.

Attualmente, anche se ufficialmente lo sfondo della *corsa agli armamenti* e la *guerra fredda* possono dirsi ufficialmente conclusi, in se presentano diverse problematiche riguardanti i due schieramenti. E' infatti di pochi mesi fa la notizia della volontà degli Stati Uniti di procedere con la realizzazione di uno scudo spaziale, il quale è stato definito solo uno strumento di difesa e non di attacco. Una scelta che è vista per parte Russa come un possibile ritorno della corsa agli armamenti, una rinascita di vecchie ostilità che spaventa non solo gli stati direttamente interessati, ma tutto il mondo.

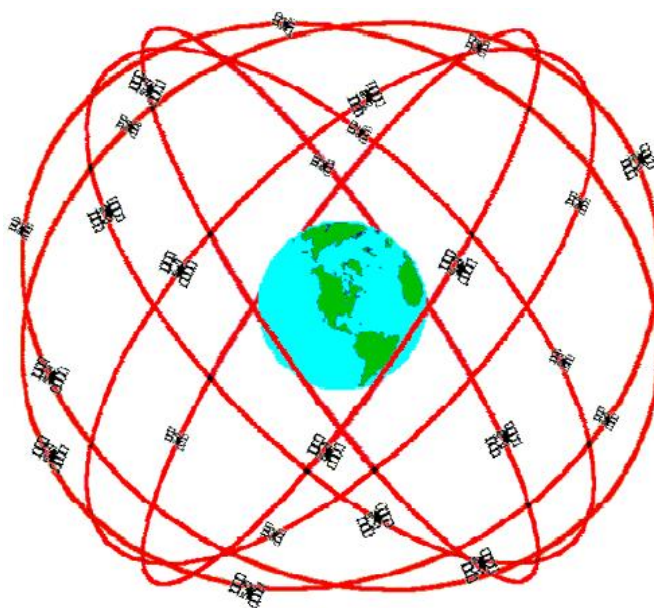


---

## **GPS - GLOBAL POSITIONING SYSTEM**



La sigla GPS (Global Positioning System) è l'abbreviativo di NAVSTAR GPS (Navigation Satellite And Ranging Global Position System), ovvero un sistema relativamente recente in grado di determinare la posizione in termini di longitudine, latitudine ed eventualmente quota, di un utilizzatore. Il rilevamento avviene tramite l'uso di una costellazione di 24 satelliti, ripartiti su 6 orbite intorno alla terra ad una quota di circa 20.200Km con un periodo di  $11^h 58^m 04^s$ .



### **Cenni Storici**

Il primo satellite artificiale messo in orbita risale al 4 ottobre 1957, quando l'Unione Sovietica ha lanciato lo Sputnik I, seguito un mese dopo dallo Sputnik II, il quale trasportava addirittura un essere vivente, la famosa cagnolina Laika.



Colti alla sprovvista, gli Americani accelerarono notevolmente il programma spaziale e riuscirono a lanciare il primo satellite statunitense il 31 gennaio 1958, l'Explorer I.

In questo modo ebbe inizio la conquista dello spazio che segnò l'inizio di una nuova era anche per i sistemi di radionavigazione.

L'idea di poter determinare la propria posizione tramite l'uso dei satelliti e quindi la successiva creazione del GPS ebbe inizio quasi per caso quando al laboratorio di fisica della John Hopkins University scoprirono che i segnali ricevuti dall'emissione dei

---

satelliti subivano una variazione di frequenza a causa dell'effetto Doppler, determinato dalla velocità relativa tra il satellite e la terra, riuscendo così a determinare l'effettiva posizione del satellite; fu proprio grazie a questa scoperta che Frank T. McClure, dello stesso laboratorio, che pensò alla possibilità di determinare la posizione di un utilizzatore a terra avendo come nota la posizione del satellite.

Il primo sistema di radionavigazione statunitense con satelliti artificiali fu il TRANSIT, operativo dal 1964 ma riservato a scopi militari sino al 1967, quando venne liberalizzato ad uso commerciale, anche se con l'imposizione di un errore riducendone quindi la precisione.

Mentre gli Stati Uniti lavoravano per perfezionare il Transit, nell'Unione Sovietica veniva utilizzato il TSIKADA, sistema analogo anche se lievemente inferiore a livello di prestazioni.

Questi sistemi di radionavigazione inizialmente venivano utilizzati per la localizzazione di sottomarini ed imbarcazioni dato che richiedevano solo l'identificazione della posizione e non della quota.

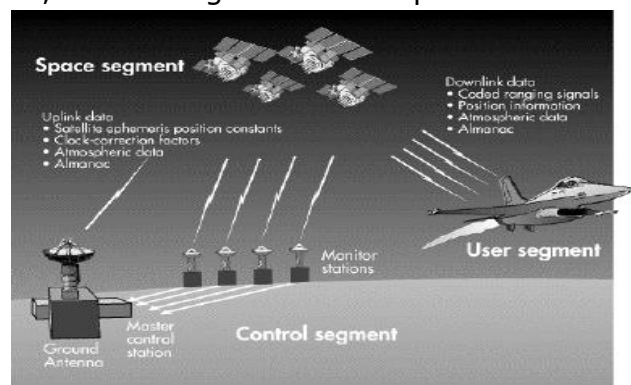
Solo nel 1993 gli Stati Uniti giunsero al completamento del sistema GPS, ma il servizio venne reso disponibile solo nel maggio 2000, con il decreto del presidente Bill Clinton che lo liberalizzò e ridusse quella che era la precedente implementazione d'errore.

Per quanto riguarda invece la situazione europea solo nel 2002 ha avuto inizio la progettazione e creazione del sistema Galileo, simile al GPS ma con una maggior precisione e miglior copertura. Inoltre il sistema europeo evita il rischio che in tempi di guerra o pericolo gli Stati Uniti lo possano spegnere, così come è successo per il GPS l'11 settembre 2001, in seguito agli attentati terroristici su suolo americano.

### **Struttura del GPS**

Il sistema GPS statunitense, così come qualunque tipo di sistema satellitare, si compone di tre distinti segmenti, a ciascuno dei quali viene attribuito un compito specifico:

- Segmento di controllo, consiste in una rete di monitoraggio e di mezzi di controllo.
- Segmento spaziale, formato dai satelliti orbitanti intorno alla terra.
- Segmento utenza, basato sugli utilizzatori presenti.



---

### Segmento di controllo:

Il sistema GPS prevede una serie di stazioni a terra con lo scopo di controllare lo stato operativo della costellazione e di fornire le effemeridi, ovvero delle tabelle contenenti la posizione del satellite stesso ad una determinata ora.

Il centro di controllo principale (Master Control Monitor Station) è situato presso la Falcon AFB a Colorado Springs; inoltre sulla terra sono dislocate altre quattro stazioni di monitoraggio rispettivamente posizionate nelle Hawaii, nell'isola di Ascension, nella base di Diego Garcia e nell'atollo di Kwajalein .



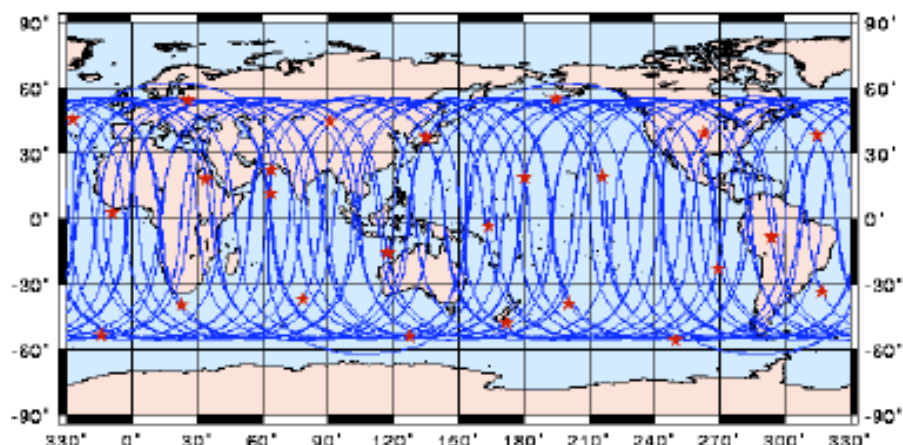
Il ruolo delle stazioni di monitoraggio è quello di verificare continuamente la posizione dei satelliti e trasmetterle alla MCMS.

A sua volta la MCMS ha il compito di verificare ed eventualmente correggere l'orario del satellite, basato su orologi atomici, seguire il moto orbitale dei satelliti, aggiornare i dati contenuti nelle memorie di bordo e secondariamente, quando necessario, modificare la posizione del satellite tramite l'uso di thruster, propulsori, ed eventualmente in caso di malfunzionamento sostituire il satellite con uno di riserva, presente già nello spazio.

### Segmento spaziale:

E' quella porzione di strumentazione adibita al GPS che si trova nello spazio ed è composta essenzialmente da 24 satelliti orbitanti intorno alla terra, su 6 orbite differenti inclinate di  $55^\circ$  rispetto all'equatore; inoltre sono disponibili 6 satelliti di riserva in caso di malfunzionamento di quelli in uso, oppure in caso di necessità di maggior precisione in certe aree del pianeta. I satelliti attualmente orbitanti coprono il Pianeta come in figura.





Ogni satellite è equipaggiato con quattro orologi atomici ad alte prestazioni, computer di controllo, sistema di controllo d'assetto ed un sistema di trasmissione radio ad onde ultracorte e quindi ad altissima frequenza (UHF).

Il numero di satelliti visibili è compreso fra sette e nove per circa il 90% del tempo e soltanto in rarissimi casi può scendere sotto cinque.

#### Segmento utenza:

Questa risulta essere la parte finale del sistema GPS, è basato sul ricevitore in possesso dell'utilizzatore.

Il ricevitore è composta da un'antenna che riceve i segnali emanati dai satelliti, infatti tale sistema di radionavigazione non necessita l'emissione di segnale da parte dell'utilizzatore ma solo ed esclusivamente la ricezione del segnale satellitare, evitando così che altri possano determinare la posizione di chi ne sta usufruendo, al contrario di quanto avveniva in sistemi precedenti quali ad esempio il radar.

Per quanto riguarda l'applicazione del GPS, oltre che all'uso per la navigazione, si è arrivati addirittura a rappresentare la posizione dell'utilizzatore su di mappe, supportate da software appositi, in grado di guidare l'utilizzatore lungo un percorso prestabilito, basti pensare ai comuni navigatori satellitari per auto disponibili persino per cellulari.

Il compito del ricevitore è quello di identificare almeno quattro satelliti visibili, decodificare i segnali emessi, misurare i ritardi dei tempi d'arrivo dei segnali ricevuti calcolarne la distanza e quindi identificare la posizione.

---

## **Determinazione della Posizione**

Il ricevitore GPS ha il compito di determinare la posizione dell'utilizzatore.

Il ricevitore capta il segnale da un satellite. Nel segnale sono presenti diverse informazioni tra cui: la posizione del satellite e l'ora esatta di invio del segnale. Proprio grazie a questi parametri è possibile per il ricevitore individuare le coordinate del satellite.

Il compito del ricevitore è quello di calcolare la differenza di tempo tra l'ora di arrivo del segnale (  $t_a$  ) e l'ora a cui il segnale è stato inviato (  $t_i$  ); in questo modo, moltiplicando il risultato per la velocità di propagazione del segnale, quindi la velocità della luce (  $c$  ), si ottiene una misura in termini di distanza, compresa tra il satellite e l'utilizzatore; è però da considerare il fatto che l'onda trasmessa non percorre un percorso rettilineo a causa della rifrazione atmosferica e quindi bisogna tenere conto anche di un ritardo  $\Delta t_{ri}$ , dato che viene fornito dal satellite nella trasmissione del segnale e quindi risulta essere noto. In formula:

$$R_i = c \underbrace{(t_a - t_i)}_{\text{Distanza dal satellite}} - c \underbrace{\Delta t_{ri}}_{\text{Distanza del ritardo}}$$

Bisogna però considerare che questa formula sarebbe applicabile solo nel caso in cui gli orologi del ricevitore e del satellite fossero sincronizzati perfettamente (se ci fosse una differenza anche solo di un millesimo di secondo, percorso alle velocità della luce, equivarrebbe ad un rilevamento errato di 300Km). Non essendo tecnicamente possibile una precisione così alta, si considera la distanza misurata come una pseudo - distanza (  $R'_i$  ).

$$R'_i = c ( t'_a - t'_i )$$

Essendo:

$$t'_a = t_a + \Delta t_u \qquad \qquad \qquad e \qquad \qquad \qquad t'_i = t_i + \Delta t_i$$

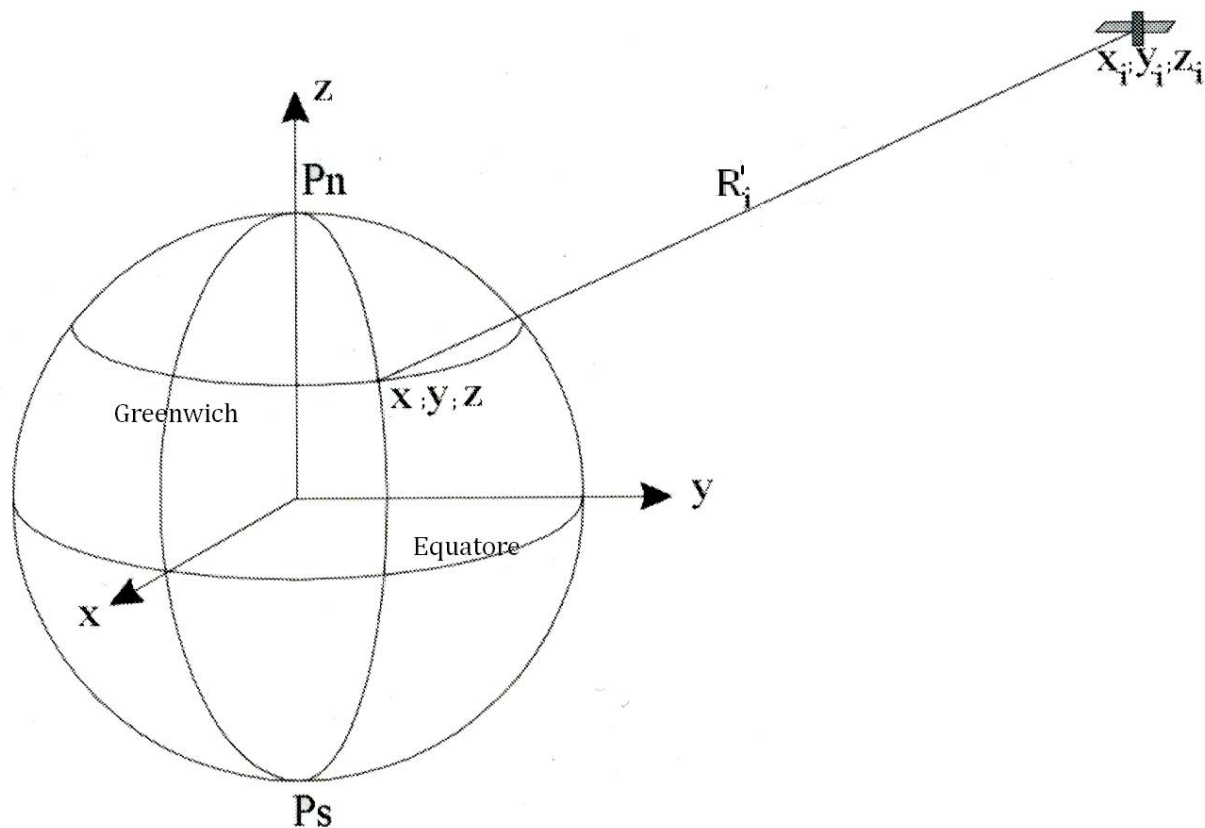
Dove  $\Delta t_u$  e  $\Delta t_i$  rappresentano rispettivamente gli errori degli orologi dell'utente e del satellite.

Bisogna quindi calcolare anche l'errore dovuto alla differenza tra l'orario utilizzato e quello che bisognerebbe utilizzare, quindi alla formula precedente bisogna aggiungere il prodotto della velocità della luce per la differenza degli errori degli orologi dell'utilizzatore e del satellite, il quale errore del satellite risulta essere noto e trasmesso da quest'ultimo, quindi:

$$R'_i = R_i + c \Delta t_{ri} + c ( \Delta t_u - \Delta t_i )$$

Riferendo quindi la posizione del satellite e dell'utilizzatore ad una terna cartesiana  $x$ ,  $y$ , e  $z$  di tipo ECEF ( Earth Centered Earth Fixed ) ovvero riferita agli assi terrestri dove  $z$  risulta essere l'asse che dal centro della terra, passante per il polo nord, si estende al di sopra di quest'ultimo,  $x$  nel piano equatoriale diretto lungo il meridiano di Greenwich e l'asse  $y$  perpendicolare agli assi  $x$  e  $z$ , la precedente formula può essere scritta nel seguente modo:

$$R'_i = \sqrt{\underbrace{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}_{\text{Incognite}} + c \Delta t_{ri} + c (\Delta t_u - \Delta t_i)}$$



Da quanto detto è semplice comprendere che per determinare la posizione di un utilizzatore siano necessari almeno 4 satelliti dato che il sistema da risolvere dispone di quattro incognite, ovvero  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , e l'errore dell'orologio del satellite  $\Delta t_u$ ; gli altri dati vengono fornite dal satellite nel segnale trasmesso.

Volendo quindi calcolare le coordinate in termini di latitudine ( $\varphi$ ), longitudine ( $\lambda$ ) e quota ( $h$ ) si utilizzeranno le seguenti relazioni, considerando la terra sferica di raggio  $R = 3670\text{Km}$ .

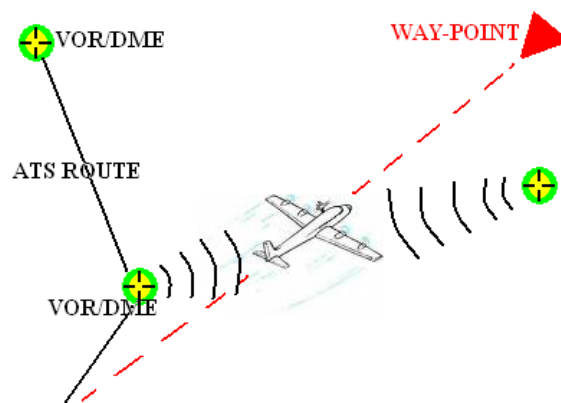
$$\begin{aligned} x &= (R + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ y &= (R + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ z &= (R + h) \sin \varphi \end{aligned}$$

---

## **R/NAV - NAVIGAZIONE D'AREA**

La navigazione d'area R/NAV consente agli aeromobili di navigare su qualsiasi rotta. La scelta della rotta deve necessariamente trovarsi entro un raggio di copertura di un radioaiuto, quali ad esempio il VOR/DME, oppure l'aereo deve utilizzare una apparecchiatura in grado di stabilire la posizione dell'aeromobile, come ad esempio il sistema inerziale (INS) o ancora meglio il GPS (Global Position System), anche se quest'ultimo è considerato una strumentazione complementare.

Per effettuare la navigazione d'area la strumentazione di bordo calcola delle teoriche radioassistenza lungo la rotta da seguire, detti Way - Point. Congiungendone due si ottiene proprio un tratto di rotta R/NAV.



La prima grande distinzione fra i vari sistemi R/NAV riguarda il tipo di strumentazione utilizzata:

- Navigazione d'area a breve raggio, se viene eseguita con l'ausilio di stazioni a terra come il VOR/DME.
- Navigazione d'area a lungo raggio, quando si utilizza strumentazione come l'INS, inerziale, oppure il sistema di navigazione satellitare GPS.

Un'ulteriore differenziazione tra i vari tipi di rotte R/NAV riguarda il livello di precisione, distinguendo anche in questo caso due tipologie:

- Basic R/NAV o RNP 5 (Required Navigation Performance 5): utilizzando questo tipo di navigazione l'apparato ha un margine di precisione laterale e longitudinale inferiore a 5 NM (Nautical Miles).
- Precision R/NAV o RNP 1 (Required Navigation Performance 1): il margine di precisione sopracitato è pari o inferiore a 1 NM; inoltre questa navigazione consente la condotta di un volo parallelamente e/o lateralmente disassato rispetto all'asse centrale di una rotta ATS, sia in tratti rettilinei sia in quelli di virata.

Le rotte R/NAV vengono segnalate sulle carte con un nominativo composto da una lettera ed un numero compreso tra 1 e 999. Eventualmente le sigle sono precedute da un prefisso per indicare il livello di volo.

Le R/NAV Superiori sono composte infatti dalla lettera U (Upper) seguita da L, M, N, P o Z ed il numero. Le R/NAV Inferiori Vengono distinte dalle lettere L, M, N e Z ed il numero.

---

## Separazioni R / NAV

Le separazioni R/NAV hanno lo scopo di distaccare le varie rotte di questo tipo. È importante sottolineare che vengono applicate solo ed esclusivamente tra due aeromobili che stanno volando con la navigazione d'area. Per effettuare questo tipo di separazioni è necessario che gli aeromobili separati mantengano costantemente un efficiente contatto radio.

Nel caso delle separazioni R/NAV fondamentale è considerare la velocità di condotta degli aeromobili riferita alla velocità del suono, quindi tramite il Mach number. La velocità deve essere uguale o inferiore a quella dell'aeromobile che segue; nel caso in cui un aereo non possa fare riferimento al Mach number è suo dovere riferirlo al controllore.

Le separazioni vengono attuate in maniera differente a seconda degli spostamenti degli aerei. Come indicato dalle casistiche che seguono:

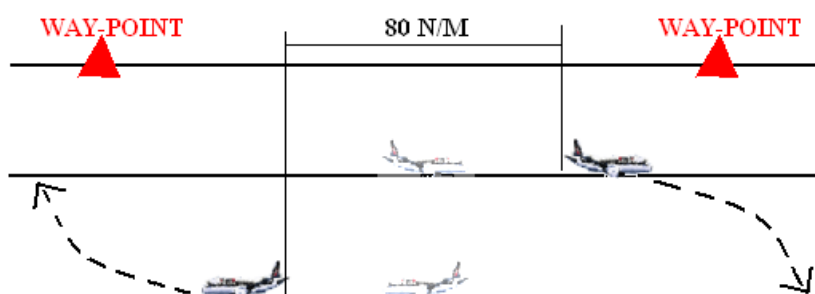
### Aeromobili sullo stesso livello di crociera



La separazione R/NAV risulta essere di 80 N/M a condizione che:

- gli aeromobili riportino la stessa distanza "TO" o "FROM" dallo stesso Way-Point
- la separazione venga controllata con simultanee letture / distanze R/NAV a frequenti intervalli, affinché detta minima non venga ridotta.

### Aeromobili su rotte opposte



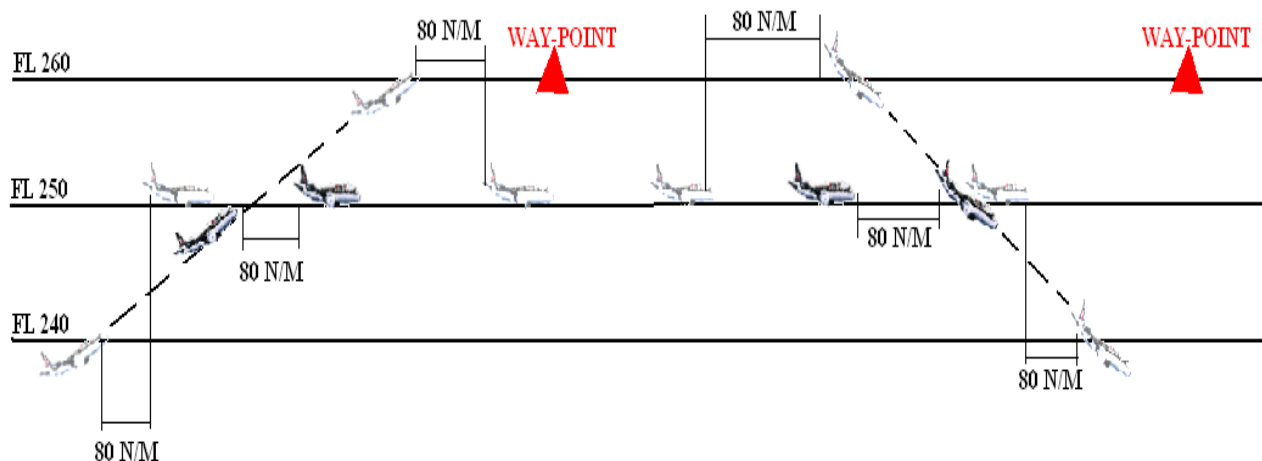
Gli aa/mm che operano su rotte opposte R/NAV possono essere autorizzati a salire, scendere o attraversare i livelli occupati da altri aa/mm che utilizzano anch'esse apparati R/NAV, purché:

- siano state positivamente stabilite a mezzo di letture simultanee le distanze R/NAV, "TO" o "FROM" dallo stesso Way - Point;
- la distanza R/NAV tra i due aa/mm dopo l'avvenuto incrocio a livelli differenti, non sia inferiore a 80 N/M.



---

### Aeromobili in salita o in discesa sulla stessa rotta



La minima distanza R/NAV è di 80 N/M da quando viene meno la separazione verticale, rispettando queste condizioni:

- gli aa/mm riportino distanza "TO" o "FROM" dallo stesso Way - Point;
- l'A/M in volo livellato mantenga il livello di crociera, sino a che non sia stata riacquisita la separazione verticale;
- siano effettuate simultanee letture/distanza R/NAV da parte degli aa/mm interessati.

---

## **SATELLITI METEOROLOGICI**

In meteorologia per poter effettuare previsioni è fondamentale conoscere lo stato iniziale dell'atmosfera.

La prevedibilità dei fenomeni verificabili nell'atmosfera è limitata principalmente a due fattori:

- La non adeguata conoscenza dello stato iniziale dell'atmosfera è dovuta essenzialmente agli errori che si commettono quando, partendo da osservazioni effettuate in pochi punti, per interpolazione, si deducono i dati su tutta l'area di interesse con la regolarità e la densità richieste per l'applicazione dei modelli di previsione. I modelli di previsione sono equazioni fisico matematiche effettuate da potenti calcolatori grazie alle quali si riescono a dedurre i mutamenti climatici.
- Le limitazioni del modello di previsione.

Per effettuare una previsione adeguata, risulterebbero necessarie circa 4000 stazioni meteorologiche dislocate su tutta la superficie terrestre in grado di effettuare rilevamenti al suolo ed in quota, così da definire lo stato iniziale dell'atmosfera e quindi procedere attraverso equazioni matematiche alle previsioni.

Attualmente però il numero di stazioni presenti sulla superficie terrestre risulta di gran lunga inferiore a quelle necessarie e la loro dislocazione risente della presenza di oceani e altre problematiche di varia natura (politici, economici, tecnologici, ecc.). Di conseguenza si è sviluppata la teoria di utilizzare dei satelliti in grado di osservare zone molto più vaste e con capacità medesime delle precedenti stazioni. È per questa ragione che si è giunti alla costituzione di un sistema di satelliti meteorologici.

A secondo dell'altezza rispetto alla superficie terrestre e all'inclinazione rispetto alla fascia equatoriale, i satelliti si distinguono in geostazionari e polari. Questi due diversi strumenti hanno funzioni complementari nella costituzione di un sistema globale di osservazione meteorologica dallo spazio. Il satellite infatti può rilevare tutte le informazioni che riguardano il contorno superiore di tutto ciò che è visibile nell'atmosfera e della crosta terrestre, quindi delle nubi dense viene rilevata la sola sommità nascondendo tutto ciò che è interposto tra questa e la superficie terrestre.

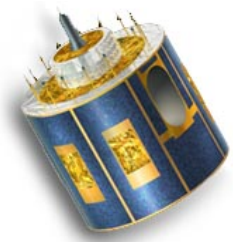
### **Satelliti Geostazionari**

I satelliti meteorologici geostazionari sono posizionati al di sopra dell'equatore ad una altitudine di 35850 km. La loro orbita è chiamata anche sincrona perché ruotano insieme alla Terra, in quanto hanno la stessa velocità angolare di quest'ultima. Così facendo, i satelliti rimangono sempre al di sopra dello stesso punto della superficie terrestre e vedono sempre la stessa porzione del globo; la calotta massima osservata ha il diametro di 18000 Km di cui 12000Km in buone condizioni prospettiche. A causa della grande distanza dalla superficie terrestre le osservazioni risultano meno sofisticate rispetto a quelle dei satelliti polari. Il compito dei satelliti geostazionari è quello di assicurare la visione continua dei sistemi nuvolosi, dalla grande scala alla scala dei moti convettivi fra le latitudini di circa 60° N e 60° S. Questi satelliti devono anche fornire informazioni sul vento in quota ai modelli numerici per le previsioni a media e lunga scadenza. Un sistema di cinque satelliti geostazionari, equispaziati intorno all'equatore, è necessario per sorvegliare tutta la fascia delle basse e medie latitudini.

---

Questi satelliti, puntando sempre sulla stessa area, aiutano i meteorologi nelle loro previsioni. Il sistema dei satelliti geostazionari è composto da:

- METEOSAT  $\lambda$  0°



Europa



- GOES W  $\lambda$  135° W



Oceano Pacifico - USA



- GOES E  $\lambda$  075° W



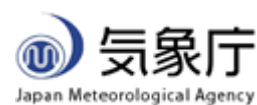
Golfo di Guinea - USA



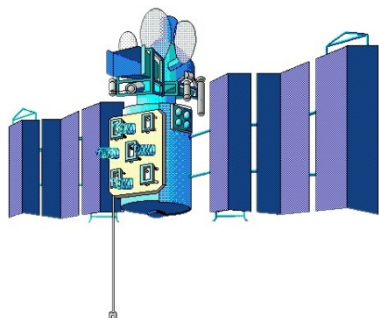
- GMS  $\lambda$  140° E



Nuova Guinea - Giappone

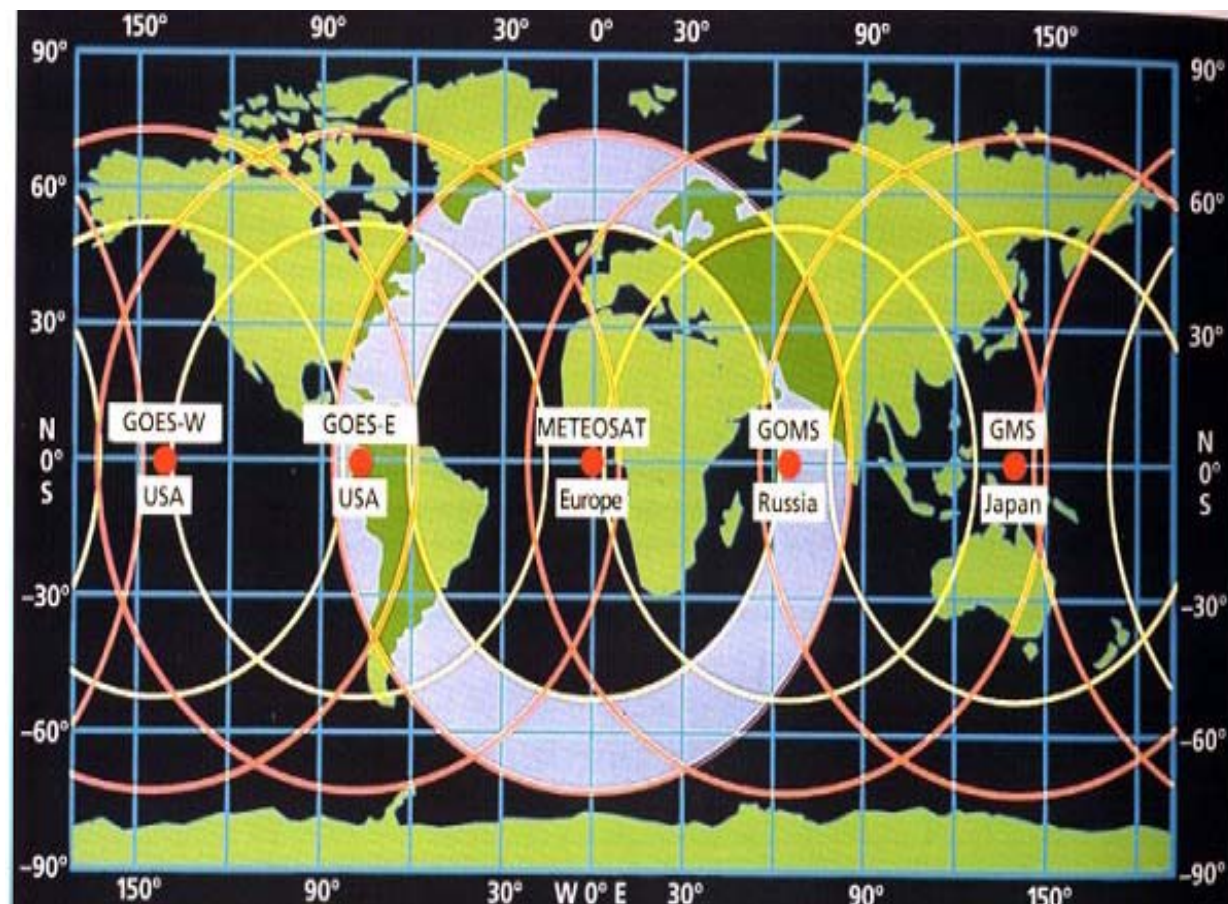


- GOMS  $\lambda$  070° E



Oceano Indiano - USSR





### **Satelliti Polari**

I satelliti polari si muovono lungo un'orbita parallela ai meridiani ed incrociano l'equatore lungo un'orbita ellittica. Questi satelliti hanno il compito di completare il campo di osservazione estendendolo alle alte latitudini, effettuare il sondaggio di temperatura e umidità su tutto il globo e osservare la struttura dei sistemi nuvolosi. La loro altezza varia tra gli 800 e i 1500Km; la zona massima di osservazione, per una piattaforma a 1500Km, è una calotta di 8000Km di diametro di cui 3000Km osservabili con buone condizioni prospettiche. Un'orbita completa viene compiuta in 2 ore e quindi, in questo intervallo di tempo è rilevata una fascia di superficie lunga 40000Km e larga 3000Km; dato che nelle due ore dell'orbitazione, la terra ruota di 30°, corrispondente a circa 3000Km all'equatore, la nuova fascia di superficie terrestre che sarà esplorata risulta contigua a quella precedente. I 360° della sfera terrestre vengono coperti in 12 ore ( $360 : 30$ ). I satelliti polari possono osservare la superficie terrestre e l'atmosfera impiegando contemporaneamente 2 sistemi di rilevazione, ma poiché l'immagine fotografata cambia continuamente non è possibile rilevare i movimenti delle nubi tramite il confronto di immagini successive.

I satelliti polari operanti sono:

- |          |      |
|----------|------|
| • NOAA   | USA  |
| • METEOR | URSS |



---

## **Osservazioni effettuabili dallo spazio**

Le osservazioni possibili con un satellite, utili alla meteorologia, si possono riassumere in:

- analisi dei sistemi nuvolosi: estensione, forma, tipo, altezza della sommità della nube, contenuto totale di acqua e ghiaccio;
- profili atmosferici verticali di temperatura, umidità, ozono e altri gas rari;
- temperatura della superficie del mare e stato ondoso;
- temperatura del terreno;
- estensione del manto nevoso e dei ghiacciai marini,
- vento alle quote dove sono osservabili nubi adatte a essere considerate traccianti naturali dell'atmosfera;
- vento medio nei vari strati;
- precipitazioni a grande scala;

### **Meteosat**

L'Europa ebbe il suo primo satellite meteorologico geostazionario solo tre anni dopo il lancio del primo SMS (USA) e più precisamente il 23 Novembre del 1977, quando l'ESA, l'Agenzia Spaziale Europea pose in orbita Equatoriale a 0° di Longitudine e 0° di Latitudine il Meteosat 1 il quale ha smesso di funzionare dopo 2 anni e 2 giorni.

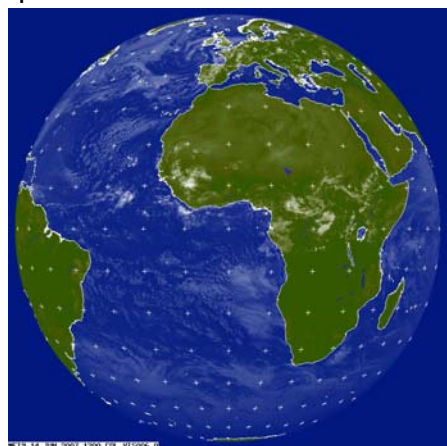
Da quella data sino ad oggi sono stati lanciati altri otto satelliti Geostazionari Europei della serie Meteosat fino a giungere all'attuale Meteosat 9, il secondo dei cosiddetti Meteosat di Seconda Generazione (MSG).

Questi, gli MSG, rilevano le immagini in dodici differenti canali spettrali, con una risoluzione di 3 per 3 km, tranne che per il canale del visibile ad alta risoluzione, la quale è di 1 per 1 km, e per alcuni canali i cui dati sono mediati su aree più grandi. L'intervallo di tempo tra due rilevamenti consecutivi è stato ridotto a 15 minuti dai precedenti 30 minuti del Meteosat 7.

Attualmente sono attivi cinque satelliti Meteosat, due di nuova generazione METEOSAT 9 (MSG2) e METEOSAT 8 (MSG1) e tre di prima generazione, METEOSAT 7, METEOSAT 6 e METEOSAT 5.

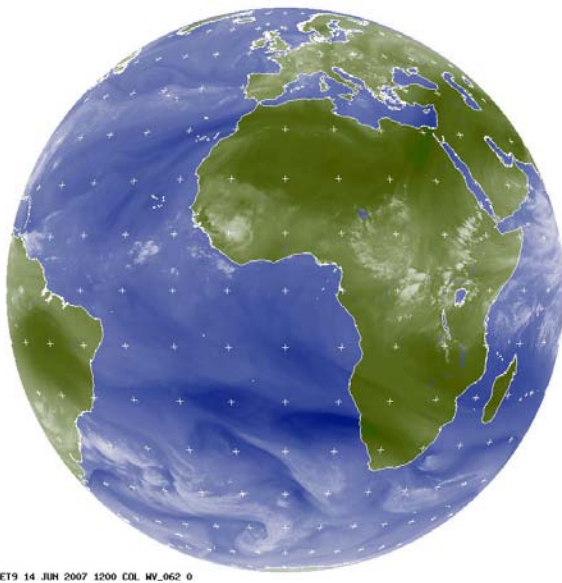
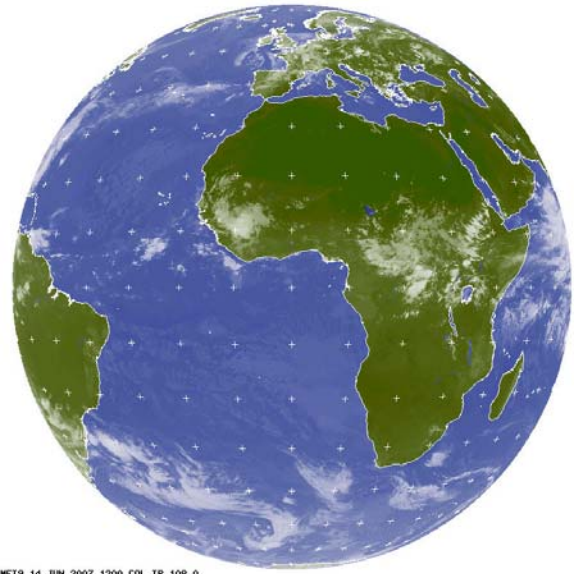
Le osservazioni del satellite vengono effettuate attraverso radiometri in grado di discriminare i diversi tipi di radiazioni provenienti dalla terra.

Grazie ai dodici differenti canali spettrali le immagini fornite dal satellite sono di tre tipi:



- Visibile ( VIS ) : a cui sono dedicati 2 canali più uno per il visibile ad alta risoluzione (HRV). Queste immagini mostrano quello che un osservatore potrebbe vedere se si trovasse sul satellite. La luce che riceve il radiometro è la luce solare riflessa dalle superfici al di sotto del satellite stesso. Quelle che ne riflettono di più appaiono più luminose (nubi dense, superfici innevate, banchi di ghiaccio e deserti). Mare e terra ferma assorbono maggiormente la luce solare, quindi sono indicati da colori più scuri. Le immagini VIS sono disponibili sole nelle ore diurne.

- 
- Infrarosso ( IR ) : a cui sono dedicati 7 canali spettrali. Queste immagini sono praticamente delle mappe termiche della superficie terrestre e della sommità delle nubi disponibili ogni 15 minuti sia di giorno che di notte. Ai colori più chiari sono associate zone più fredde e ai colori scuri corrispondono zone di temperatura superiore.



- Vapor d'acqua ( WV ) : a cui sono dedicati 2 canali spettrali. Evidenziano in modo vistoso i rimescolamenti delle correnti atmosferiche e la concentrazione di vapore acqueo. In genere le zone bianche a bassa temperatura ed alta umidità, andando verso il rosso, l'azzurro e il nero l'umidità diminuisce.

L'acquisizione e la diffusione dei dati da satellite avviene in varie fasi: i dati acquisiti dal satellite vengono trasmessi alla stazione centrale del sistema con sede a Darmstadt (Germania), presso ESOC (European Space Operations Centre ). I dati vengono elaborati e successivamente vengono confezionati 2 tipi di immagini da diffondere:

- immagini digitali da trasmettere alla primary data users'station (PDUS);
- immagini analogiche da trasmettere alla secondary data users' station (SDUS).

La stazione centrale trasmette le immagini confezionate al satellite che le rilancia a tutti gli utenti.



---

## **Nefoanalisi da Satellite**

Una interessante utilizzazione dei dati METEOSAT è l'analisi delle immagini nelle varie regioni spettrali, in particolare delle immagini IR e VIS, per l'analisi dei sistemi nuvolosi e quindi delle perturbazioni.

Le immagini VIS mettono in evidenza la radiazione riflessa dalle nubi o dalla superficie terrestre in caso di assenza di nuvole. La riflettività del suolo varia con la sua natura: per esempio la neve ha altissima riflettività, i ghiacci marini invece hanno una riflettività medio alta, mentre la superficie del mare è quella che appare più scura. Le nubi hanno riflettività variabile in funzione delle loro caratteristiche; i cumulonembi sono le nubi più dense presenti nell'atmosfera e quindi appaiono di colore bianco intenso (sono gli oggetti più luminosi presenti nell'atmosfera), mentre i cirri per la loro scarsa compattezza sono semi-trasparenti.

Le immagini IR mettono in evidenza la temperatura delle nubi e della superficie terrestre. Attraverso queste immagini è possibile distinguere i vari tipi di nubi dalla temperatura della loro sommità, la quale dipende dalla quota alla quale si trova la sommità della stessa nube. Le nebbie e gli strati hanno temperature prossime a quelle del suolo e appaiono di colore grigio. I cumulonembi ed i cirri sono le nubi che raggiungono le quote più elevate e quindi sono le nubi più fredde e appaiono di colore bianco brillante. L'analisi incrociata delle immagini VIS e IR di una stessa zona consente di interpretare casi ambigui qualora analizzati con uno solo dei due parametri. Per esempio cirri e cumuli nell'infrarosso, nebbia e suolo nell'infrarosso o neve e nubi nel visibile. I cumulonembi hanno una sommità molto fredda come i cirri, data l'elevata altezza cui si trovano, quindi in IR avranno lo stesso colore, ma i cumulonembi sono molto più spessi e densi dei cirri, quindi in VIS saranno indicati da colori più chiari, mentre i cirri da colori più scuri o addirittura si confondono con il suolo.

Ne consegue che se dal confronto dell'immagine VIS – IR un punto appare molto più luminoso sia nel visibile che nell'infrarosso, allora in quella zona è presente un cumulonembo (che non sarà mai isolato poiché la risoluzione delle immagini non riesce a discriminare sistemi di così piccola estensione orizzontale). Se invece il punto appare molto luminoso nell'infrarosso ma scuro o assente nel visibile si tratta di cirri. Così per le altre coppie.

---

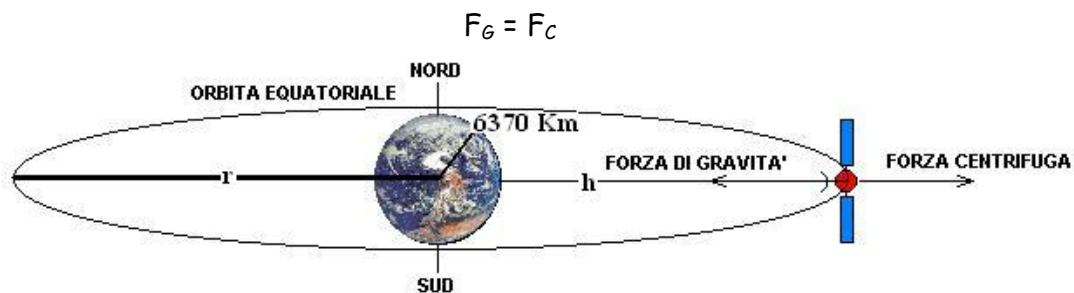
## ALTEZZA DI UN SATELLITE GEOSTAZIONARIO

Vengono definiti satelliti geostazionari i satelliti che ruotano attorno alla terra mantenendo costante il punto d'osservazione e che quindi si muovono con una velocità angolare pari a quella del nostro pianeta.

Per far sì che ciò avvenga bisogna che vengano rispettate le seguenti equazioni:

$$\begin{cases} T = R \\ F_G = F_C \end{cases} \quad \begin{array}{ll} T = \text{Trazione} & R = \text{Resistenza} \\ F_G = \text{Forza di Gravità} & F_C = \text{Forza Centrifuga} \end{array}$$

Trattandosi di un moto eseguito al di fuori dell'atmosfera terrestre non c'è l'influenza della resistenza e quindi non è necessario che vi sia trazione, di conseguenza l'unica equazione da verificare risulta essere:



Poiché la forza di gravità e la forza centrifuga risultano essere:

$$F_G = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad F_C = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Si avrà che:

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Di conseguenza:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{\omega^2}}$$

Conoscendo i valori di G, M, e calcolando la velocità angolare  $\omega$  come segue:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg}^2 \quad M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} \simeq 7,28 \cdot 10^{-5} \text{ rad/sec}$$

Posti tali dati riusciremo a calcolare il raggio di rotazione dell'orbita e quindi l'altezza h sopra la superficie terrestre.

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{(7,28 \cdot 10^{-5})^2}} \simeq 42220000 \text{ m} = 42220 \text{ Km}$$

$$h = r - 6370 = 35850 \text{ Km}$$

---

## **RICHIAMATA**

Con il termine richiamata ci si riferisce alla manovra effettuata dall'aeromobile in seguito ad una picchiata durante la quale il velivolo, mantenendo il baricentro nel suo piano verticale, assume una traiettoria orizzontale, oppure in salita, descrivendo una curva concava verso l'alto; nel caso in cui la curva fosse rivolta verso il basso si parlerà di affondata.

Durante la richiamata il velivolo descrive un moto vario ma considerandolo istante per istante, cioè in un tempo infinitamente piccolo  $dt$ , le forze che agiscono su di esso risultano essere:

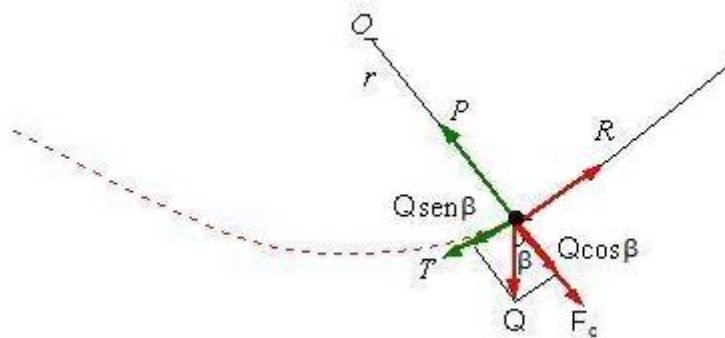
T = Trazione

R = Resistenza

P = Portanza

$F_c$  = Forza Centrifuga

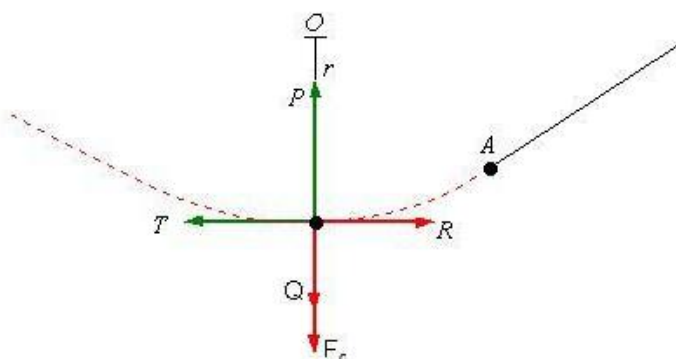
$$\text{Dove } F_c = \frac{Q}{g} \frac{V^2}{r} \quad r = \text{raggio della curva}$$



Dallo schema sopra riportato è possibile identificare le equazioni di equilibrio della richiamata:

$$\begin{cases} T \pm Q \sin \beta = R \\ P = Q \cos \beta + F_c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T \pm Q \sin \beta = R \\ P = Q \cos \beta + \frac{Q}{g} \frac{V^2}{r} \end{cases}$$

Considerando il punto più basso della curva, dove l'angolo  $\beta$  risulta essere pari a zero e quindi rispettivamente  $\cos \beta = 1$  e  $\sin \beta = 0$  le equazioni di equilibrio cambieranno e di conseguenza anche il grafico.



$$\begin{cases} T = R \\ P = Q + \frac{Q}{g} \frac{V^2}{r} = Q \left( 1 + \frac{V^2}{g r} \right) \end{cases}$$

---

Da quanto sopra esposto si può notare come nella seconda equazione il peso e la forza centrifuga si sommino e di conseguenza l'aeromobile risulti essere sottoposto alla massima sollecitazione. Il velivolo subisce dunque il maggior fattore di carico durante questo momento della manovra, fattore da tenere in considerazione in fase di costruzione.

Essendo il fattore di carico il rapporto tra la portanza ed il peso possiamo scrivere quanto segue:

$$n = \frac{P}{Q} = 1 + \frac{V^2}{g r}$$

Conoscendo tale formula una volta fissato il coefficiente di contingenza, ovvero il limite massimo del fattore di carico, si è in grado di determinare il raggio minimo o la velocità massima a cui è possibile effettuare la richiamata.

$$r_{\min} = \frac{V^2}{g (n_{\max} - 1)} \qquad V_{\max} = \sqrt{r g (n_{\max} - 1)}$$

---

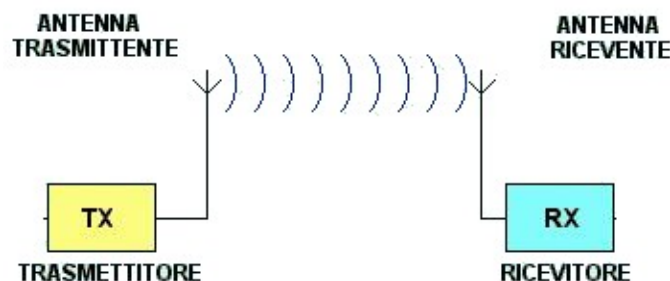
## ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde elettromagnetiche ( OEM ) sono i segnali elettrici che vengono trasmessi nei sistemi di telecomunicazione.

Questo particolare tipo di onda è detta CONVOGLIATA se il mezzo trasmissivo è formato da cavi, IRRADIATA se il mezzo trasmissivo è rappresentato dall'aria. Le onde irradiate sono quelle usate per le comunicazioni terrestri e satellitari.

Un sistema di trasmissione di tipo IRRADIATO è formato da tre blocchi::

- TRASMETTITORE (Tx) : l'apparecchio che tramite un'antenna trasmette nello spazio le onde elettromagnetiche.
- RICEVITORE (Rx) : il blocco che tramite un'antenna riceve le onde elettromagnetiche presenti nelle sue vicinanze.
- MEZZO TRASMISSIVO : coincide con lo spazio esistente fra trasmettitore e ricevitore.



La velocità con cui si propagano le onde OEM è uguale alla velocità della luce, la quale però può variare nel mezzo trasmissivo a seconda della densità.

Velocità di propagazione del mezzo

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Velocità luce

Densità del mezzo trasmissivo

La classificazione delle OEM viene fatta in due modi::

- In funzione della frequenza del segnale, si parla di OEM a bassa, media, alta e altissima frequenza.
- In funzione della lunghezza d'onda del segnale (  $\lambda$  ) cioè dello spazio percorso dalle OEM in un periodo ( T )

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot \frac{1}{f} = \frac{c}{f} \Rightarrow f \cdot \lambda = c$$

Le grandezze f (frequenza) e  $\lambda$  (lunghezza d'onda) sono inversamente proporzionali:  
all'aumentare di una diminuisce rispettivamente l'altra



---

Le onde elettromagnetiche irradiate si dividono in :

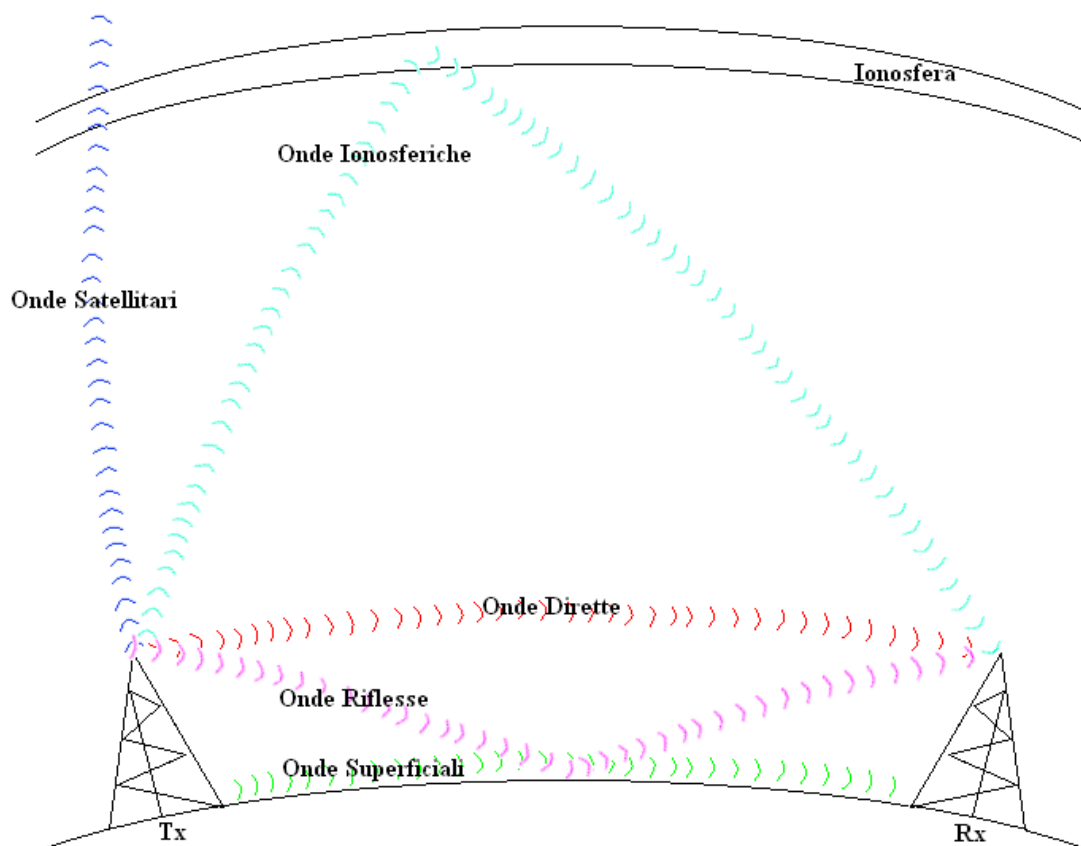
- A) OEM TERRESTRI: sono segnali trasmessi in prossimità della terra e quindi risentono delle caratteristiche del terreno e dell'atmosfera attorno alla terra.
- B) OEM SPAZIALI: si propagano nello spazio e risentono unicamente dei diversi strati di atmosfera che attraversano.

Le OEM terrestri a loro volta si distinguono in :

- 1) ONDE SUPERFICIALI
- 2) ONDE RIFLESSE DAL SUOLO
- 3) ONDE DIRETTE

Le OEM spaziali sono classificate in :

- 4) ONDE IONOSFERICHE
- 5) ONDE SATELLITARI



---

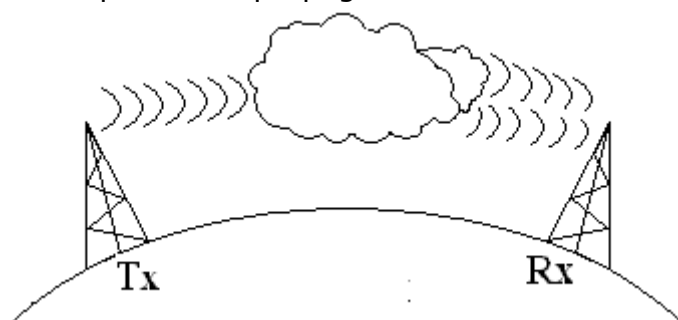
## **Onde Superficiali**

Queste OEM seguono la superficie terrestre superando le asperità del terreno e i corsi d'acqua. Sono molto condizionate nella loro attenuazione dalla conducibilità del terreno. Si è dimostrato che tale attenuazione aumenta all'aumentare della frequenza ed è maggiore al suolo che sul mare. La propagazione di queste OEM è limitata alle basse frequenze (LF - low frequency) e alle bassissime frequenze (VLF - very low frequency). L'onda per propagarsi è bene che sia polarizzata verticalmente ossia che il campo elettrico risulti perpendicolare al suolo. Poiché la superficie del mare attenua poco questo tipo di onde, le Onde Superficiali sono usate principalmente per le comunicazioni nautiche. Si possono coprire distanze che vanno da 600 a 10000 km; erano utilizzate per i radiofari LORAN, ora sostituiti dal GPS. Sono tuttavia trasmissioni disturbate in quanto si svolgono in una zona dell'atmosfera in cui ci sono rumori e disturbi dovuti a effetti meteorologici.

## **Onde Riflesse Dal Suolo**

Le OEM riflesse dal suolo non inviano direttamente il segnale dal Tx all'Rx ma questo viene riflesso dal suolo; in questo caso il ricevitore assorbe due tipi di segnali: l'onda diretta e l'onda riflessa, sfasate fra di loro. Infatti l'onda riflessa percorre un cammino maggiore generando il fenomeno di fading. Questo problema porta ad avere un segnale che non è "nitido" e viene compensato con circuiti che variano il loro guadagno al variare delle differenze tra l'onda diretta e l'onda riflessa. Oltre ai segnali suddetti esistono anche due tipi di propagazione terrestre, anche se le loro applicazioni sono limitate e alcune volte sono condizionate dalle condizioni meteo.

FENOMENO DELLA DIFFUSIONE, chiamato anche SCATTERING TROPOSFERICO, questo tipo di propagazione avviene quando l'OEM trova zone di perturbazione che provocano fluttuazioni dell'indice di rifrazione dell'aria con conseguenti rifrazioni anomale. Per questo esistono centri mobili di diffusione per le OEM che hanno il vantaggio di aumentare la portata di propagazione.

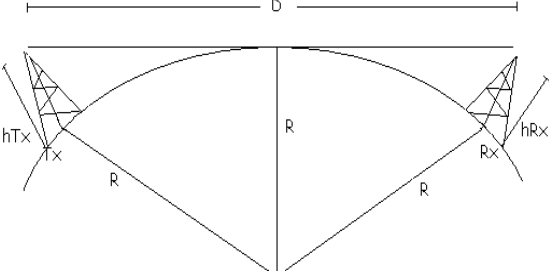


FENOMENO DELLA DIFFRAZIONE, questo fenomeno si ha quando l'OEM è intercettata dal suolo in modo tangenziale o da ostacoli presenti sul cammino di propagazione. Il risultato è quello di avere delle nuove onde elettromagnetiche irradiate in funzione delle caratteristiche dell'ostacolo e della loro posizione geometrica. Questi due tipi di trasmissione permettono di avere trasmissioni di segnali oltre l'orizzonte ottico e quindi mettere in contatto TX e RX che non si vedono.

---

## Onde Dirette

Le OEM dirette viaggiano direttamente dal trasmettitore al ricevitore, teoricamente in modo rettilineo. In realtà hanno un andamento curvilineo che segue in pratica la superficie terrestre. Questo fatto è dovuto alla rifrazione delle onde nell'atmosfera. Teoricamente il trasmettitore e il ricevitore devono essere tra loro visibili e lo spazio che intercorre fra i due viene chiamato orizzonte ottico.


$$\begin{aligned} D &= \sqrt{(R+hTx)^2 - R^2} + \sqrt{(R+hRx)^2 - R^2} = \\ &= \sqrt{R^2 + 2RhTx + hTx^2 - R^2} + \sqrt{R^2 + 2RhRx + hRx^2 - R^2} = \\ &= \sqrt{2RhTx + \cancel{hTx^2}} + \sqrt{2RhRx + \cancel{hRx^2}} = \\ &= \sqrt{2RhTx} + \sqrt{2RhRx} \end{aligned}$$

I quadrati delle altezze risultano trascurabili

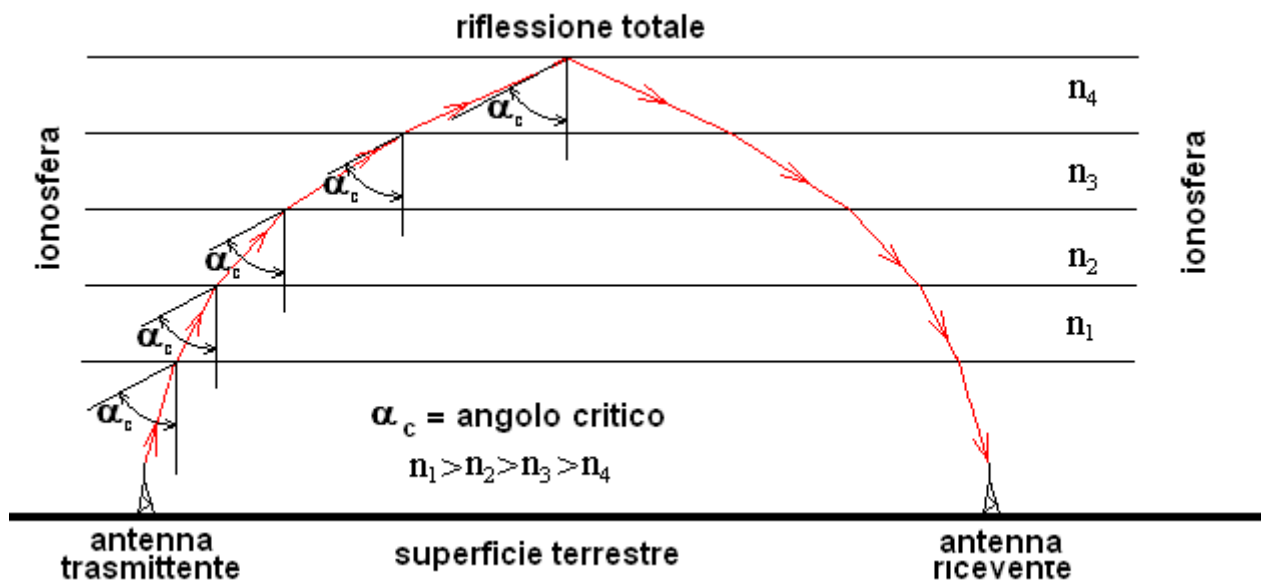
## Onde Ionosferiche

In relazione alla natura del mezzo trasmissivo cioè l'atmosfera, i fenomeni della propagazione delle OEM possono subire variazioni. Possiamo distinguere l'atmosfera in tre fasce:

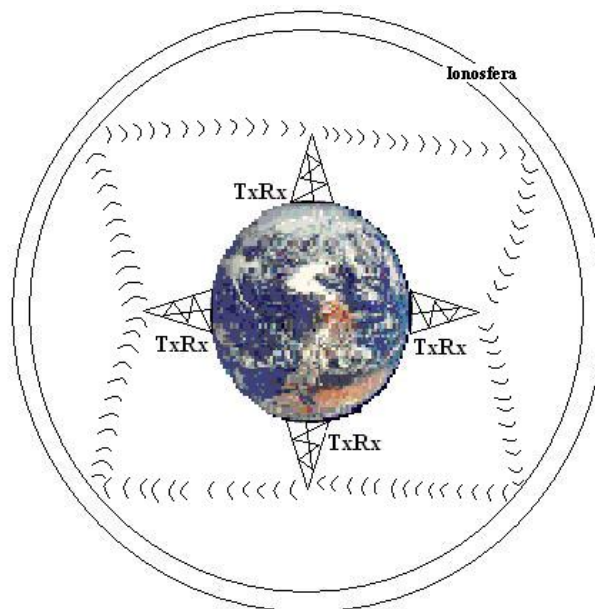
- TROPOSFERA si estende circa 12 km sopra la crosta terrestre ed in questa zona i fenomeni meteo influenzano notevolmente le condizioni di propagazione. La densità dell'aria è molto elevata e la temperatura decresce salendo. Questa zona influenza le onde superficiali e quelle riflesse.

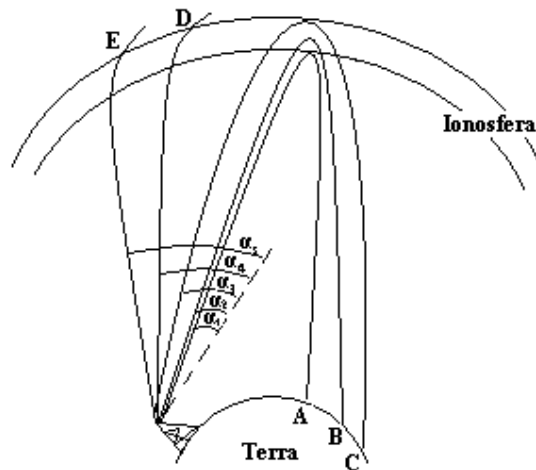
- STRATOSFERA va da circa 12 km a 70 km e al crescere dell'altezza si ha la progressiva rarefazione dell'aria. E' una zona detta anche isoterma in cui la temperatura si ritiene praticamente costante. In questa zona si propagano soprattutto le onde dirette.

- IONOSFERA va da 70 km a circa 600 km di altezza. In questa zona sono presenti un gran numero di cariche elettriche ( elettroni e ioni ) che determinano le condizioni di propagazione tramite l'assorbimento dell'energia dell'onda elettromagnetica e la deviazione delle traiettorie delle onde. Questo strato è fortemente ionizzato a causa delle radiazioni ultraviolette provenienti dal sole. La parte superiore della ionosfera è più ionizzata rispetto all'inferiore e la presenza o meno del sole determina valori diversi di propagazione. É per esempio noto che di notte le trasmissioni sono migliori che durante il giorno. Il meccanismo principale della propagazione ionosferica è quella della rifrazione, allo stesso modo di come avviene nelle fibre ottiche. Le OEM che riescono a passare oltre alla stratosfera entrano nella ionosfera, la quale ha un indice di rifrazione inferiore rispetto alla stratosfera. All'interno della ionosfera possiamo immaginare tanti strati con l'indice di rifrazione che aumenta man mano che ci si sposti verso l'alto. Quando l'angolo di incidenza di uno strato risulta maggiore o uguale all'angolo critico le onde vengono riflesse sulla terra e quindi ritornano al ricevitore.



Utilizzando onde ionosferiche si riesce a superare la curvatura terrestre utilizzando un sistema di ricezione e ritrasmissione delle OEM.





Il trasmettitore irradia diverse OEM che hanno angoli di irradiazione  $\alpha$  diversi e frequenza diversa; in particolare l'angolo  $\alpha$  e la frequenza di A sono minori di quelle relative alle OEM di B che a sua volta sono minori di tutte le altre. Nel nostro caso le tre onde A, B, C sono totalmente riflesse dalla ionosfera e coprono distanza via via maggiori. La frequenza invece delle onde D ed E, essendo maggiore della frequenza critica, perfora la ionosfera e le onde si disperdono nello spazio. Quest'ultimo tipo di onde vengono usate per le comunicazioni satellitari.

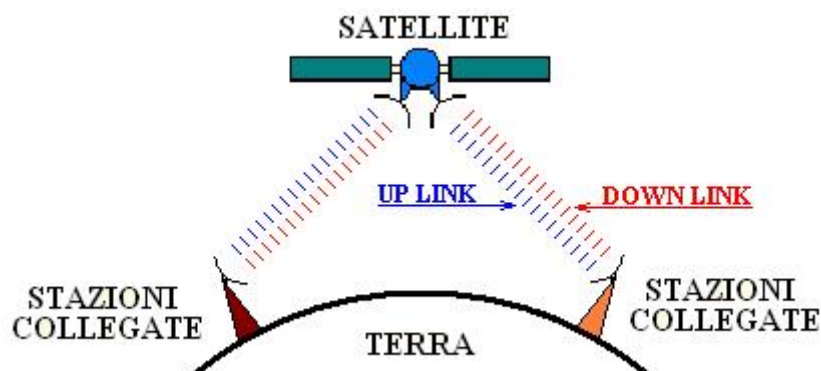


Viene chiamata SKIP la distanza fra il Tx e la prima onda riflessa ionosferica. Può succedere che tra il Tx e la fine dello skip ci sia una zona d'ombra o di silenzio definita dalla differenza fra lo skip e la fine della propagazione delle onde superficiali.

---

## Onde Satellitari

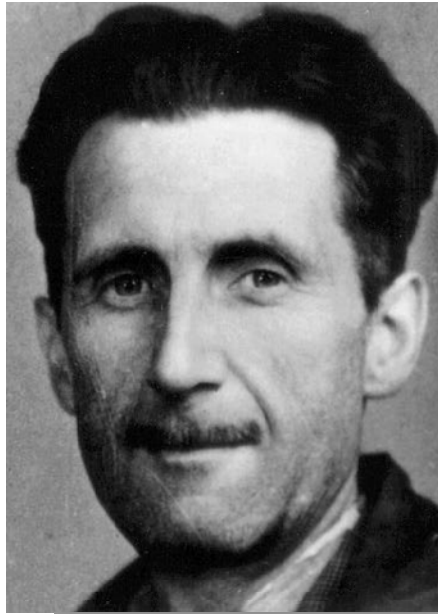
L'ultima tecnica di propagazione delle OEM utilizza particolari onde radio spaziali chiamati anche satellitari . Le onde che giungono ai satelliti sono quelle che riescono a bucare la ionosfera e quindi hanno una frequenza maggiore di quella critica, cioè la frequenza massima a cui le onde ionosferiche riescono ad essere riflesse. Tale frequenza è dell'ordine dei GHz. Il satellite viene posto su un'orbita geostazionaria in modo che ruoti in sincronia con la terra e la sua posizione rimanga fissa rispetto alla verticale di un dato punto sulla superficie. Ciò è possibile se viene posto su un'orbita di altitudine 35850 Km. Un trasmettitore terrestre invia per mezzo di una antenna un segnale che supera la ionosfera e raggiunge l'antenna del satellite. A sua volta l'antenna del satellite amplifica il segnale e lo rispedisce sulla terra. La frequenza di trasmissione terra satellite (UP-LINK) è diversa da quella satellite terra (DOWN-LINK). Ciò per prevenire interferenze fra i due segnali . Le frequenze del segnale vanno da 1GHz a 40GHz; questo tipo di propagazione consente di realizzare trasmissioni su ampia superficie terrestre senza la necessità di ripetitori. In questo modo bastano alcuni satelliti per poter garantire la copertura radio di tutto il globo terrestre.





---

## GEORGE ORWELL



George Orwell was born in Motihari, Bengal, India on the 25<sup>th</sup> of June 1903 and his real name was Eric Blair. His father was a custom official and his mother, which was about eighteen years younger than her husband, was the daughter of a tea-merchant.

In 1907, when Orwell was about eight years old, the family returned to England and with some difficulty, George's parents sent their son to a private school in Sussex. At the age of thirteen he won a scholarship to Wellington, and then, another to Eton. From 1922 to 1927 he served in Britain's imperial police force in India; this experience had a great important on him, in fact, it was reflected in his first novel *Burmese Days*, published in 1934 in London.

Orwell went to Europe and lived as a tramp, working low paid jobs in England and France, where his aunt lived.

In that period Orwell took up a series of jobs to support himself while his work, writers, continued to be rejected by publisher.

Later, in 1933, Orwell wrote *Down and*

George Orwell nacque a Mothinari. Bengala, India il 25 giugno 1903 ed il suo vero nome era Eric Blair. Suo padre era un ufficiale funzionario e sua madre, la quale era più giovane di diciotto anni rispetto al marito, era la figlia di un mercante di tè.

Nel 1907, quando Orwell aveva circa otto anni, la famiglia tornò in Inghilterra e con qualche difficoltà, i genitori di George lo mandarono in una scuola privata a Sussex. All'età di tredici anni vinse una borsa di studio per Wellington, e poi una per Eton.

Dal 1922 al 1927 fece parte della polizia imperiale inglese in India; questa esperienza ebbe una notevole importanza per lui, infatti, ciò viene riflesso nel suo primo romanzo *Giorni del Bornio*, pubblicato nel 1934 a Londra.

Orwell tornò in Europa e li visse da vagabondo, facendo dei piccoli lavoretti tra Inghilterra e Francia dove viveva la zia.

In quel periodo Orwell fece una serie di lavori per sopravvivere mentre il suo lavoro, scrittore, continuava ad essere rifiutati dagli editori.

Più tardi, nel 1933, Orwell scrisse *Su e*

---

*Out in Paris and London*, it is a kind of documentary account in which he describes the conditions of poverty Orwell lived in at this time.

In the years leading up to the war he published both fiction and journalism. In few novels he reflected his social beliefs, such as *A Clergyman's Daughter* (1935) and *Keep the Aspidistra Flying* (1936).

Later, during the Spanish Civil War Orwell fought for the Republicans against the Fascists led by General Franco, an experience that helped him to produce *Homage to Catalonia* (1938).

Towards the end of the Second World War, Orwell went to Europe as a reporter but not only, in fact one of his most known writings was written in this years, it is *Animal Farm* (1945), it is a satirical allegory novel about Russian Revolution of Stalin.

In 1945 he went to the island of Jura off the Scottish coast, and settled there.

The island's climate was unsuitable for someone suffering from tuberculosis and his last written, *Nineteen Eighty-Four* reflects the drabness of human suffering and the shame of pain. Later that year he married Sonia Brownell and then, he died on the 21<sup>st</sup> of January 1950.

*Giù per Parigi e Londra*, una sorta di documentario nel quale descrive le condizioni della povertà in cui viveva in questo periodo.

Negli anni prima della guerra lui pubblicò sia romanzi che articoli di giornale. In alcuni romanzi lui rispecchia le credenze sociali così come in *Figlia di un Prete* (1935) e *Fiorirà l'Aspidistra* (1936).

Più tardi, durante la guerra civile spagnola Orwell combatte con i repubblicani contro i fascisti guidati dal generale Franco, esperienza che lo aiutò a scrivere *Omaggio alla Catalogna* (1938).

Verso la fine della seconda guerra mondiale Orwell andò in Europa come giornalista, ma non solo, infatti uno dei suoi scritti più conosciuti viene scritto in questo periodo, *La Fattoria degli Animali* (1945), è un romanzo satirico allegorico nei confronti della rivoluzione russa di Stalin.

Nel 1945 andò nell'isola di Jura, sulla costa scozzese e vi si stabilì.

Il clima dell'isola era insopportabile per chi soffrisse di tubercolosi e il suo ultimo scritto, *Millenovecentoottantaquattro* riflette la monotonia della sofferenza umana e la vergogna della pena. Lo stesso anno sposò Sonia Brownell e poi, il 21 gennaio 1950 morì.

---

## Nineteen Eighty-Four

Nineteen Eighty-Four describes a nightmarish totalitarian world in which every aspect of the individual's life is controlled by the omnipresent eyes and ears of the state.

This novel is about Winston Smith, a typical anti-hero, that fight against the rules of his society, dreaming of obsolete values such as truth and decency.

His rebellion, which takes the pathetic form of an illicit love with a woman dissenter, Julia, has sad conclusion, Smith is arrested by the Thought Police.

Winston, after being tortured for month in the famous room 101, make a voluntary confession on his "crime", implicating Julia in the process.

Nineteen Eight-Four is the inversion of the year in which it was written, 1948.

In this way Orwell set the story in a totalitarian world in the future, reflecting a society of control, dominated by mass media propaganda and reinforced by an all-powerful police state. Important is the use of paradoxical slogans of "doublespeak" like "war is peace", "love is hate" and "freedom is slavery"; with this expressions Orwell show the contradiction of the state, which distort the reality and truth, keeping the people under constant surveillance, everywhere there are images of the nation's phantasmic leader along with signs saying "Big Brother is Watching You". In fact it isn't so different from our world where mass-media serve the interest of the dominant economic powers.

Nowadays there are the same doublespeak like in 1984, we use the term war is peace like our expression humanitarian war.

The view that Orwell had in 1948 about the world isn't so different like it is today.

## Millenovecentoottantaquattro

Millenovecentoottantaquattro describe un mondo totalitario da incubo nel quale ogni aspetto della vita individuale è controllato dagli occhi e dalle orecchie onnipresenti dello stato.

Questo romanzo narra di Winston Smith, un tipico antieroe, che combatte contro le regole della sua società, sognando dei valori obsoleti come la verità e la decenza.

La sua ribellione, che prende una patetica forma con l'amore per una dissidente, Julia, ha una brutta fine, Smith viene arrestato dalla psicopolizia.

Winston, dopo esser stato torturato per mesi nella famosa cella 101, fa una confessione volontaria del suo "crimine", implicando Julia nel processo.

Millenovecentoottantaquattro è l'inversione dell'anno in cui venne scritta, 1948.

In questo modo Orwell ambienta la storia in un mondo totalitario nel futuro, riflettendo una società di controllo, dominata dalla propaganda dei mass-media e rinforzato dalla potenza della polizia di stato. Importante è l'uso di slogan paradossali a doppio senso come "guerra è pace", "amore è odio" e "libertà è schiavitù"; con queste espressioni Orwell mostra la contraddizione che dimostra lo stato, il quale distorce la realtà e la verità, tenendo le persone sotto costante controllo, ovunque ci sono immagini di un leader della nazione con scritto "Il grande fratello ti sta guardando"; ciò risulta essere poco differente dal nostro mondo in cui i mass-media servono l'interesse dei potenti dominatori economici.

Oggigiorno ci sono alcuni doppi sensi come in 1984, noi usiamo il termine guerra è pace come guerra umanitaria.

La visione che Orwell aveva nel 1948 del mondo non è così differente da come lo è oggi.

---

## **GIACOMO LEOPARDI**



Giacomo Leopardi nasce a Recanati, nelle Marche, il 29 giugno 1798, primogenito di nove fratelli di cui solo cinque sopravvissuti. Figlio del conte Monaldo e Adelaide Antici, Leopardi sin da piccolo riesce ad accedere e utilizzare la ricca biblioteca del padre, letterato e storico, grazie alla quale riesce ad avvicinarsi alla cultura con l'aiuto del precettore gesuita Sanchini, ed all'età di nove anni prosegue gli studi da autodidatta. Dal 1809 Leopardi inizia quelli che vengono definiti i sette anni di studio "matto e disperatissimo" grazie ai quali riesce a divenire un ragazzo prodigio, ma allo stesso tempo danneggia la propria salute in modo irreparabile.

In questo primo periodo della vita Leopardi mira in pieno all'erudizione, al raggiungimento della massima conoscenza. È proprio in questi anni, infatti, che compone i primi scritti quali la *Storia dell'astronomia* ed il *Saggio sopra gli errori*, oltre a numerose traduzioni poetiche dal latino e dal greco, tra le quali in particolare il primo libro dell'*Odissea* di Omero ed il secondo libro dell'*Eneide* di Virgilio.

In seguito a questo accostamento alla conoscenza, Leopardi affronta la sua prima grande conversione, "dall'erudizione al bello" (1817), rendendosi conto che il sapere senza la bellezza, non è sufficiente per avvicinarsi alla poesia; inoltre si allontana anche dalla religione per avvicinarsi maggiormente alla ragione e alla filosofia.

Nel 1817 Leopardi scrive il primo componimento giovanile, *Il primo amore*, che entrerà a far parte dei *Canti*, e nello stesso anno pubblica le prime due canzoni, *All'Italia* e *Sopra il monumento di Dante*.

Nel 1819 tenta di fuggire dalla chiusura dell'ambiente familiare, ma il suo progetto viene sventato dal padre; è a questi anni che risalgono i componimenti dei piccoli idilli, come ad esempio *L'infinito*.

---

Fondamentale è il passaggio che viene definito come la seconda conversione “dal bello al vero”, dovuto alla consapevolezza del dolore umano, della sofferenza, con il conseguente intensificarsi delle sue elaborazioni filosofiche, tra cui la teoria del piacere, che in Leopardi riveste un ruolo fondamentale, con cui dimostra come tutti cerchino la salute, la giovinezza e la felicità eterne ma dimostra la malvagità della “natura”, la quale dona poco di tutto ciò per poi far comprendere all’uomo che tutta l’esistenza è solo un’enorme sofferenza.

Nell’autunno del 1822 cresce in Leopardi il rancore nei confronti della città natale Recanati, individuando in essa la causa della sua infelicità; spostandosi a Roma dallo zio materno inizia un periodo di grandi viaggi che lo vedranno passare per Milano, Firenze e Bologna conoscendo molti grandi autori quali Alessandro Manzoni e il poeta napoletano Antonio Ranieri.

Il soggiorno a Roma si rivela però una totale delusione quindi, rientrando a Recanati ancora più chiuso in sé stesso, inizia la composizione delle *Operette Morali* nel 1824 e dello *Zibaldone* 1824-26.

Le *Operette Morali* sono prose per lo più formate da dialoghi, che in Leopardi rivestono un ruolo significativo. Infatti segnano il passaggio dal pessimismo storico, secondo cui l’uomo e la ragione risultano essere la causa dell’infelicità umana con una visione della natura benigna, ed il pessimismo cosmico, che al contrario, reputa la natura matrigna, causa della sofferenza umana. Le stesse gioie secondo Leopardi possono essere distinte in due tipi: da una parte l’aspettativa di una gioia futura, così come mostra in *Il sabato del villaggio*, e secondo un altro punto di vista come fine di una sofferenza, tematica sviluppata nella *Quiete dopo la tempesta*.

Tra le *Operette Morali* più importanti troviamo il *Dialogo della natura ad un Islandese*, seguito da i *Canti Pisano-Recanatesi* o *Grandi Idilli*, differenziati dai *Piccoli Idilli* in quanto scritti dopo il 1828, tra cui *A Silvia*, il *Canto notturno di un pastore errante dell’Asia*, *Il Sabato del villaggio*, *La quiete dopo la tempesta* e tanti altri.

Lo *Zibaldone*, invece, è un diario spirituale in cui Leopardi esprime il suo pensiero filosofico; tale componimento riveste un ruolo fondamentale per comprendere al meglio alcuni dei suoi componimenti dei *Canti*, perché in questo manoscritto espone pienamente le proprie idee e concezioni.

Nel 1833 Leopardi raggiunge l’amico Ranieri a Napoli dove trascorre gli ultimi quattro anni della sua vita. In questo periodo continua a comporre grandi opere tra le quali la più nota è *La Ginestra* del 1836, un testamento spirituale di 317 versi in cui Leopardi espone un possibile rimedio alla sofferenza: l’amore tra gli uomini inteso come aiuto reciproco. Alcuni ritengono che questa visione sia identificabile come una sorta di terzo pessimismo, quello eroico, basato appunto sulla solidarietà umana.

Leopardi muore il 14 giugno 1837 all’età di 39 anni a Fuorigrotta durante un epidemia di colera e viene sepolto nella chiesa di San Vitale; i suoi resti verranno poi trasferiti nel 1839 nei pressi della tomba di Virgilio, Margellina (Napoli).

---

## **Canto di Un Pastore Errante Dell'Asia Alla Luna**

Il canto chiude cronologicamente la stagione dei grandi idilli; la sua stesura ha avuto inizio il 22 ottobre e viene concluso il 9 aprile 1830, caratterizzando uno dei momenti chiave del pensiero Leopardiano.

Per la stesura del canto Leopardi si basò su una notizia comparsa nel "Journal des Savants" in cui il barone e viaggiatore russo Meyendorff riferiva l'abitudine di alcuni pastori dell'Asia di trascorrere le notti su un sasso a contemplare la luna.

Il colloquio del pastore con la luna si sviluppa in sei parti di differente lunghezza, miste di endecasillabi e settenari liberamente rimati, ad eccezione degli ultimi versi di ogni strofa che rimano tutti in -ale e ribadiscono l'infelicità del pastore.

Con questo componimento, definito dalla critica come "idillio degli idilli" Leopardi si stacca dai soliti luoghi per narrare dell'Asia pur rimarcando costantemente la sofferenza umana.

Che fai tu, luna, in ciel? dimmi, che fai,  
silenziosa luna?  
Sorgi la sera, e vai,  
contemplando i deserti; indi ti posi.  
Ancor non sei tu paga  
di riandare i sempiterni calli?  
ancor non prendi a schivo, ancor sei vaga  
di mirar queste valli?  
Somiglia alla tua vita  
la vita del pastore.  
Sorge in sul primo albore  
move la greggia oltre pel campo, e vede  
greggi, fontane ed erbe;  
poi stanco si riposa in su la sera:  
altro mai non ispera.  
Dimmi, o luna: a che vale  
al pastor la sua vita,  
la vostra vita a voi? dimmi: ove tende  
questo vagar mio breve,  
il tuo corso immortale?

Vecchierel bianco, infermo,  
mezzo vestito e scalzo,  
con gravissimo fascio in su le spalle,  
per montagna e per valle,  
rer sassi acuti, ed alta rena, e fratte,  
al vento, alla tempesta, e quando avvampa  
l'ora, e quando poi gela,  
corre via, corre, anela,  
varca torrenti e stagni,  
cade, risorge, e più e più s'affretta,  
senza posa o ristoro,

Luna cosa fai nel cielo? Dimmi, cosa fai,  
luna silenziosa?  
Sorgi la sera, e vai  
illuminando i deserti; per poi tramontare.  
Non sei ancora stanca  
dei sentieri celesti che percorri?  
Non provi affatto noia, sei ancora  
desiderosa di ammirare queste valli ?  
La vita del pastore  
è simile alla tua vita.  
Si alza di primo mattino  
e spinge il gregge oltre il suo campo, e  
vede gli altre greggi, fonti d'acqua e prati;  
infine stanco si riposa alla sera:  
non spera nient'altro.  
Dimmi o luna, che significato ha  
la vita del pastore,  
e la vostra vita per voi? Dimmi: dove è  
destinato questo mio breve vagare,  
ad il tuo percorso immortale ?

Un vecchio coi capelli bianchi, malato,  
mal vestito e scalzo,  
con un pesantissimo fardello sulle spalle,  
(che va) per montagne e valli,  
attraverso sassi sporgenti, sabbia e  
cespugli, con vento e con tempesta, (sia  
d'estate) quando fa caldo, (sia d'inverno)  
quando tutto gela, corre via, si affretta ed  
ansima per la fatica, attraversa torrenti e  
paludi, cade, si rialza, e si rimette poi in  
cammino senza riposarsi mai,



---

lacero, sanguinoso; infin ch'arriva  
colà dove la via  
e dove il tanto affaticar fu volto:  
abisso orrido, immenso,  
ov'ei precipitando, il tutto obblia.  
Vergine luna, tale  
è la vita mortale.

Nasce l'uomo a fatica,  
ed è rischio di morte il nascimento.  
Prova pena e tormento  
per prima cosa; e in sul principio stesso  
la madre e il genitore  
il prende a consolar dell'esser nato.  
Poi che crescendo viene,  
l'uno e l'altro il sostiene, e via pur sempre  
con atti e con parole  
studiasi fargli core,  
e consolarlo dell'umano stato:  
altro ufficio più grato  
non si fa da parenti alla lor prole.  
Ma perché dare al sole,  
perché reggere in vita  
chi poi di quella consolar convenga?  
Se la vita è sventura,  
perché da noi si dura?  
Intatta luna, tale  
è lo stato mortale.  
Ma tu mortal non sei,  
e forse del mio dir poco ti cale.

Pur tu, solinga, eterna peregrina,  
che sì pensosa sei, tu forse intendi,  
questo viver terreno,  
il patir nostro, il sospirar, che sia;  
che sia questo morir, questo supremo  
scolorar del sembiante,  
e perir dalla terra, e venir meno  
ad ogni usata, amante compagnia.  
E tu certo comprendi  
il perché delle cose, e vedi il frutto  
del mattin, della sera,  
del tacito, infinito andar del tempo.  
Tu sai, tu certo, a qual suo dolce amore  
rida la primavera,  
a chi giovi l'ardore, e che procacci  
il verno co' suoi ghiacci.  
Mille cose sai tu, mille discopri,  
che son celate al semplice pastore.

lacero e sanguinante; fino a quando arriva  
dove lo parta la strada,  
dove tutte le sue fatiche furono indirizzate:  
un orrido abisso (morte), immenso,  
nel quale, precipitando, dimentica ogni cosa.  
Intatta Luna, questa  
è la vita degli uomini.

L'uomo nasce a fatica,  
e già la nascita e rischio di morte.  
Per prima cosa prova angoscia e sofferenza;  
e già in principio  
i genitori  
cercano di consolarlo per essere nato.  
Poi man mano che cresce,  
l'un l'altro lo sostengono e così,  
continuamente con gesti e parole  
cercano di aiutarlo,  
e consolarlo dello stato umano:  
non viene fatto un altro compito  
più grato ai propri figli.  
Ma perché far nascere,  
perché mantenere poi in vita  
chi bisogna in seguito consolare di essere  
nato? Se la vita è sventura,  
perché la facciamo durare?  
Integra Luna, tale  
è la condizione degli uomini.  
Ma tu non sei mortale  
e forse poco ti importa delle mie parole.

Eppure tu, solitaria, eterna pellegrina,  
che sei così pensierosa, tu forse capisci  
che cosa sia questa vita terrena,  
le nostre sofferenze, i sospiri, che cosa siano;  
cosa sia questo morire, questo estremo  
scolorare delle nostre sembianze,  
questo perire della terra, e il venir meno  
a ogni solita compagnia di amici.  
E tu sicuramente capisci  
il perché delle cose, e vedi l'utilità  
del mattino, della sera,  
del silenzioso incessante passare del tempo.  
Tu sai, certamente, a qual suo dolce amore  
sorrida la primavera,  
a chi sia d'aiuto il caldo, e che cosa procuri  
l'inverno con i suoi ghiacciai.  
Tu conosci mille cose, e mille ne scopri,  
che sono nascoste al semplice pastore.

---

spesso quand'io ti miro  
star così muta in sul deserto piano,  
che, in suo giro lontano, al ciel confina;  
ovver con la mia greggia  
seguirmi viaggiando a mano a mano;  
e quando miro in cielo arder le stelle;  
dico fra me pensando:  
a che tante facelle?  
che fa l'aria infinita, e quel profondo  
infinito Seren? che vuol dir questa  
solitudine immensa? ed io che sono?  
Così meco ragiono: e della stanza  
smisurata e superba,  
e dell'innumerabile famiglia;  
poi di tanto adoprar, di tanti moti  
d'ogni celeste, ogni terrena cosa,  
girando senza posa,  
per tornar sempre là donde son mosse;  
uso alcuno, alcun frutto  
indovinar non so. Ma tu per certo,  
giovinetta immortal, conosci il tutto.  
Questo io conosco e sento,  
che degli eterni giri,  
che dell'esser mio frale,  
qualche bene o contento  
avrà fors'altri; a me la vita è male.

O greggia mia che posi, oh te beata,  
che la miseria tua, credo, non sai!  
Quanta invidia ti porto!  
Non sol perché d'affanno  
quasi libera vai;  
ch'ogni stento, ogni danno,  
ogni estremo timor subito scordi;  
ma più perché giammai tedio non provi.  
Quando tu siedi all'ombra, sovra l'erbe,  
tu se' queta e contenta;  
e gran parte dell'anno  
senza noia consumi in quello stato.  
Ed io pur seggo sovra l'erbe, all'ombra,  
e un fastidio m'ingombra  
la mente, ed uno spron quasi mi punge  
sì che, sedendo, più che mai son lunge  
da trovar pace o loco.  
E pur nulla non bramo,  
e non ho fino a qui cagion di pianto.  
Quel che tu goda o quanto,  
non so già dir; ma fortunata sei.  
Ed io godo ancor poco,  
o greggia mia, né di ciò sol mi lagno.

spesso quando ti ammiro  
stare silenziosa sulla solitario deserto,  
che all'orizzonte confina con il cielo;  
ovvero con il mio gregge  
mi segui mentre viaggio;  
quando ammiro le stelle brillare nel cielo;  
dico pensando fra me:  
che fanno tante luci ?  
che cosa fa l'aria infinita e quel profondo  
sereno infinito ? Che cosa significa questa  
solitudine immensa ? E io che cosa sono?  
Così ragiono tra me: e della stanza  
immensa e superba,  
e della famiglia innumerabile;  
poi di tanto affaccendarsi, di tanti  
movimenti di ogni cosa celeste, o terrena,  
girando senza pausa,  
per ritornare da dove son partite;  
non so trovare alcuna utilità,  
alcuna ragione. Ma tu sicuramente  
giovane immortale, sai tutto.  
Questo soltanto so,  
che dell'eterno movimento(delle sfere  
celesti) della mia fragilità (di uomo)  
qualche utilità e gioia altri forse l'avranno;  
per me la vita è dolore.

O mio gregge che ti riposi, oh te beato  
che,  
credo, non conosci la tua miseria!  
Quanta invidia ti porto!  
Non solamente perché sei libero  
da ogni dolore; che ogni fatica, ogni  
danno, ogni paura subito dimentichi;  
ma soprattutto perché non hai mai  
provato la noia. Quanto siedi all'ombra,  
sull'erba, sei felice e tranquilla;  
e per la maggior parte del tempo  
passi il tempo in quello stato senza noia.  
Anche io sto seduto sul prato, all'ombra,  
ed un disagio mi angoscia,  
mi opprime la mente, e un'irrequietezza  
quasi mi punge, così che, stando seduto,  
sono più che mai lontano dal trovare pace  
e riposo. Eppure non desidero nulla,  
e non ho fino a qui, alcuna ragione di  
piangere. Ciò di cui tu benefici o quanto  
non riesco a capire; ma certamente sei  
fortunata. Io invece sono poco felice,  
o mio gregge, e non mi lamento  
solamente di questo.

---

se tu parlar sapessi, io chiederei:  
dimmi: perché giacendo  
a bell'agio, ozioso,  
s'appaga ogni animale;  
me, s'io giaccio in riposo, il tedio assale?

Forse s'avess'io l'ale  
da volar su le nubi,  
e noverar le stelle ad una ad una,  
o come il tuono errar di giogo in giogo,  
più felice sarei, dolce mia greggia,  
più felice sarei, candida luna.  
O forse erra dal vero,  
mirando all'altrui sorte, il mio pensiero:  
forse in qual forma, in quale  
stato che sia, dentro covile o cuna,  
è funesto a chi nasce il dì natale.

se tu sapessi parlare, io ti chiederei:  
dimmi: perché riposando  
nell'ozio ogni  
animale è contento; (invece),  
se io giaccio in riposo vengo assalito dalla  
noia?

Forse, se io avessi le ali  
Per poter volare sulle nubi,  
e contare le stelle ad una ad una,  
oppure potessi errare come il tuono di colle in  
colle, sarei più felice, dolce mio gregge,  
sarei più contento, candida Luna.  
O forse il mio pensiero si allontana dal vero,  
quando guarda alla sorte altrui:  
forse in qualunque forma, in qualunque  
condizione dentro una tana o una culla,  
il giorno natale è causa di dolore per chi  
nasce.

In questo componimento Leopardi espone il soliloquio di un pastore dell'Asia nei confronti della luna, riuscendo ad esprimere pienamente l'infelicità della vita e passando da uno stato di angosciante ansia ad una totale rassegnazione, dato che l'uomo è solo destinato a soffrire.

Fondamentale è la figura della natura che in questo componimento acquista un carattere fortemente negativo: la natura matrigna, fonte di sofferenza e difficoltà.

L'autore ritiene la nascita l'inizio del dolore; sin dal primo momento, infatti, l'uomo è destinato a soffrire e così sarà per tutta la vita sino alla morte, vista come unica fine del dolore. Egli pone quindi un dubbio sul senso della vita.

Molto forte è l'allegoria della vita umana, nella seconda strofa, che mostra come il vecchio pur trovandosi in difficoltà si faccia forza, rialzandosi e continuando ad andare avanti per arrivare infine a precipitare, morire e dimenticare tutto; in questo passo risiede quello che i critici definiscono come titanismo leopardiano: la grandezza dell'uomo sta nel riuscire ad andare avanti senza illudersi delle gioie che altro non sono se non brevi pause dalla sofferenza.

Analizzando lo schema metrico si può notare come Leopardi nelle sei lunghe strofe abbia dato un peso differente a seconda del senso, tramite l'uso di endecasillabi e settenari liberamente rimati, ad eccezione per l'ultimo verso di ogni strofa che rimando in -ale vuole costantemente ribadire l'infelicità del pastore e quindi dell'uomo in generale.

Tra le sei strofe è possibile distinguere quattro parti nelle quali il poeta esprime differenti sensazioni.

---

Nella prima parte (vv 1-38) viene spiegato il rapporto tra l'uomo e la luna, evidenziando l'immortalità di quest'ultima nei confronti della fragile vita mortale dell'uomo, fonte di sofferenza.

Nella seconda parte (vv 39-60), invece, si evince la sofferenza che l'uomo subisce sin dalla nascita; dal primo momento della vita necessita di essere consolato per poter continuare e allo stesso tempo Leopardi pone un passo molto forte "Se la vita è sventura, perché da noi si dura?" che mostra la sua incomprendimento del senso della vita, in quanto dolore.

Nella terza parte (vv 61-104) vi è la contrapposizione della non conoscenza da parte dell'uomo e della teorica consapevolezza della luna nei confronti di ogni cosa; l'unica certezza che l'uomo ha viene descritta in quest'ultimo verso "a me la vita è male", significativamente molto intenso.

Nell'ultima parte (vv 105-143) viene descritto il rapporto tra il pastore ed il suo gregge, evidenziando "l'invidia" dell'uomo nei confronti delle pecore, le quali incoscienti vivono apparentemente felici; il poeta invece pensa costantemente alla sofferenza. In conclusione ribadisce il non senso della vita nell'ultimo verso "è funesto a chi nasce il dì natale" ribadendo che la stessa nascita è tragica in quanto inizio del dolore.

Questo componimento mi ha molto colpito, non solo per il senso intrinseco e per le grandi tematiche che sviluppa, ma soprattutto per la capacità dell'autore di riuscire ad esprimere un pensiero molto scoraggiante quale la sofferenza propria della natura dell'uomo. Un concetto così difficile è però espresso con la semplicità di una allegoria stupenda: quella del "vecchierel" che percorre il pericoloso sentiero cadendo, rialzandosi e soffrendo nel tentativo di continuare a perseguire il suo intento, sino alla fine del dolore, la morte.

---

## **BIBLIOGRAFIA:**

### **Corsa agli armamenti e conquista dello spazio**

Prospettive di storia volume 3 (Editori Laterza)

[http://it.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761594176/Corsa\\_agli\\_armamenti.html](http://it.encarta.msn.com/encyclopedia_761594176/Corsa_agli_armamenti.html)

### **GPS - Global Positioning System**

Sistemi di Navigazione Aerea a Lungo Raggio (HOELPI)

Appunti Del Professore

[http://it.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://it.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)

<http://www.navigatorisatellitarigps.it/navigatori-satellitari-gps-info.php>

<http://www.vialattea.net/sirtoli/gps/gps.htm>

<http://www.elmeg.caserta.it/PR/03/PR03I.htm>

### **R/NAV Navigazione D'Area**

Regolamentazione Aeronautica 3<sup>a</sup> Edizione 2001 (Antonio Esposito – Edizioni)

Appunti Del Professore

Manuale dei Servizi del Traffico Aereo

### **Satelliti Meteorologici**

Meteorologia Aeronautica III Edizione (IBN Editore)

<http://www.meteoam.it/>

<http://www.eumetsat.int/Home/index.htm>

<http://it.allmetsat.com/index.html>

<http://digilander.libero.it/vtmedri/page1.htm>

### **Altezza Di Un Satellite Geostazionario e Richiamata**

Aerotecnica vol. III (Mario Stavolta Editore)

Appunti Del Professore

### **Onde Elettromagnetiche**

Appunti Del Professore

### **George Orwell**

Literary Landscapes

Appunti Della Professoressa

### **Giacomo Leopardi**

Moduli Di Scritture 2d (Edizioni Scolastiche Bruno Mondadori)

Appunti Del Professore