



I° Corso operatori sezionali CAI

Operatore Naturalistico e Culturale
(area Liguria - Piemonte - Valle d'Aosta)

Operatore Tutela Ambiente Montano
(area Liguria)
FINALE LIGURE 25 maggio 2014

G.P.S. (Global Positioning System)

a cura di **Mauro ORIA**



FEDERAZIONE ITALIANA DI ATLETICA LEGGERA





ORITA Guida Regione Piemonte

G.P.S.

Tutti sanno cos'è.....

Tutti sanno cosa fa.....

Non tutti sanno come funziona.....

Slides a cura di Mauro

NAVSTAR GPS

Acronimo di

NAVigation
Satellite

Timing **A**nd **R**anging

Global **P**ositioning **S**ystem

G.P.S.

Slides a cura di
Per brevità

MARCO ORTA Guida Regione Piemonte



Global Positioning System

ovvero

Sistema di Posizionamento Globale

Può fornire una risposta alle nostre
domande:

- Dove siamo?
- Dove siete?
- Dove andiamo



Slides a cura di Mauro ORSA Guida Regione Piemonte

Di cosa si tratta?

Il GPS è un sistema di posizionamento terrestre creato dalla Ministero della Difesa Satunitense per fini militari, ed utilizzato anche per scopi civili



Il funzionamento del GPS è legato a 33 satelliti orbitanti operativi di cui tre di riserva. Le orbite sono circolari su 6 piani orbitali paralleli.

Cos'è il GPS?

- Sistema di navigazione assistita da satelliti
- Sviluppato dal Dipartimento della Difesa
- Costo del Sistema, circa 12 miliardi di dollari
- Se ne iniziò la costruzione alla metà degli anni '70
- Sviluppato per uso militare, e successivamente per uso civile
- Consiste di 33 satelliti in orbita per l'invio di segnali radio codificati, raccolti dai ricevitori, che consentono di calcolare la posizione

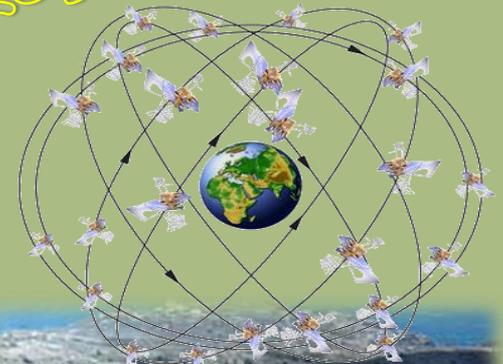
Slides a cura di Neuro OPTIA Guida Regione Piemonte

Composizione del sistema GPS

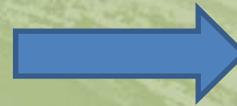
Il Global Positioning System, è l'unico sistema oggi in grado di mostrare la nostra posizione esatta sulla Terra in qualsiasi momento, con qualsiasi tempo, in qualsiasi luogo.

Le tre parti del GPS, dette «segmenti», sono:

Segmento spaziale



Segmento di controllo



Hawaii monitor station



Segmento utente



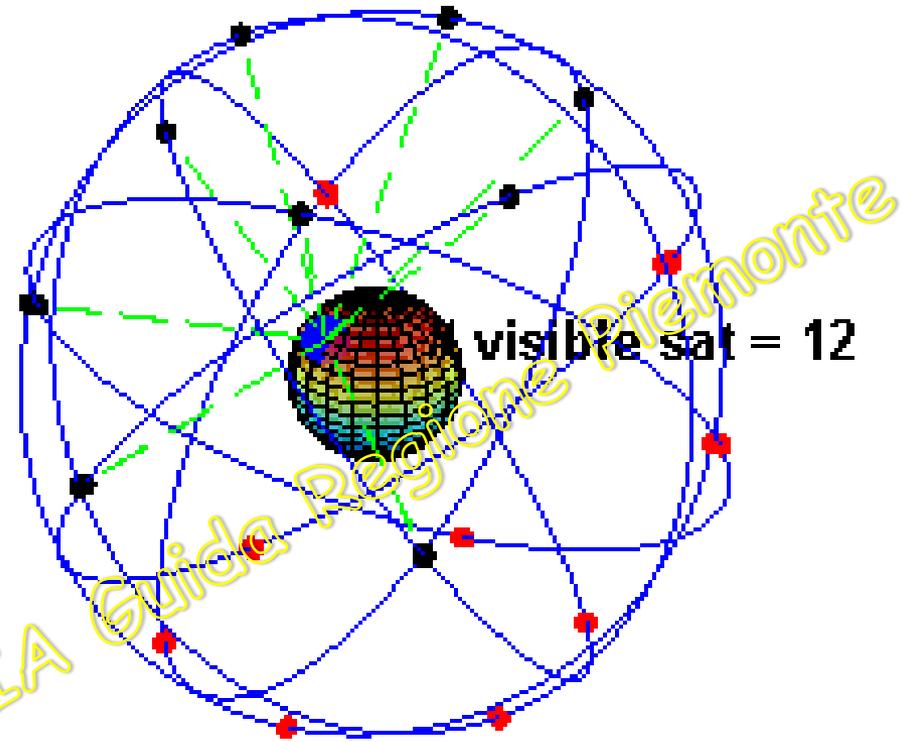
Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Segmento Spaziale

Il sistema GPS è articolato (ad oggi) su 33 satelliti, di cui 3 di riserva, distribuiti su sei piani orbitali ad un'altezza di 20.183 chilometri. Ogni satellite compie due rotazioni al giorno intorno al pianeta Terra.

Le orbite dei satelliti sono studiate in modo che in ogni momento da ogni punto della Terra siano visibili almeno 4 satelliti contemporaneamente.

Il sistema è di proprietà del Governo degli Stati Uniti ed è gestito dal Ministero della Difesa che ne concede l'utilizzo gratuito in tutto il mondo per scopi civili.



Oltre ai satelliti, ci sono 4 stazioni di controllo a terra che si occupano costantemente di verificare lo stato dei satelliti, di correggere i loro orologi atomici e la loro posizione orbitale. Senza queste stazioni terrestri il sistema non sarebbe in grado di funzionare.

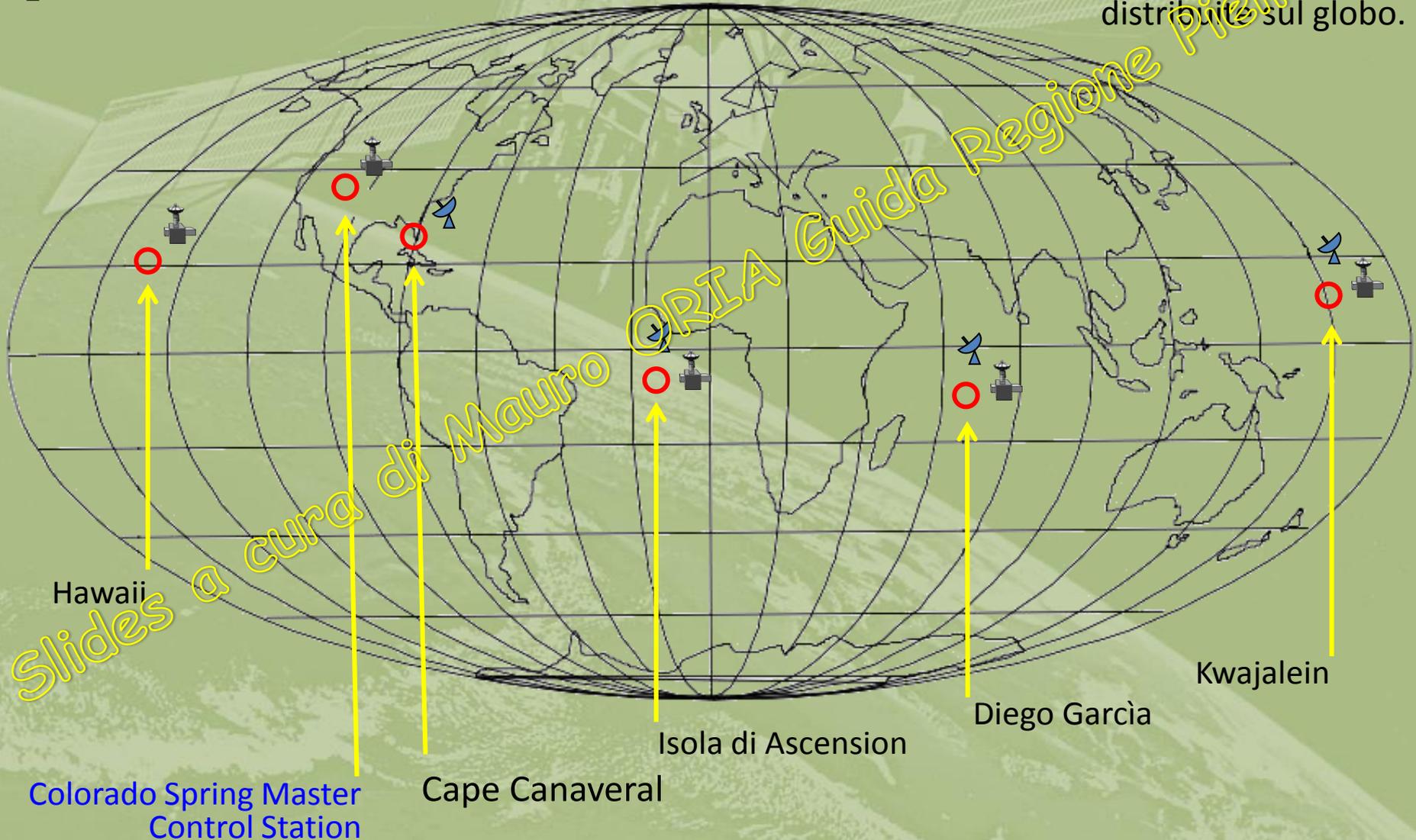
I numeri in gioco

- 33 satelliti (30 operativi e 3 di riserva) il cuore del sistema GPS
- 20.183 km (circa) la distanza dei satelliti dalla terra
- 11.250 km/h (circa) la velocità dei satelliti in orbita
- 12 ore (circa) per compiere un'orbita completa attorno alla terra
- 10 anni la vita media di un satellite
- 1978 l'anno in cui è stata costituita la prima rete GPS
- peso 2×10^3 N (da 893 a 985 kg) \times 21m (a pannelli solari aperti)
- 1994 l'anno in cui è stato raggiunto l'impiego dei 24 satelliti necessari a una completa copertura
- 3 satelliti sono necessari a un ricevitore GPS per calcolare le coordinate (latitudine/longitudine) della propria posizione
- 4 satelliti sono necessari a un ricevitore GPS per calcolare anche l'altitudine
- 50 watt la potenza (molto bassa) dei segnali trasmessi dai satelliti.

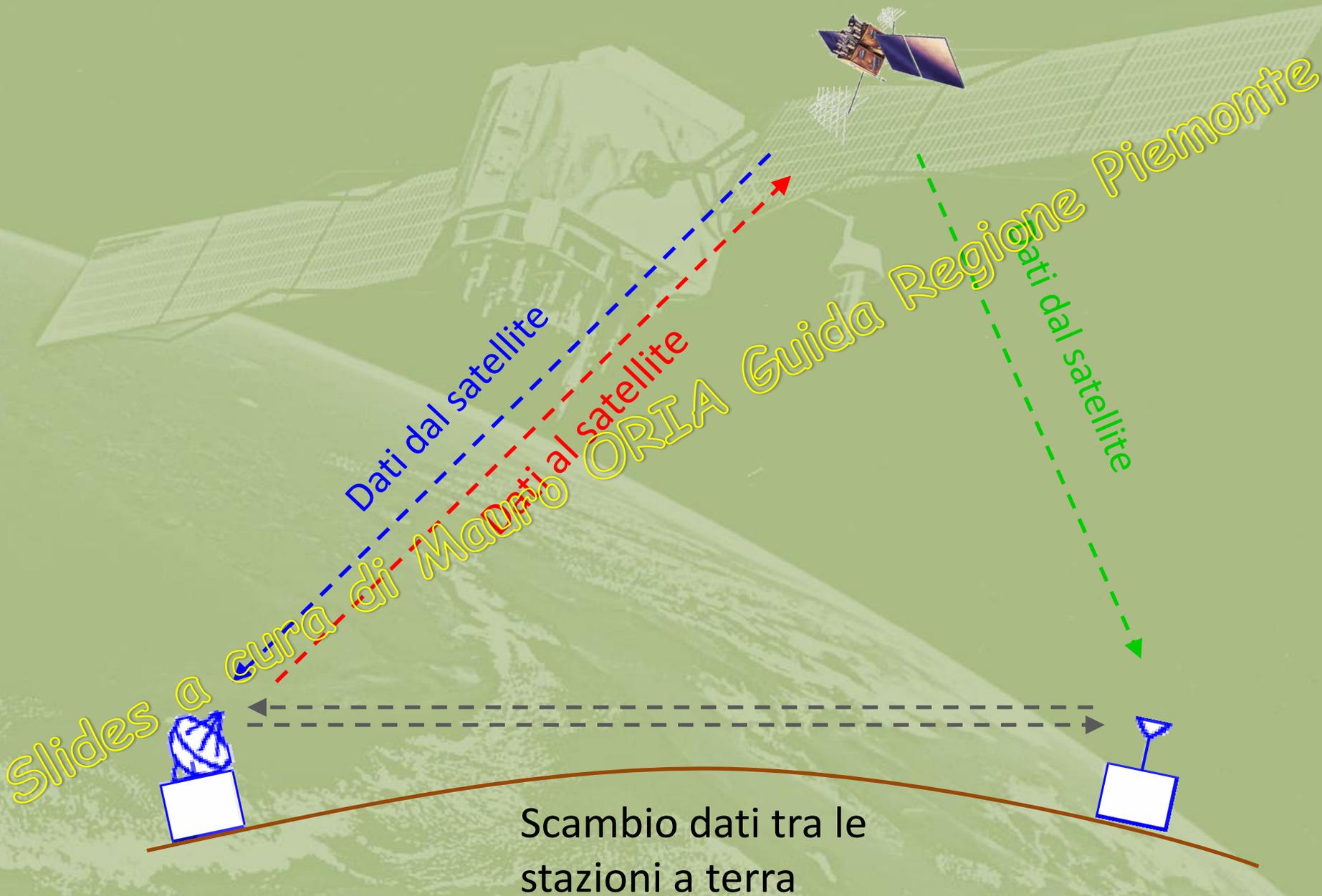
Segmento di controllo

Riceve/Trasmette Informazioni ai Satelliti;
Master Control Station a
Colorado Springs;
Stazioni Monitoraggio
distribuite sul globo.

-  Remote Monitor Station
-  Ground Antenna



Schema funzionamento



Segmento Utente

Utilizzi

Navigazione Aerea o Marittima

Mapping (Mappature – GIS)

Tracking (Flotte autoveicoli)

Rilevamento Topografico

Controllo veicoli in remoto

Agricoltura - Foreste

Protezione
Civile, etc...

Geotagging (es.:
fotografie)

Sicurezza (Valanghe...)

Localizzazione (es.:
Trekking)

Che riguarda noi da vicino.....



Sono qui!

slides a cura di Mauro ORTA

Guida Regione Piemonte

Segmento Utente



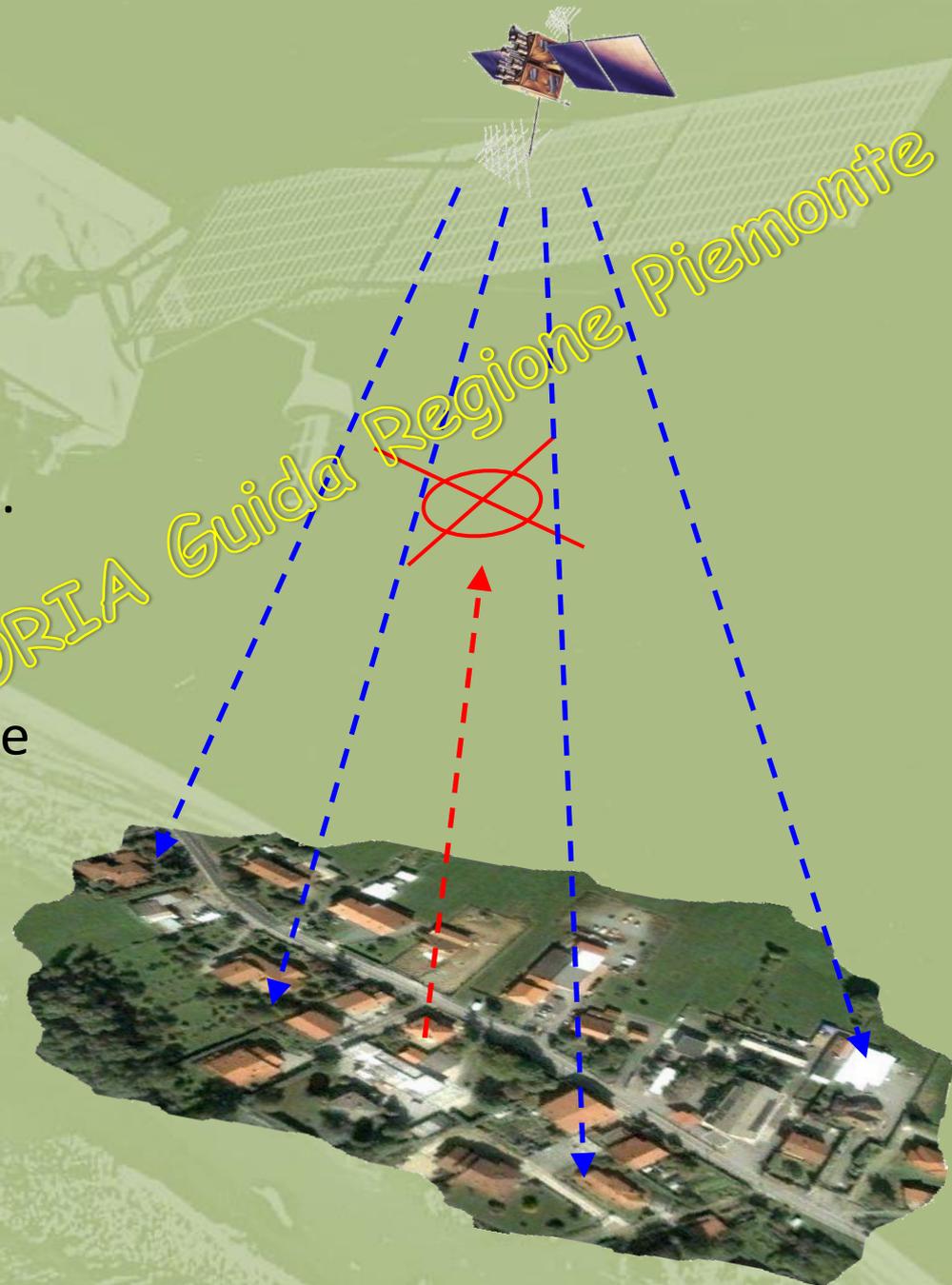
slides @ cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Segnali dei Satelliti

Sfatiamo subito un mito;

il vostro GPS è solo un «Ricevitore» e non trasmette nulla né ai satelliti né ad altri.....

Le unità GPS quindi «ricevono» solo segnali dai satelliti GPS (che hanno una vista molto migliore della Terra) per scoprire esattamente, su scala globale, dove si trovano cose (oggetti, veicoli, persone).



Segnali dei Satelliti

I segnali inviati dai Satelliti sono molto deboli.....

Non riescono a penetrare:
acqua (mare, laghi.....),

Edifici e altri ostacoli solidi
(pareti rocciose...).

Suolo.....



Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Almanacco dei Satelliti

- Il segnale inviato dal satellite contiene l'Almanacco o Effemeridi
- Ivi sono contenute tutte le informazioni relative al satellite,
- Questo viene inviato con i tempi e le informazioni su posizione, velocità, tempo.
- Contiene anche il pronostico delle orbite di tutti i satelliti.
- Necessario per eseguire la pianificazione di missione con alcuni software.
- Alcuni ricevitori GPS sono in grado di ricevere e memorizzare l'almanacco.
- Valido per circa 30 giorni.

Slides a cura di Mauro ORTA Guida Regione Piemonte

Processo

Il sistema GPS funziona cronometrando quanto tempo un segnale radio impiega a raggiungerci da un satellite e calcolando la distanza dal satellite stesso in funzione di quel tempo.

Ovvero (il ricevitore):

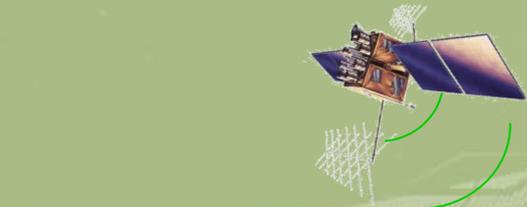
- Localizza 3 o più satelliti
- Calcola la distanza da ognuno dei satelliti
- Usa i dati ricevuti per calcolare la propria posizione mediante il processo di trilaterazione

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Quindi:

I satelliti GPS emettono continuamente segnali di navigazione.

Che vengono captati dalle stazioni a terra



slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

1 - Le stazioni di controllo a terra, in continuo, ricevono dati dai satelliti.....

2 - Vengono effettuate correzioni di posizione basate su modelli precisi di traiettoria al computer, e vengono inviati ai satelliti i dati di correzione relativi a: posizione, traiettoria, tempo.

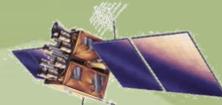
3 - Il satellite, in continuo, emette i segnali radio che vengono captati dal nostro ricevitore.....

Il nostro GPS, effettuati i relativi calcoli, ci restituisce i dati coordinate X, Y, Z.....

Le 3 fasi avvengono in tempo reale.

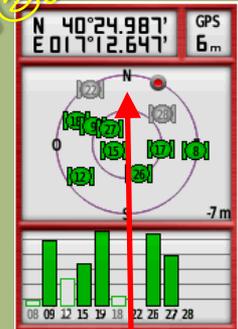
Le correzioni sono definite in base al tempo universale coordinato (UTC)

Segmento Spaziale



Stazione di Controllo

Segmento Utente



Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Esempio:

Ad un ora prestabilita (supponiamo le 12:00) il satellite genera un codice (detto pseudo random code) e lo invia sulla terra. Sempre alle 12:00 anche il receiver GPS genera lo stesso identico codice per cui, quando il segnale dal satellite arriva a terra e viene letto dal receiver, questo lo riconosce ed è in grado di misurare quanto tempo ha impiegato il segnale per arrivare. Moltiplicando il tempo per la velocità della luce (300.000 km/s) otterremo la distanza tra il satellite ed il receiver GPS.

Facendo due conti ... i satelliti orbitano a 10.900 miglia (17.450 Km) di altezza, la luce e le onde radio viaggiano a 186.000 miglia (300.000 Km) al secondo ... pertanto il segnale impiega circa 1/17 di secondo per arrivare da noi.

Il calcolo matematico è ovviamente abbastanza semplice. Tutto quello che dobbiamo sapere è quando esattamente il segnale è partito dal satellite. E lo dobbiamo sapere con una precisione estrema visto che un solo millesimo di secondo di differenza potrebbe penalizzare la rilevazione con un errore nell'ordine dei 300 Km!

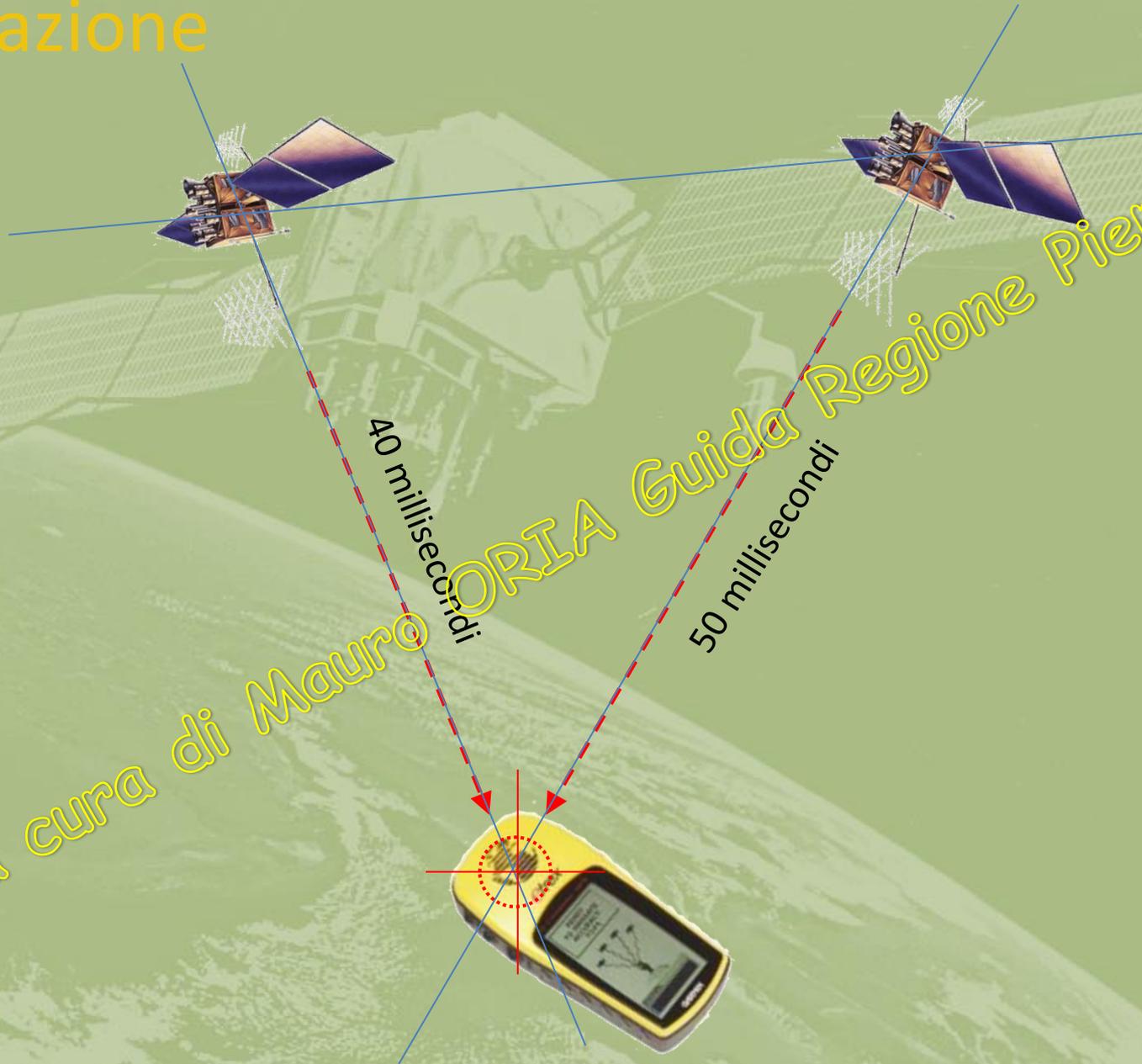
Per ottenere una precisione del genere, ogni satellite imbarca quattro orologi atomici (del costo di circa 160.000 Euro), che sfruttano le oscillazioni degli atomi di cesio e rubidio e che garantiscono uno standard di precisione assoluto (l'errore è di un secondo ogni 30.000 anni).

In un sistema così preciso anche il «receiver» deve avere degli standard di un certo livello. Considerando che un ricevitore non può montare orologi atomici da 160.000 Euro, si utilizzano orologi capaci di mantenere un'estrema precisione per brevi periodi, che però nel tempo vanno spesso corretti sfruttando direttamente i segnali dei satelliti.

Calcolata la distanza, occorre determinare la posizione del nostro Ricevitore;

Il calcolo della distanza nel sistema GPS, si basa sulla TRILATERAZIONE

Trilaterazione



Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Come funziona

1

essendoci persi e volendo capire qual'è la nostra posizione, chiediamo aiuto ad un passante che ci dice "Ti trovi esattamente a 198 Km da Bari". Possiamo rappresentare questa informazione nel modo seguente:

Se il Satellite è al centro, significa che «Bari» può essere su un qualsiasi punto della circonferenza, visto che ogni punto disterà 198 Km. dal centro.....



Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Come funziona

2

chiediamo ad un altro passante, che ci fornisce una seconda indicazione: "Ti trovi esattamente a 48 Km da Ancona". Rappresentando graficamente anche questa informazione avremo la seguente situazione

Considerando le due informazioni, saremo in un punto che dista 48Km da Ancona e 198 km da Bari.



Per capire in quale dei due punti effettivamente mi trovo, ho bisogno quindi di una terza informazione.

Come si vede nella figura, solo 2 punti (quelli rossocerchiati) rispondono a queste caratteristiche.

Come funziona

3

A questo punto, senza il minimo dubbio, mi trovo nell'unico punto al mondo che dista 152 Km da Firenze, 198 da Bari e 48 da Ancona

152 Km. da Firenze

48 Km. da Ancona

198 Km. da Bari

Incontro un terzo passante che mi dice "Ti trovi esattamente a 152 Km da Firenze"

Inoltre, con la quarta informazione (da satellite) possiamo poi in tridimensionale, potendo stabilire anche l'altezza

3

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Calcolo della distanza

Il GPS riesce a comunicare con i satelliti analizzando le alte frequenze (ma di bassa potenza....) con cui essi trasmettono i segnali a terra (le bande usate sono 1575.42 Mhz (L1) e 1227.60 Mhz (L2)). Per capire la distanza tra il «receiver» ed il satellite viene misurato il tempo che un segnale impiega per arrivare a terra.

Fondamento della misura con il GPS:

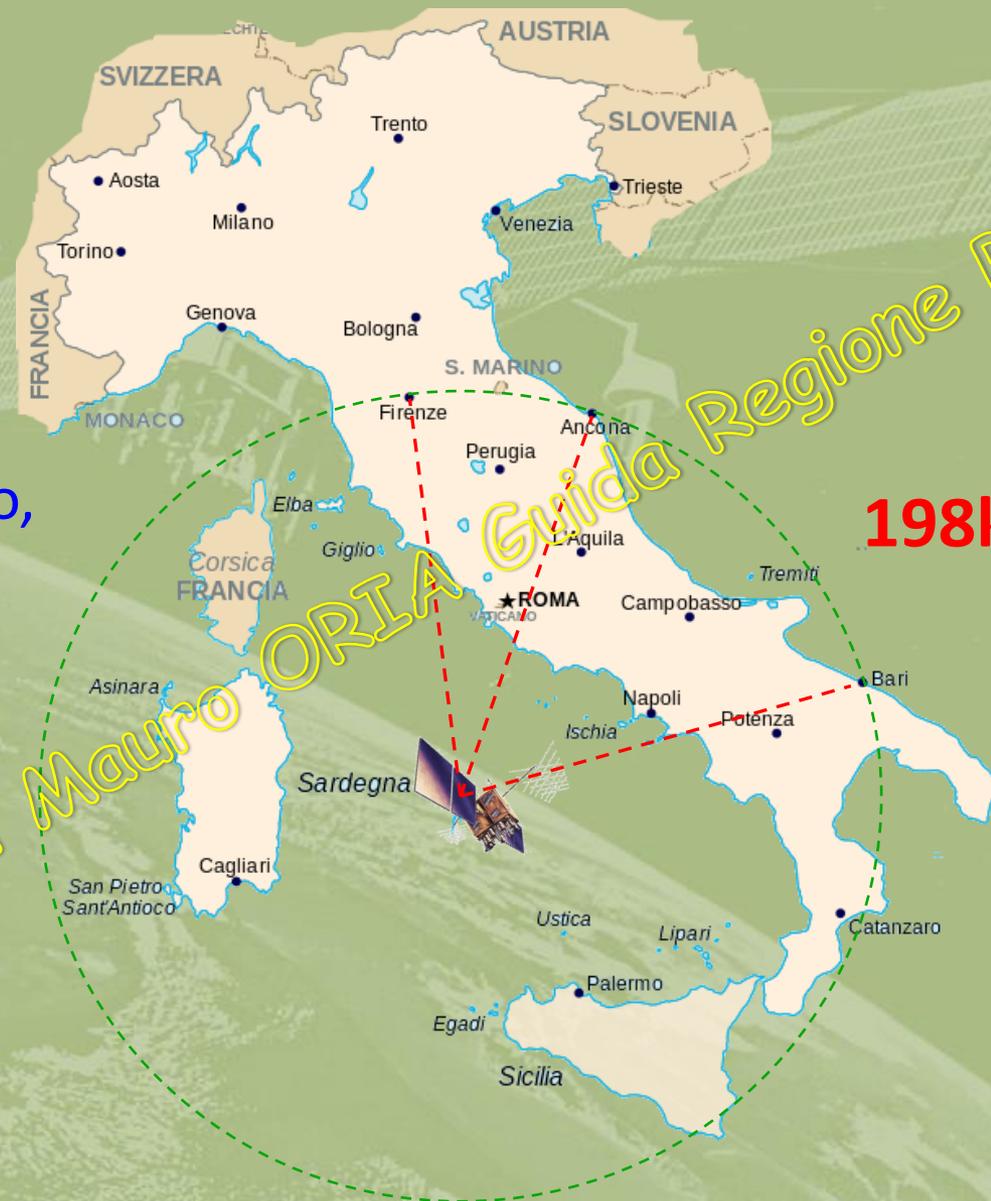
Velocità della luce x il tempo impiegato = distanza

Calando l'esempio precedente nella realtà, avremo in pratica un ricevitore GPS che riceve dai satelliti (min. 3 in bidimensionale e almeno 4 in tridimensionale), i dati necessari al calcolo della loro distanza, da cui, poi, è in grado di calcolare la propria posizione, e tradurla, a schermo, in coordinate.

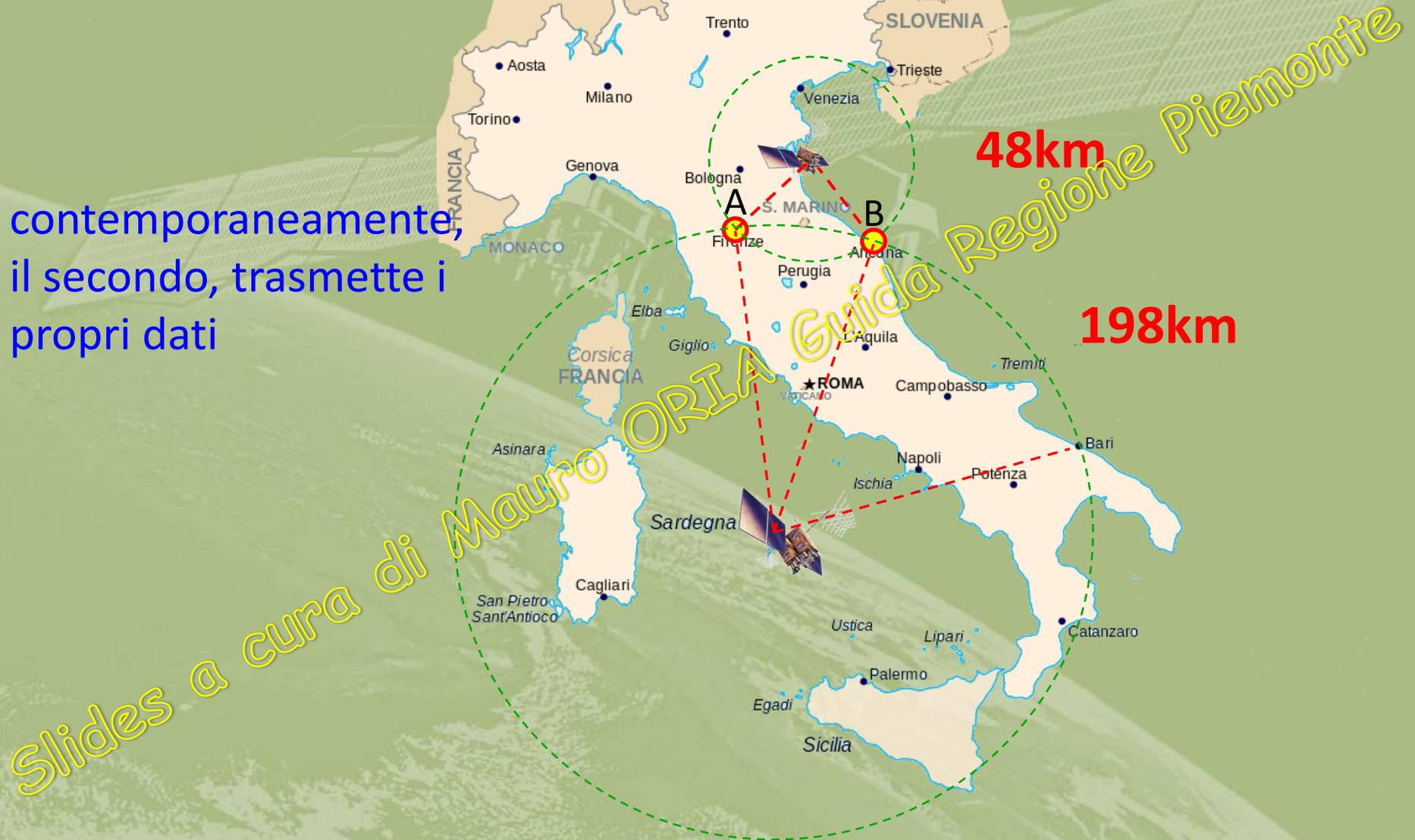
Il primo satellite
trasmette, in continuo,
i propri dati

Quindi:

Slides a cura di **Mauro ORTA** Guida Regione Piemonte



contemporaneamente,
il secondo, trasmette i
propri dati



Slides a cura di Mauro ORTIA

Il terzo, ugualmente,
trasmette i propri dati

P

Sino a determinare il
punto P; il nostro
terminale tradurrà, a
schermo, le sue
coordinate.

152 Km. da Firenze

48 Km. da Ancona

198 Km. da Bari



Slides a cura di Mauro ORTIA

incertezza

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte



Triangolo di errore

Slides a cura di Mauro
Slides a cura di Mauro

di Mauro
di Mauro

ORTA Guida
ORTA Guida

5sec

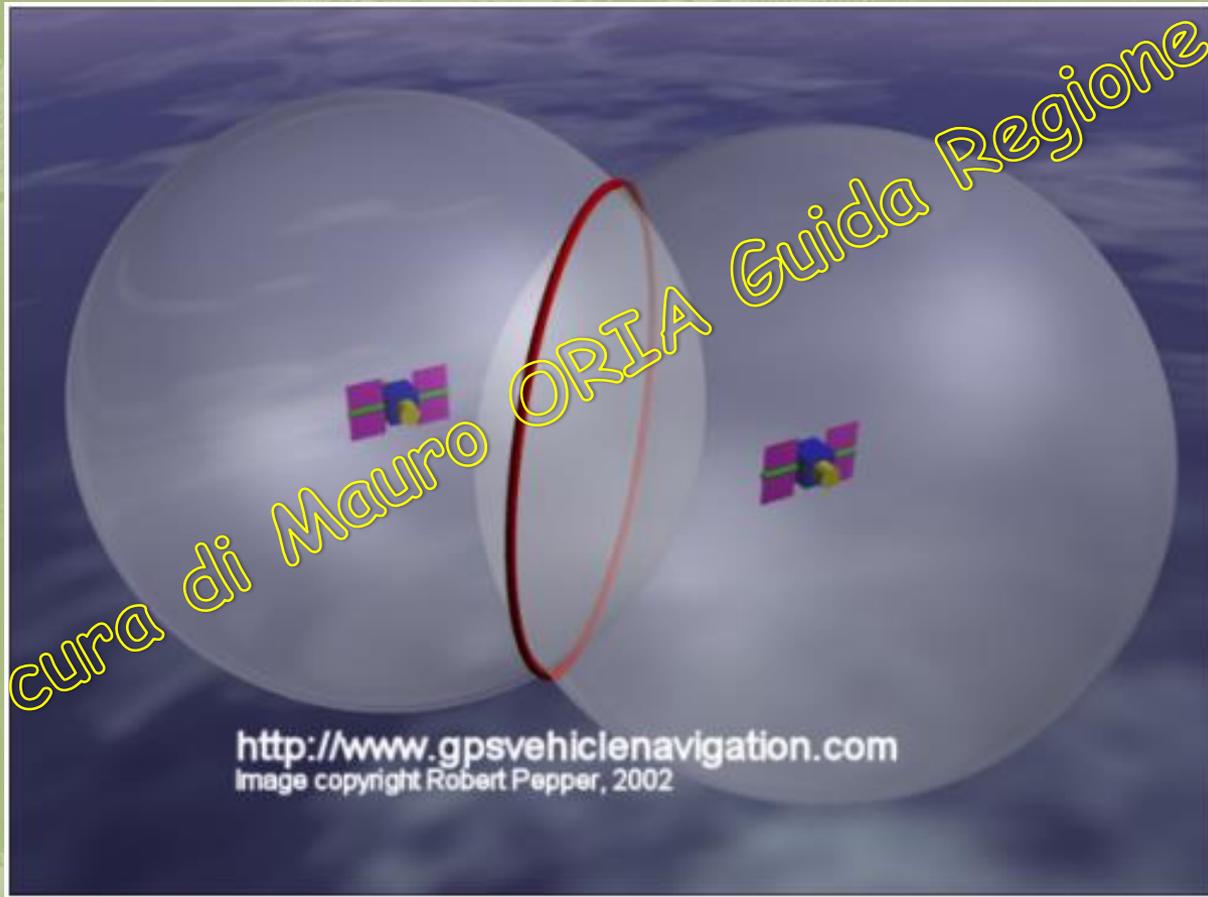
6sec

2sec

X

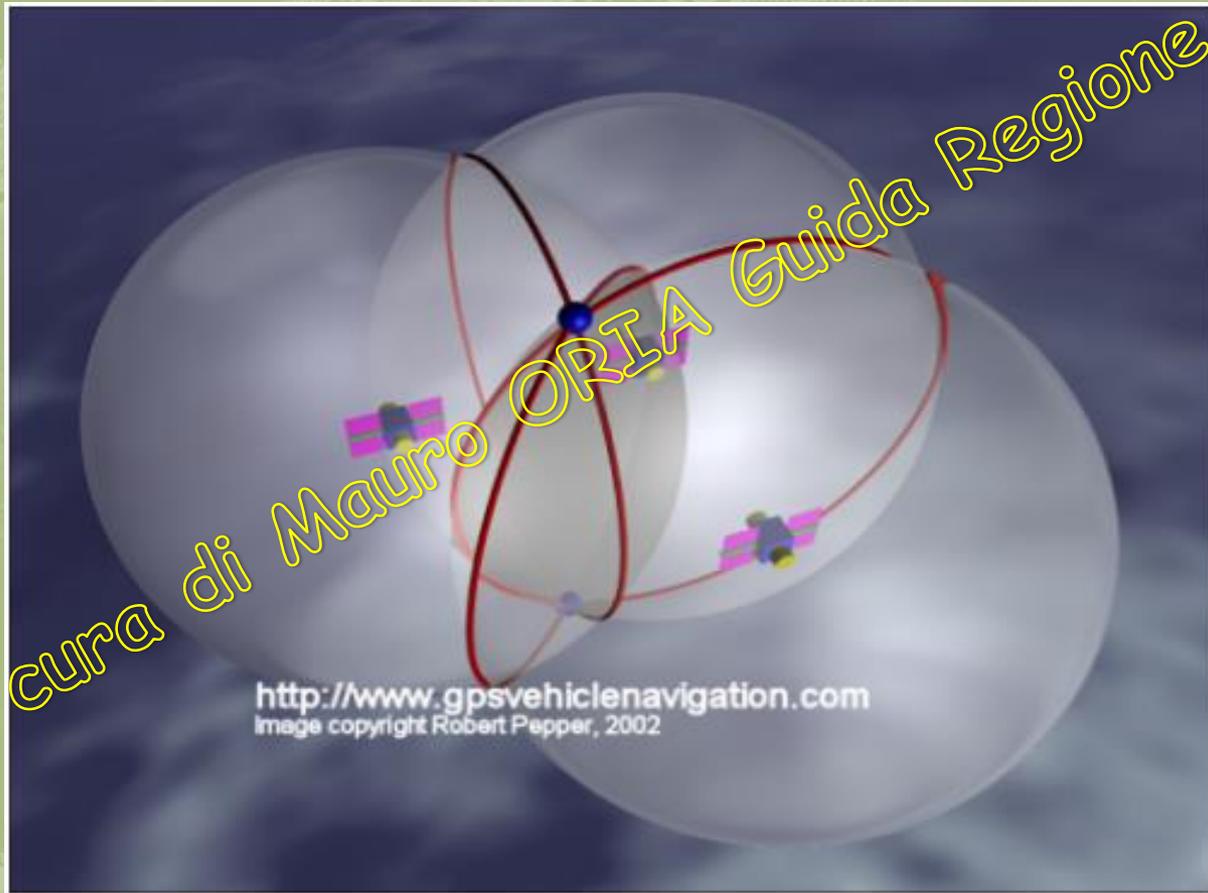
Regione Piemonte
Regione Piemonte

trilaterazione in 3D



Slides a cura di Mauro ORTA Guida Regione Piemonte

trilaterazione in 3D



Slides a cura di Mauro ORTA Guida Regione Piemonte

Il Sistema GPS non è esente da

ERRORI.....

Slides a cura di Mauro COPIA Guida Regione Piemonte

Gli errori tipici del GPS

Quantità tipica di
Errore (per Satellite)

Indipendenti dalla qualità delle attrezzature/dimensione antenna, ecc

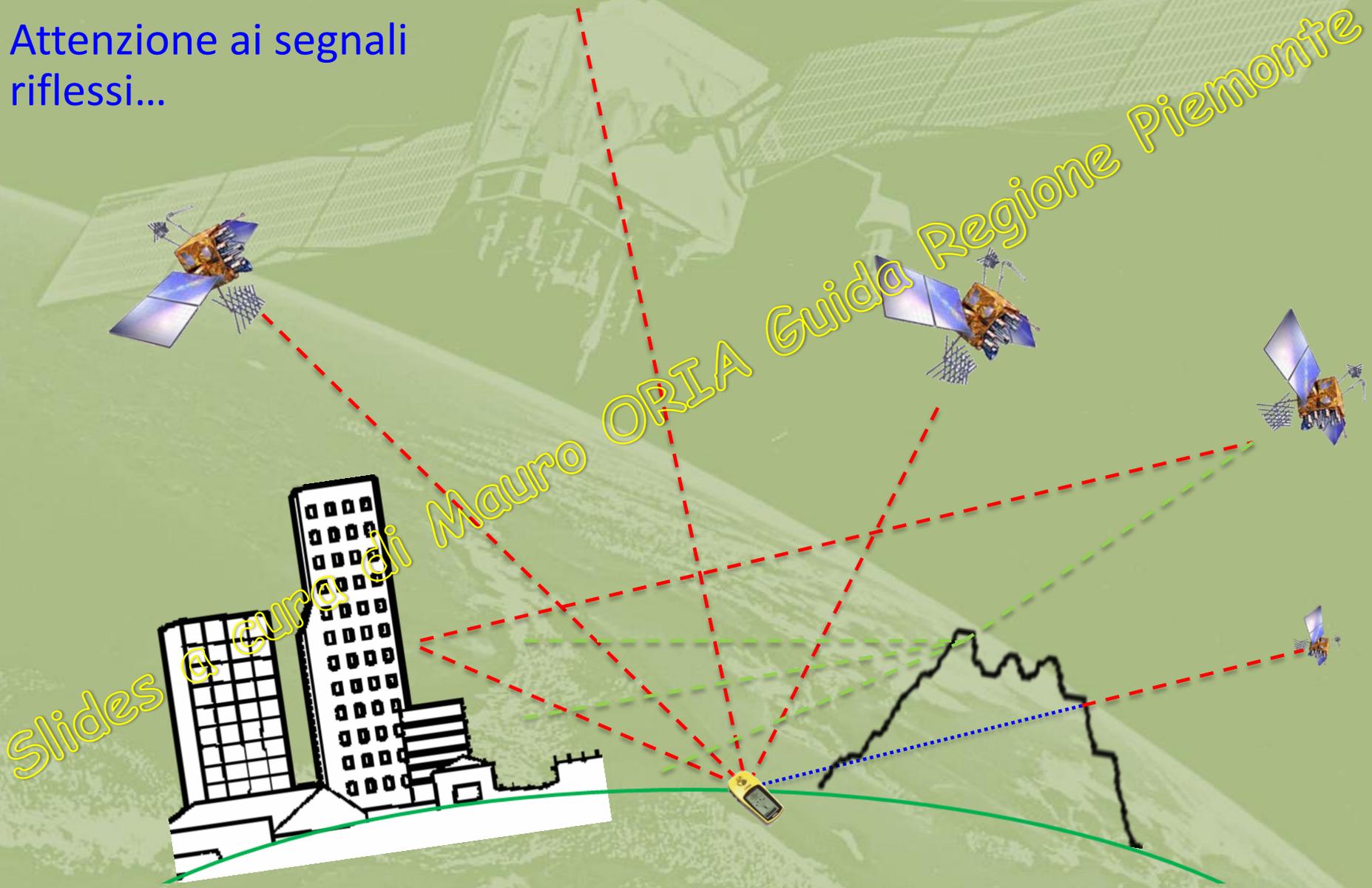
- Errori dell'orologio atomico del satellite (*corretta periodicamente*) 0,6÷1,5 m
- Orbita del satellite (posizione - *corretta periodicamente*) 0,6÷2,5 m
- Ionosfera terrestre (*particelle cariche elettricamente*) 5,0 m
- Troposfera terrestre (*fenomeni atmosferici*) 0,5 m
- Rumore Ricevitore (+ condizioni locali, interferenze radio) 0,3 ÷1,218 m
- Errori di multipath (rimbalzo edifici, etc) variabile
- Condizioni meteo locali a terra (l'umidità in aria, fulmini) # *
- Scarsa Geometria del satellite (GDOP) *
- Errori di clock del ricevitore (corretto da 4 o + Satelliti) *
- Selective Availability (se attivata) 25 feet = 7,62m

l'Umidità in chioma crea un disturbo più grande di quella in aria ...

* Fonti di errore che non sono migliorate da DGPS

Alcuni errori.....

Attenzione ai segnali riflessi...

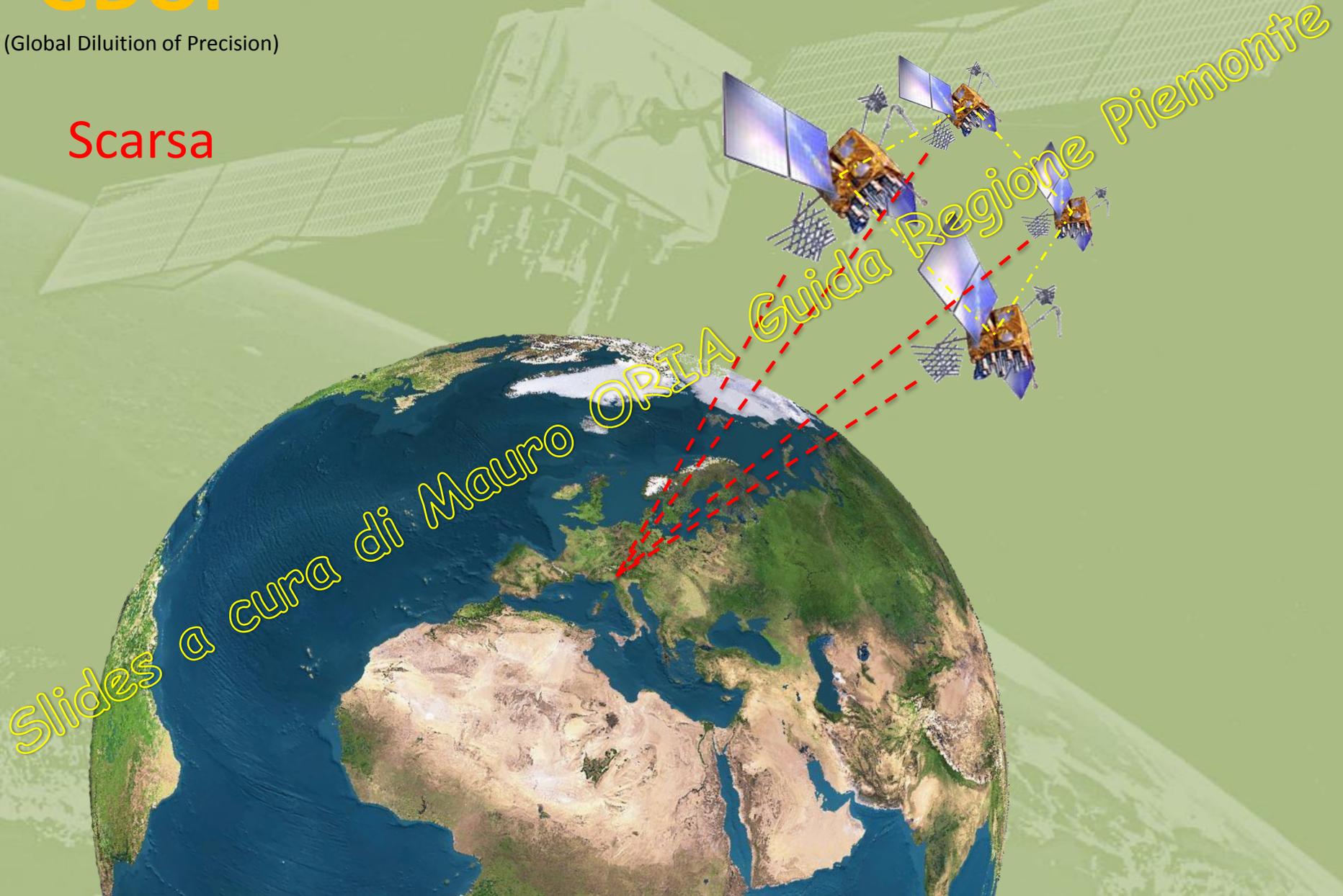


Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

GDOP

(Global Dilution of Precision)

Scarsa

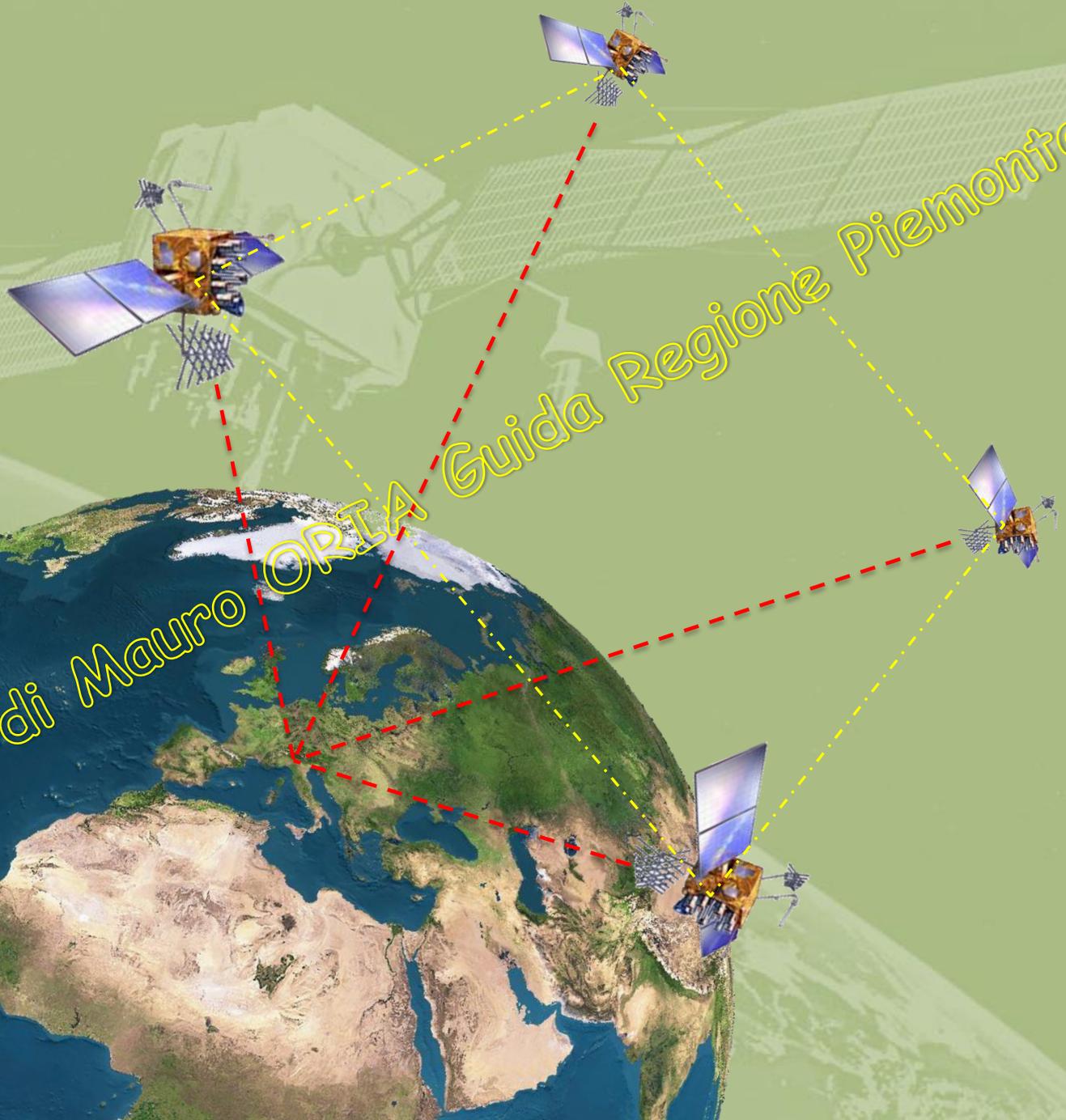


Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

GDOP

(Global Dilution of Precision)

Ottimale

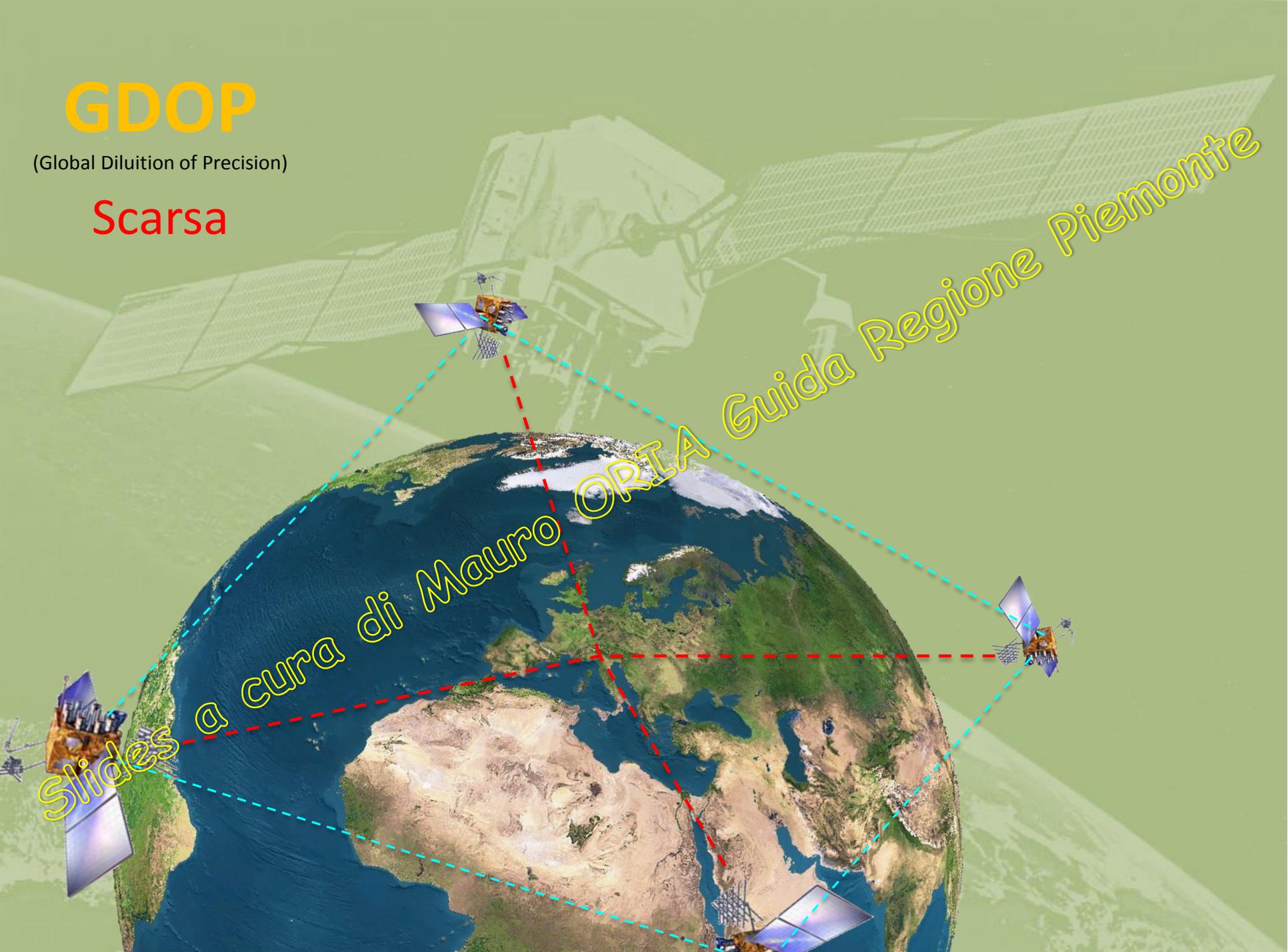


Slides a cura di Mauro ORTA Guida Regione Piemonte

GDOP

(Global Dilution of Precision)

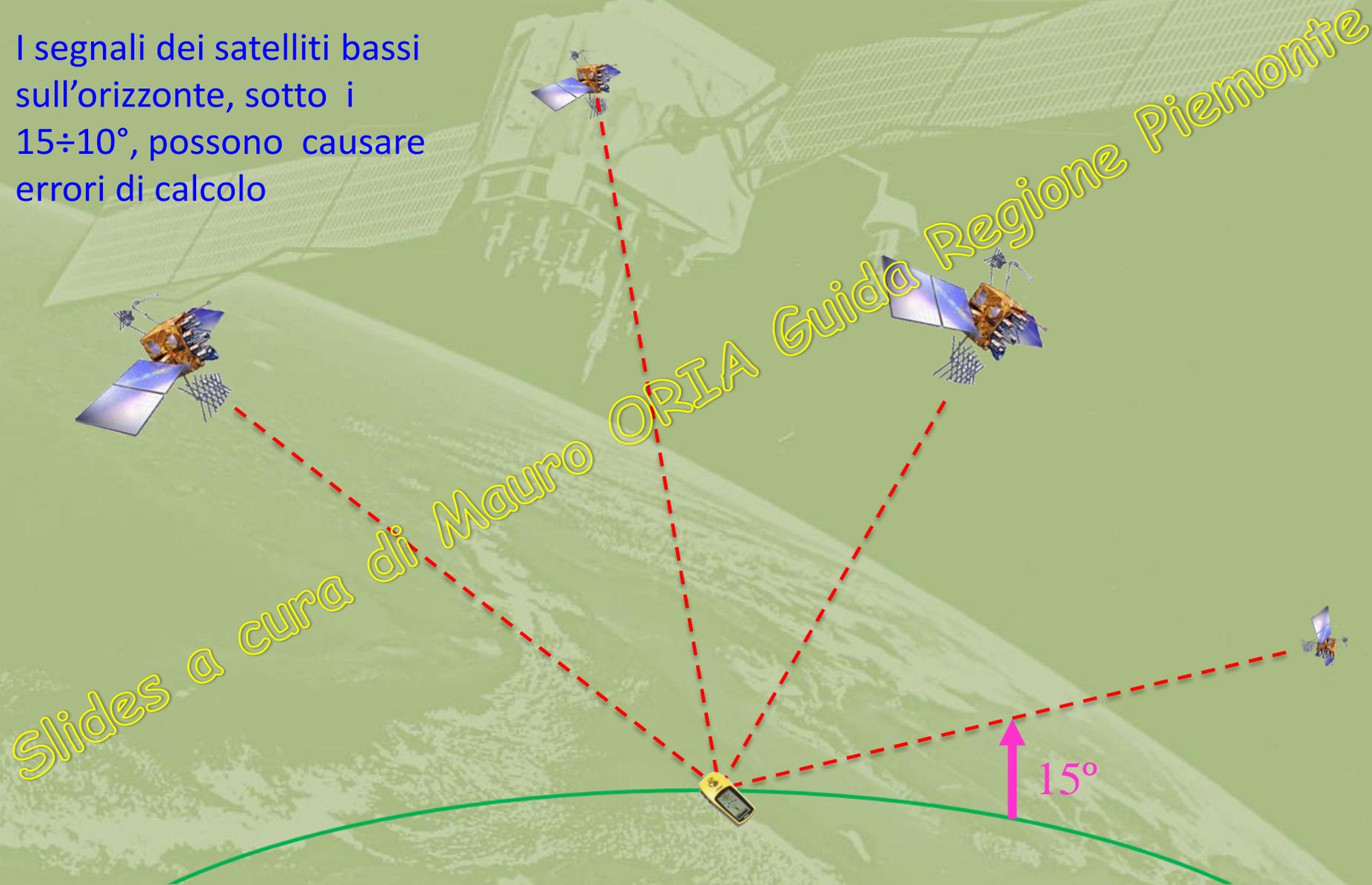
Scarsa

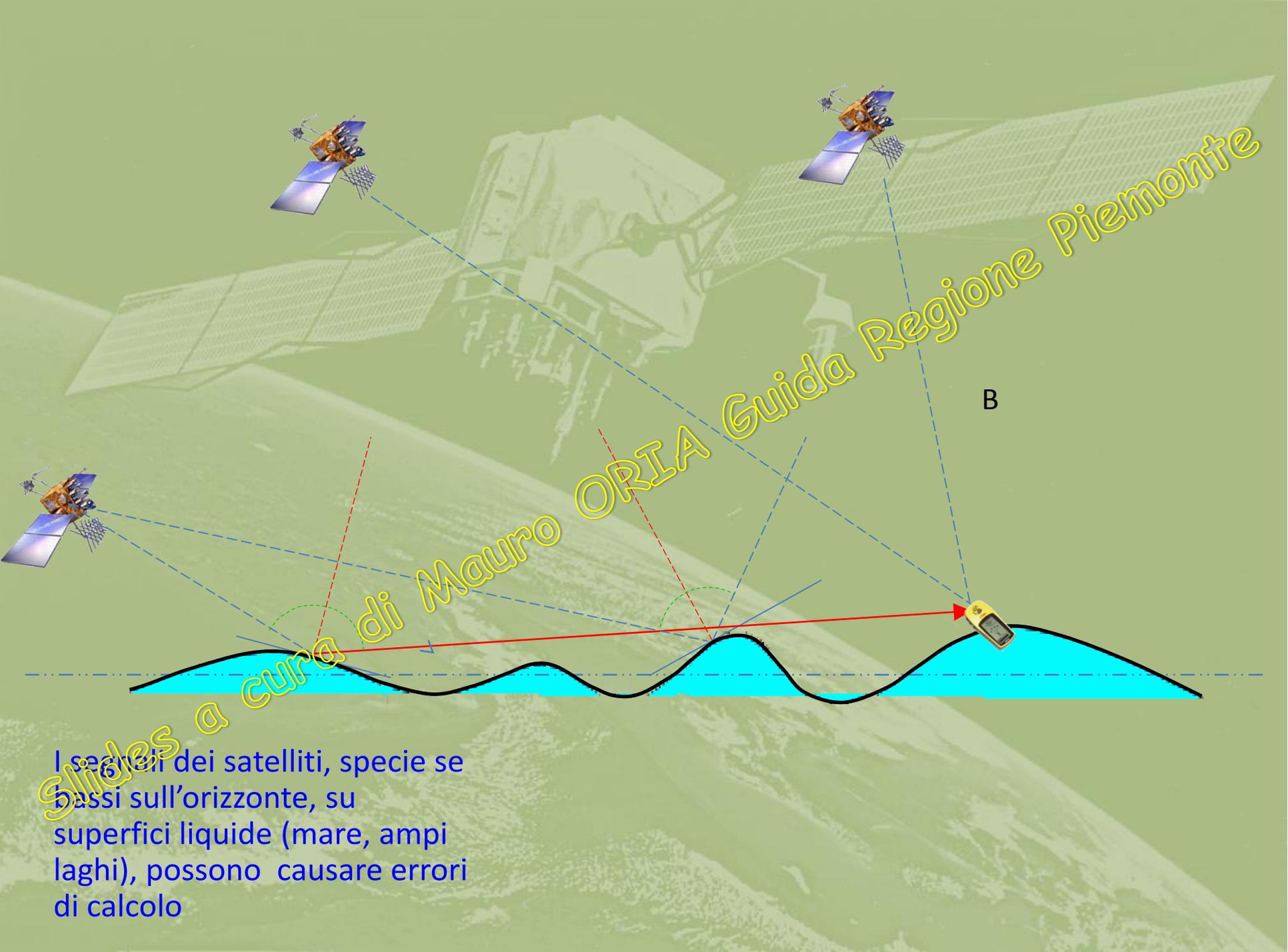


slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Elevation Mask

I segnali dei satelliti bassi sull'orizzonte, sotto i $15 \div 10^\circ$, possono causare errori di calcolo





slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

I segnali dei satelliti, specie se bassi sull'orizzonte, su superfici liquide (mare, ampi laghi), possono causare errori di calcolo

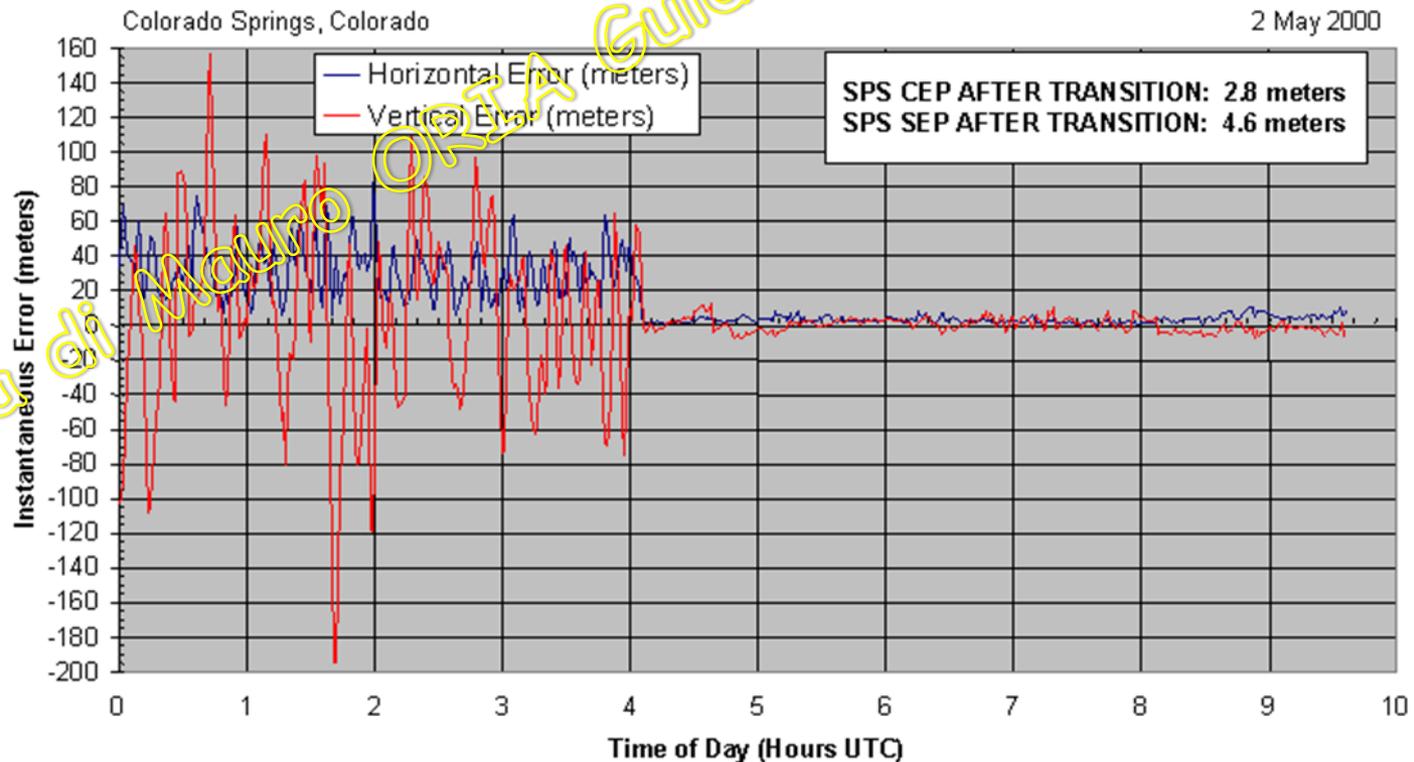
Degradazione intenzionale della qualità del segnale da parte del Dipartimento della Difesa Statunitense per motivi di sicurezza.

Selective Availability (SA)

Spento nel maggio del 2000, riconoscendo che necessità civili abbisognavano di migliore qualità del segnale GPS (possibile ripristino in caso di necessità..... I nuovi satelliti non hanno questa capacità (a partire dal 9/07) ...



SA Transition - 2 May 2000



I segnali dei satelliti attraversano con difficoltà il fogliato (specie se fitto);

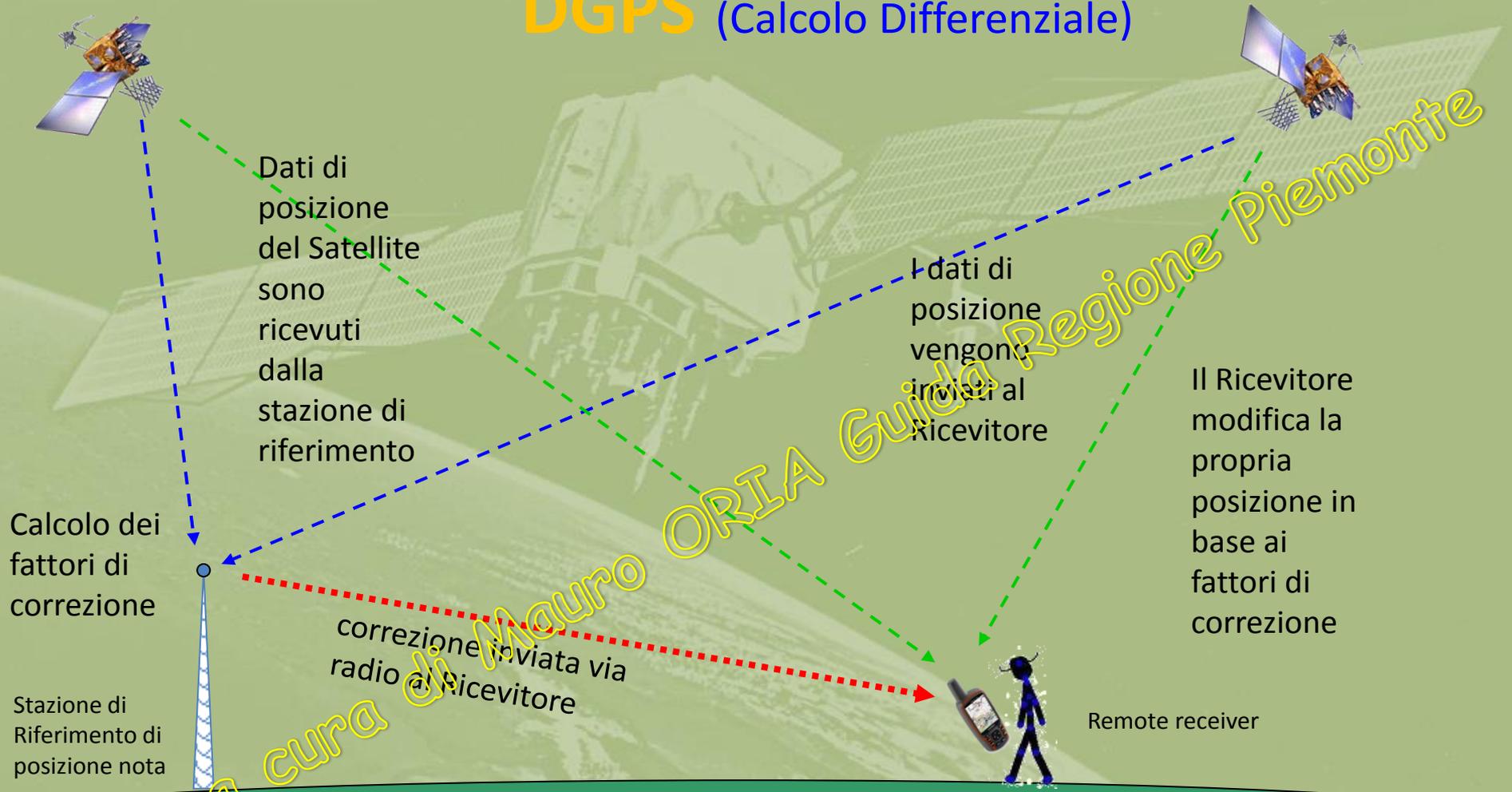
i boschi di
aghiifoglie
aumentano il
fenomeno.

La rugiada
peggiora il tutto!



Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

DGPS (Calcolo Differenziale)



Stazione di riferimento fissa
meno di 30 km dalla stazione di riferimento
Precisione tipica 1-5m

slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

WAAS: Wide Area Augmentation System

- E' basato su 3 satelliti geostazionari e 35 stazioni terrestri ed è complementare al sistema GPS e al futuro GALILEO (l'alternativa europea al GPS che dovrebbe prendere il via nel 2013).
- Sviluppato dalla FAA (Federal Aviation Administration) Statunitense
- La correzione differenziale è gratuita
Aumenta di circa 1/3 la precisione dello strumento
- Basata su 2 satelliti geostazionari WAAS (East Coast e West Coast degli Stati Uniti)
- In Europa il corrispondente è EGNOS

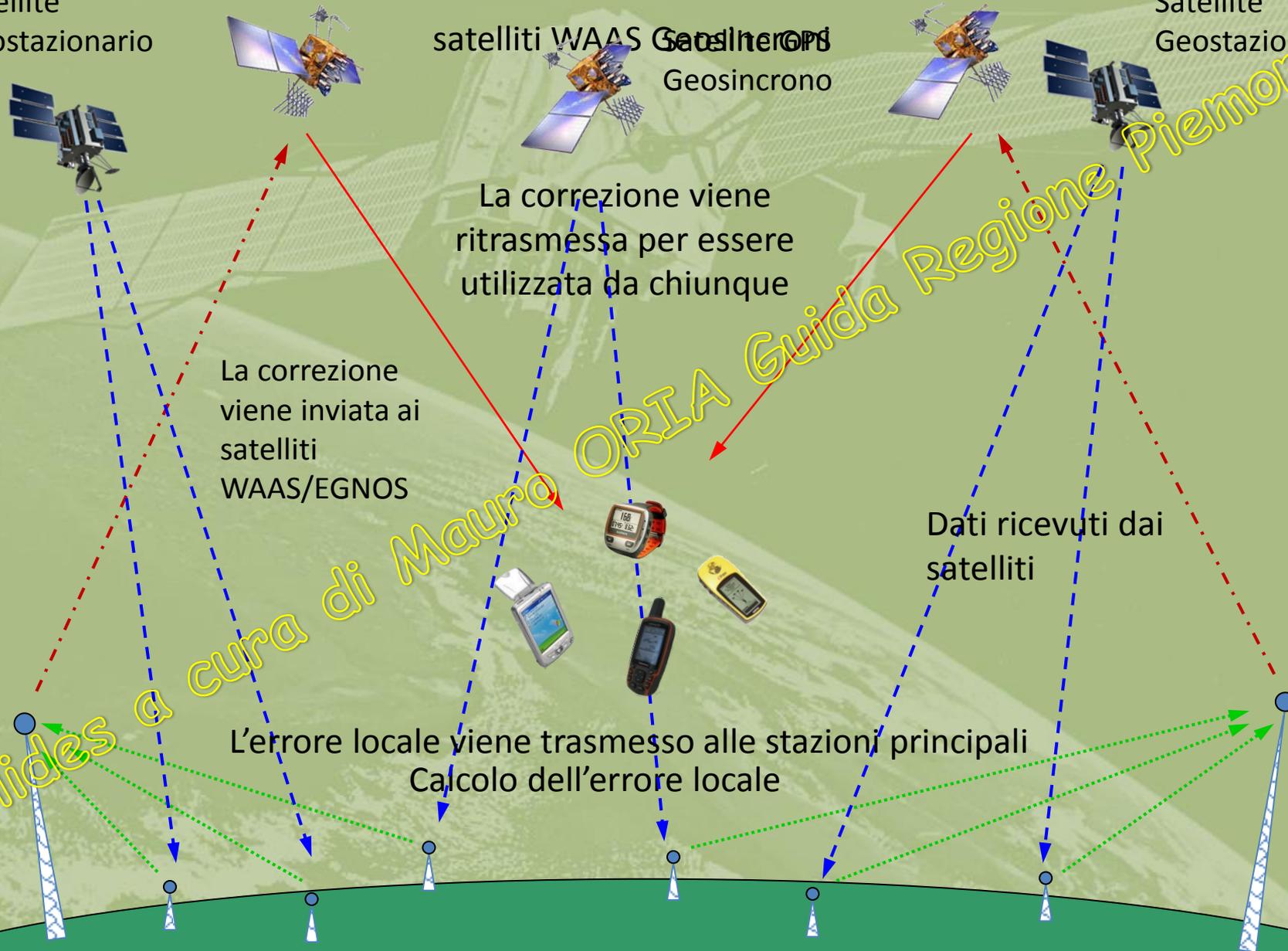
EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)

WAAS: Wide Area Augmentation System

Satellite
Geostazionario

Satellite
Geostazionario

satelliti WAAS Galileo
Geosincrono



La correzione viene
ritrasmessa per essere
utilizzata da chiunque

La correzione
viene inviata ai
satelliti
WAAS/EGNOS

Dati ricevuti dai
satelliti

L'errore locale viene trasmesso alle stazioni principali
Calcolo dell'errore locale

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Fattori che influenzano la Precisione del WAAS/EGNOS

Più rigorosi parametri di raccolta dati per garantire l'alta precisione richiesta

Intervallo di frequenza di raccolta e registrazione dei dati di posizione (alla guida 1sec – camminando 1.5 sec)

Elevation Mask (elevazione sull'orizzonte, almeno $10^{\circ}/15^{\circ}$)

Quantità (porzione) di cielo visibile (verso Sud)

Rumore del Segnale

Forza/intensità del Segnale satellitare

Posizione di diluizione di precisione (GDOP)

Geometria dei satelliti (Costellazione)

A satellite with large solar panels is shown in orbit above the Earth's surface. The satellite is white and has several large, rectangular solar panels extending from its body. The Earth's surface is visible below, showing a mix of land and water. The background is a dark, starry space.

Riassumendo.....

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte

Gli utilizzi fondamentali del GPS sono in pratica cinque:

1- quello ovvio della visualizzazione delle coordinate

2 - quello di guida, cioè immettendo prima di partire dei punti ai quali si vuole arrivare e comandando allo strumento di indicarci la navigazione verso di essi (funzione Goto). Questa funzione viene usata in maniera automatica dallo strumento quando impostiamo una rotta ripetendo il Goto per tutti i punti della rotta

3 - la funzione di registrazione del nostro percorso (track), per poi riportarlo sulla cartina e sapere con precisione dove si è passati,

4 - la funzione trackback (indietro sulla traccia), che permette di tornare esattamente sui propri passi

ed infine la funzione che, attivata dal tasto Mark, crea un waypoint con le coordinate del momento.

Quindi.....

Dalle coordinate fornite, reperire la nostra posizione sulla carta con le carte «GPS compatibili»

Possiamo, ad escursione terminata, verificare dati come il profilo altimetrico, la lunghezza del percorso, i tempi di percorrenza, gli orari, le velocità, etc.....

Possiamo usarlo da orologio, bussola, altimetro, barometro.

Possiamo usarlo, molto utilmente, per verificare gli orari alba e tramonto.....

inserire allarmi di prossimità su waypoint

Possiamo comunicare la posizione esatta di un incendio, un incidente o qualsiasi calamità.

E poi.....

Comunicando le coordinate fornite dal GPS, la squadra di soccorso, l'elicottero arrivano prima.

Attenzione: le coordinate all'elicottero vanno fornite in GG° min' sec". I piloti lo usano preferenzialmente.

Slides a cura di MICURO ORIA Guida Regione Piemonte

Ecco una possibile situazione :
una persona infortunata a terra

mi arreso delle condizioni dell'infortunato e
dopo di che mi preparo a chiamare il soccorso
possibilmente dell'assistenza con i soccorsi
un'altra che si disperde

il sopraggiungere della nebbia

COSA FARE ?

se la posizione è espressa in UTM cambio subito in
coordinate geografiche (si controlla subito il corso
preposizione)
N 45°18'25" E O 10°57'03" q. 1554
321255845.17 E 5095330.83N
dopo che chiamo il 118 e resto in attesa

Slides a cura di Mauro

ORIA Guida Regione Piemonte



Slides a cura di Mauro ORTA Guida Regione Piemonte



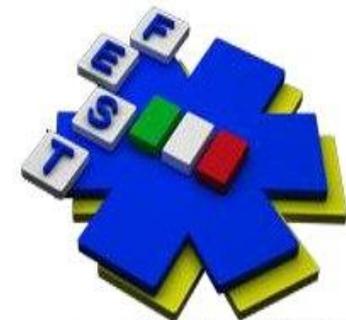
Tecnico Protezione Civile



Tecnico FIDAL Nordic Walking



**Osservatore Nivologico
Tecnico AINEVA**



pediatric BLSD

Slides a cura di Mauro ORIA Guida Regione Piemonte