

## I satelliti dei radioamatori

### Meccanica celeste

a cura di Domenico Marini - 18CVS

Abbiamo rimandato l'argomento delle antenne per soddisfare numerose lettere che richiedono spiegazioni sulla estrema variabilità di intensità nei segnali di Oscar-10.

Molti OM, abituati ai segnali forti, hanno messo in dubbio l'efficienza del proprio sistema ricevente ed hanno pensato che Oscar-10 funzionasse male. Niente di tutto ciò, perchè dal dicembre scorso tutti ci siamo accorti che i segnali di AO-10 sono diminuiti di intensità e il QSB è aumentato notevolmente. Durante l'estate 1984 invece, quando il satellite era all'apogeo, bastavano pochi watt in modo-B per ricevere segnali traslati molto forti e senza QSB. Nel gennaio 1985 la situazione è cambiata totalmente e i segnali più forti si sono avuti da MA 25 a MA 100 e proprio in questa parte dell'orbita è stato attivato il transponder modo-L. Quando il satellite ricommutava in modo-B e si avviava all'apogeo, i segnali divenivano sempre più deboli con molto QSB e il traffico diveniva quasi impossibile.

Questa situazione è legata alla necessità di variare l'orientamento del satellite e delle sue antenne rispetto alla terra per motivi stagionali dovuti alla posizione del sole.

Nell'intento di dare una spiegazione semplice a questi cambiamenti periodici dei segnali, abbiamo fatto un disegno (fig. 1) che mette in relazione fra loro la Terra, il satellite e il Sole. Un disegno riesce a visualizzare meglio di tante formule i fenomeni che accadono lassù, ma proprio perchè semplifica i fatti non basta da solo a spiegare tutto e pecca talvolta di imprecisione.

Ciò premesso, i dati di cui disponiamo per la nostra analisi sono gli elementi kepleriani che usiamo nei nostri computer per le previsioni orbitali e che riguardano i legami Terra-satellite-Sole e i dati telemetrici che Oscar-10 trasmette di continuo in PSK e RTTY sul beacon a 145,810 MHz.

Tutti sappiamo che Oscar-10 ha una faccia su cui sono montate le antenne e un'altra faccia opposta su cui è montato il motore di apogeo. Se facciamo passare un asse nell'ugello del motore di apogeo e lo facciamo uscire dalla faccia opposta, dove sono le antenne, avremo individuato quello che si chiama asse Z. Il semiasse lato motore si chiama - Z mentre quello lato antenne si chiama + Z.

In condizioni ideali, se l'asse Z fosse sempre parallelo al semiasse maggiore dell'orbita ellittica, avremmo che le antenne di Oscar-10 sarebbero perfettamente puntate verso la Terra solo col satellite all'apogeo. Al contrario, col satellite al perigeo, le antenne sarebbero rivolte verso lo spazio esterno e l'ugello del motore di apogeo verso la Terra.

Da questa considerazione segue che, in tutte le altre posizioni che Oscar-10 assume lungo l'orbita ellittica, le antenne dei 2 m, 70 cm e 23 cm, saranno orientate verso la Terra secondo direttrici passanti in punti dei lobi di radiazione in cui esiste un'attenuazione rispetto al campo massimo irradiato lungo l'asse + Z.

La condizione di assetto che fa navigare il satellite con l'asse Z parallelo al semiasse maggiore dell'orbita ellittica non può essere mantenuta costante in tutti i periodi dell'anno perchè le posizioni reciproche che il Sole e il piano orbitale del satellite assumono nel tempo sono mutevoli. Durante l'anno il Sole illumina il satellite da angoli sempre diversi e se l'asse Z restasse sempre parallelo al semiasse maggiore dell'orbita, in alcune stagioni i pannelli di celle fotovoltaiche sarebbero illuminati in modo ottimale con luce incidente a circa 90° e in altre stagioni meno favorevolmente, al punto da non soddisfare un bilancio energetico positivo, indispensabile alla sopravvivenza del satellite.

Per fare in modo che il bilancio energetico sia sempre positivo e per ottenere nel contempo un orientamento soddisfacente delle antenne verso Terra è necessario riorientare periodicamente il satellite da terra cercando il compromesso più opportuno.

Queste manovre sono effettuate dalle stazioni di controllo o «Ground Stations» dell'AMSAT (VE1SAT/VE6-DJ4ZC-ZL1AOX), responsabili di studiare le strategie e caricare nel computer di Oscar-10 un adatto software che ordina al controllo di assetto (attitudine control) di interagire col campo magnetico terrestre e modificare l'orientamento dell'asse Z durante i passaggi al perigeo quando i transponder sono spenti.

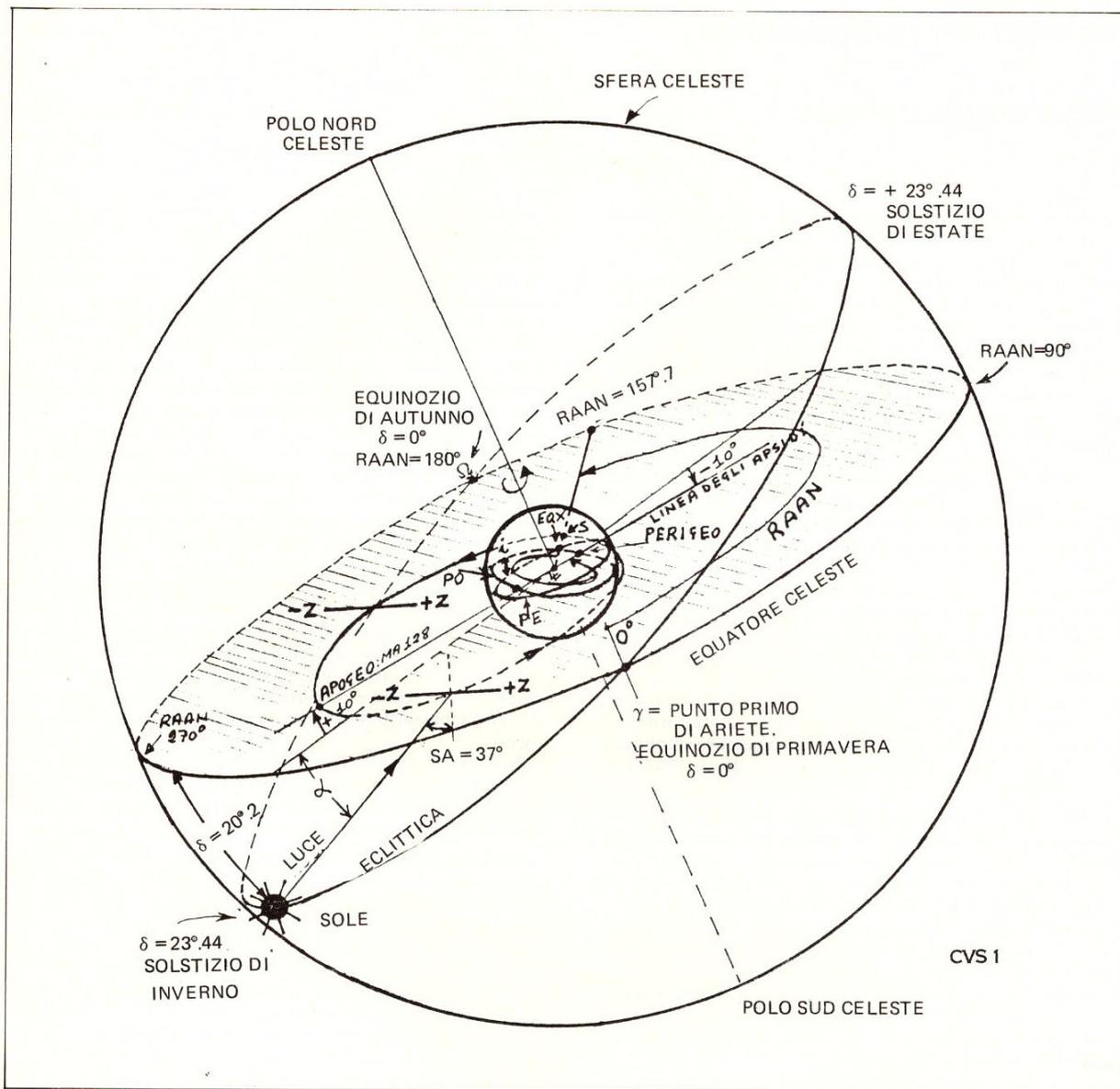
Noi a terra, ogni 15 secondi possiamo ricevere in TLM PSK ben 63 parametri relativi alle condizioni del satellite. Alcuni di questi sono preziosi per determinare l'orientamento del satellite rispetto al Sole ed al nostro pianeta.

Per utilizzare queste informazioni bisogna dare uno sguardo generale alla situazione orbitale di Oscar-10, iniziando col visualizzare l'insieme dei fenomeni che legano fra loro i moti dei corpi celesti.

Osserviamo la fig. 1. Al centro del disegno vediamo la Terra. Individuiamo il piano PE che significa piano equatoriale. Questo piano divide in due emisferi il globo terrestre. Cerchiamo ora l'equatore terrestre così come potremo visualizzarlo guardando il bordino dell'equatore disegnato su qualunque mappamondo. Se ora proiettiamo all'infinito l'equatore terrestre otterremo un altro equatore proiettato sulla volta celeste.

Questo equatore, che dobbiamo immaginare disegnato nel cielo che vediamo dalla nostra Terra, si chiama equatore celeste. In astronomia il piano dell'equatore terrestre si estende fino ad incontrare l'equatore celeste e divide in due parti uguali la grossa sfera del disegno che si chiama appunto «sfera celeste». Su questa sfera, che rappresenta la volta del cielo, sono raggruppati senza limiti di profondità tutti gli astri dell'universo e - nella nostra illustrazione - i limiti esterni della sfera ci sono solamente per poter fare un disegno, ma in pratica sono a distanza infinita.

Posizione Asse Z di Oscar-10: -Z lato motore apogeo con temp. 29,1 gradi centigradi, perché rivolto verso il sole; +Z lato antenne con temp. 0,5 gradi centigradi, perché in ombra. A MA 60 le antenne sono rivolte verso la Terra ed è modo-L. Dopo MA 90/100 le antenne sono orientate verso lo spazio. Segnali deboli in Modo-B.



Modello orbitale di Oscar 10 in relazione al Sole ed alla Terra il 19 gennaio 1985, orbita n. 1202. PE = piano equatoriale terrestre; PD = piano orbitale di Oscar 10;  $i$  = inclinazione del piano orbitale; EQX = longitudine nodo ascendente; S = Oscar 10 nel momento di EQX; W = argomento del perigeo; RAAN = angolo fra il punto  $\gamma$  letto in senso antiorario fino alla congiungente centro della Terra, EQX, equatore celeste.  $\delta$  = declinazione del Sole negativa di  $-20,2$  gradi il 19 gennaio 1985. Latitudine subpoint apogeo =  $+10$  gradi Nord; latitudine subpoint perigeo =  $-10$  gradi Sud;  $\alpha$  = angolo di incidenza

della luce con il piano equatore celeste; la parte di orbita di Oscar 10 non tratteggiata ha subpoint nell'emisfero settentrionale, quella tratteggiata ha subpoint in quello meridionale. L'ascensione retta del nodo ascendente RAAN diminuisce e s'avvicina al punto  $\delta$  di  $0,137$  gradi/giorno in senso orario per effetto della regressione del nodo ascendente verso Ovest. Il Sole si sposta sull'eclittica e sarà in  $\delta$  il 21 marzo. La linea degli apsidi ruota nel senso del moto di Oscar 10 di  $0,249$  gradi/giorno, che rappresentano la variazione giornaliera dell'argomento del perigeo.

## Spazio Nuova Frontiera

Il piano passante per l'equatore terrestre proiettato all'infinito è quello che si vede tratteggiato in fig. 1. Sembrerà strano, ma l'arco dell'equatore celeste è perfettamente visualizzabile con poco esercizio e alcune considerazioni. Quest'arco è esattamente percorso dal Sole due volte all'anno come noi lo vediamo dal sorgere al tramonto nei giorni degli equinozi. L'equinozio di primavera avviene il 21 di marzo e quello di autunno il 23 di settembre.

Durante questi giorni il sole ci sorge ad Est con Azimuth di  $90^\circ$  e ci tramonta ad Ovest con Azimuth di  $270^\circ$ . A mezzogiorno, quando il Sole attraversa e taglia il nostro meridiano locale, raggiunge la massima elevazione e questo è il culmine che ci serve per tracciare idealmente nel cielo un arco che partendo da Est lo attraversa abbassandosi poi fino ad Ovest.

Se il ragionamento è lo stesso, le cose non sono uguali viste da latitudini diverse. Per esempio: il nostro collega TR8BL, che vive in Gabon sulla linea dell'equatore, ha la proiezione dell'equatore terrestre proprio al suo zenith, ossia in testa, e perciò agli equinozi vedrà il Sole sorgere ad Est, passarli in capo per tramontare ad Ovest.

Se ora guardiamo la fig. 1 possiamo individuare sull'equatore celeste un punto molto importante segnato con la lettera greca gamma ( $\gamma$ ) o punto primo di Ariete. Questo è il punto in cui il Sole si trova il 21 marzo, all'equinozio di primavera, quando l'eclittica incrocia l'equatore celeste. Con il passare dei giorni, da primavera si arriva in estate e tutti sappiamo che in questa stagione il Sole resta in cielo più a lungo della notte e anzi lo vediamo con elevazione maggiore che in primavera ed in inverno. Se dunque il 21 di giugno, al solstizio d'estate, rifacciamo la stessa osservazione di aspettare al varco il sole a mezzogiorno quando taglia il nostro meridiano locale (l'arco che parte da Sud ci passa in testa e finisce a Nord) e misuriamo con un sestante l'altezza del Sole, vedremo che questo si trova  $23.44$  gradi più in alto dell'arco di riferimento che individua nel cielo l'equatore celeste.

Il 21 di giugno, TR8BL sulla linea dell'equatore vedrà il Sole a mezzogiorno spostato dal suo capo di  $23.44$  gradi e rivolto verso Nord. All'equinozio di autunno il sole discende nuovamente sull'arco dell'equatore celeste e lo taglierà nel punto della Bilancia, segnato con la lettera omega ( $\Omega$ ).

Le cose si ripetono uguali come all'equinozio di primavera e il Sole ci farà il dono di ridisegnarci nel cielo il meraviglioso arco dell'equatore celeste. Gli equinozi ed i solstizi sono giorni importanti ed io passo molte ore del giorno ad annotare con mezzi rudimentali i punti del sorgere e del tramonto, così come l'altezza del sole al meridiano. Questo esercizio mi permette oramai di conoscere bene la situazione del cielo visto da casa mia, perchè anche in altri giorni e in altre stagioni posso tracciare a memoria un arco nel cielo passando con gli occhi fra stelle note e individuare questo riferimento così importante specialmente per quelli che fanno EME.

Quando il Sole, arrivato al solstizio d'inverno, si presenta a mezzogiorno sul meridiano locale al solito appuntamento stagionale, siamo al 21 di dicembre e se facciamo la solita misura a mezzogiorno troveremo un'altezza del Sole di  $23.44$  gradi al di sotto dell'equatore celeste.

TR8BL invece al solstizio d'inverno avrà il Sole a mezzogiorno spostato dal suo capo di  $23.44$  gradi, ma verso Sud. Per TR8BL, questo sole sempre in testa, che non si sposta mai a mezzogiorno da una fascia che va da  $23.44$  gradi a Sud d'inverno e  $23.44$  gradi a Nord d'estate, descrive proprio la cosiddetta fascia dei tropici che va dal tropico del Cancro a quello del Capricorno ed è disegnata su tutti i mappamondi e le carte geografiche.

Ma come si chiama questa escursione che il sole va compiendo di più o meno  $23.44$  gradi rispetto all'equatore celeste al variare delle stagioni?

Trattasi della declinazione che gli astronomi indicano con la lettera greca delta ( $\delta$ ) e che serve a determinare la posizione di qualunque astro sulla volta celeste. Se l'astro si trova al di sopra dell'equatore celeste, ossia nell'emisfero Nord della sfera celeste, la sua declinazione è Nord o positiva, se invece l'astro è al di sotto dell'equatore celeste, ossia nell'emisfero meridionale della sfera celeste, la sua declinazione è Sud o negativa.

La declinazione si misura in gradi ed indica l'arco fra l'astro e l'equatore celeste. In fig. 1 la declinazione del Sole al solstizio d'inverno è  $-23.44$  gradi (Sud). Se il Sole si trova al solstizio d'estate, la declinazione è  $+23.44$  gradi (Nord) e agli equinozi la declinazione è zero gradi.

Ovviamente per rintracciare un astro sulla volta celeste non basta avere la declinazione, perchè questo angolo ci fornisce solo la distanza in gradi, sopra o sotto l'equatore celeste. Per individuare un punto sulla sfera celeste ci vuole anche un'altra misura che ci indichi da quale punto dell'equatore celeste bisogna salire o scendere per rintracciare l'astro.

Siccome l'equatore celeste misura  $360$  gradi, bisogna stabilire da quale punto o riferimento occorre partire per fare la misura angolare e in quale senso misurare l'arco di equatore celeste. Ebbene, gli astronomi si sono accordati che l'origine della misura è il punto in cui il sole si trova sull'equatore celeste all'equinozio di primavera. Questo riferimento è il punto gamma o punto primo di Ariete e si chiama così perchè il 21 di marzo, se tracciamo una retta fra il centro della Terra, il Sole nel punto gamma e andiamo avanti, ci troveremo nella costellazione dell'Ariete.

Se ora, stabilito il riferimento, misuriamo un arco a partire dal punto gamma, in senso antiorario sull'equatore celeste, fino a trovare il punto in cui scendere o salire in corrispondenza della declinazione dell'astro, avremo tracciato la cosiddetta "ascensione retta".

L'ascensione retta si misura in gradi in senso antiorario, considerandoci sulla Terra guardando a Sud e con le spalle a Nord. In altri termini, la misura dell'ascensione retta viene fatta su quell'equatore celeste che abbiamo imparato a visualizzare a memoria nel cielo partendo dal punto gamma e misurando i gradi andando verso Est.

Certamente qualcuno di noi si sarà accorto che la fig. 1 porta la Terra al centro e il Sole che sembra girarle intorno. Tutto ciò andava bene al tempo di Tolomeo, che poneva la terra al centro dell'universo, ma fa a pugni con le teorie di Copernico, Galileo e Keplero. Ebbene, questo è solo un modo usato correntemente per raffigurare la posizione del Sole rispetto all'equatore celeste al variare della sua declinazione col trascorrere delle stagioni. In realtà dobbiamo sempre pensare che è la Terra a compiere il moto di rivoluzione intorno al Sole, che viene a trovarsi giorno per giorno in posizioni diverse sulla sua eclittica.

L'eclittica in fig. 1 non deve essere vista come il percorso del Sole in un anno, bensì come la risultante di tutte le declinazioni del Sole che noi potremmo misurare giorno per giorno quando ci passa al meridiano locale a mezzogiorno.

Continua

## Meccanica celeste

### Parte seconda

Dunque, quando la Terra ruota per fatti suoi, il Sole ed il punto gamma restano dove sono (con le dovute approssimazioni).

Consideriamo ora il piano PO di fig. 1, ossia il piano orbitale di Oscar-10, che vediamo disegnato sulla Terra e che risulta inclinato di circa 26 gradi rispetto al piano equatoriale terrestre e, ovviamente, anche al piano equatoriale celeste.

L'inclinazione tra i due piani, così com'è la figura, va misurata considerandoci dalla parte opposta della Terra come la vediamo nel disegno e perciò l'angolo di inclinazione è il piccolo arco segnato con la lettera (i). L'inclinazione si vede così perché il satellite orbita nel senso delle frecce disegnate sull'ellisse per indicare il moto di Oscar-10.

Seguiamo il percorso del satellite e consideriamo il momento in cui questo si trova ad incrociare l'equatore terrestre mentre passa dall'emisfero meridionale a quello settentrionale. Questo evento, nel disegno, avviene dietro la Terra e proprio nel punto segnato EQX (equator crossing).

Se ora partiamo dal centro della Terra e tracciamo la congiungente con il punto EQX, la posizione del satellite in S, e prolunghiamo questa retta fino ad incontrare l'equatore celeste, potremo dire finalmente di aver messo in relazione o aver **agganciato** il nodo ascendente EQX del satellite col sistema delle **coordinate celesti** sulla sfera celeste.

Da questo momento in poi, potremo davvero considerare il nodo ascendente EQX del satellite proiettato sulla sfera celeste in un punto dell'equatore celeste con declinazione di zero gradi e potremo misurarne la distanza angolare dal punto gamma come se il satellite fosse un vero e proprio astro.

L'arco, misurato in senso antiorario fra il punto gamma e la proiezione dell'EQX sull'equatore celeste, si chiama **ascensione retta del nodo ascendente** ovvero **RAAN (Right ascension of ascending node)**. Questo dato è uno di quelli che fanno parte degli elementi kepleriani utilizzati dai nostri computer per calcolare le previsioni orbitali dei satelliti.

Gli elementi kepleriani considerano il satellite come qualsiasi astro a differenza del sistema a coordinate geocentriche usato in passato e col quale le previsioni orbitali si fanno isolando la Terra e l'orbita del satellite dal Sole e riferimenti celesti.

Se osserviamo gli elementi kepleriani di Oscar-10 a intervalli di tempo successivi, ci accorgiamo che la RAAN del satellite non è mai la stessa, ma diminuisce di circa 0.137 gradi al giorno. In fig. 1 troviamo che il 19 gennaio 1985 la RAAN era di 157.7 gradi (misurati dal punto gamma nel senso della freccia).

La RAAN diminuisce perché, mentre la Terra ruota sul suo asse di 360 gradi al giorno, il piano orbitale del satellite non resta fermo, ma ruota lentamente verso Ovest, cosicché la proiezione del suo EQX sull'equatore celeste si sposta di 0.137 gradi al giorno verso il punto gamma.

In altri termini, col passare dei mesi, la proiezione dell'EQX si troverà proprio sul punto gamma e la RAAN sarà zero gradi. Ovviamente l'EQX continuerà a spostarsi nello stesso senso e la RAAN diverrà 360 meno 0.137 gradi al giorno, perché l'ascensione retta si misura sempre in senso antiorario.

Come mai la RAAN si sposta verso il punto gamma e non al contrario?

La causa è la Terra, non perfettamente sferica, e si può dimostrare che il satellite durante l'orbita non trova mai il centro della Terra nello stesso punto e perciò ad ogni giro riceve una specie di "schiaffone" che sposta il piano dell'orbita in senso contrario al moto del satellite.

Tecnicamente si dice che il piano orbitale presenta una **regressione del nodo** ascendente in senso contrario al moto del satellite. Siccome l'inclinazione di Oscar-10 è 26 gradi, quando arriva al nodo ascendente si muove verso Est e perciò il piano dell'orbita regredisce di 0.137 gradi al giorno, ma verso Ovest. Da fig. 1 si vede facilmente che, essendo EQX agganciato alla RAAN, quando EQX si sposta verso Ovest, la RAAN si avvicina al punto gamma.

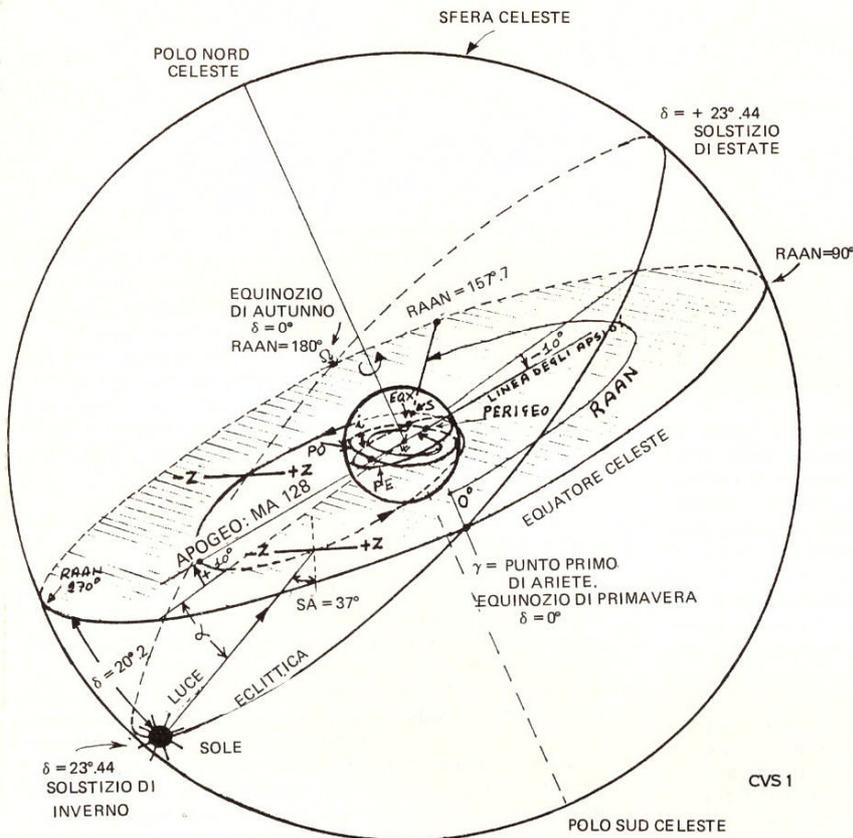
Ora analizziamo un fatto molto importante: mentre il piano orbitale si sposta verso Ovest (per la Terra è a sinistra del disegno) il Sole si sposta sull'eclittica, ma verso destra alla velocità di 365 giorni diviso 360 gradi e cioè 0,98 gradi al giorno.

I due movimenti sono in sensi contrari e perciò si sommano tra loro. Ne consegue che ad un dato momento EQX di Oscar-10 si troverà ad avere il Sole alle spalle e così una parte di orbita sarà illuminata, mentre la restante parte si troverà a coprire una zona della Terra che sta in ombra. In questa situazione Oscar-10 avrà i periodi di maggior acquisibilità di notte e sarà poco utilizzato e ci saranno inoltre dei momenti in cui la Terra si interpone fra Sole e satellite determinando periodi in cui Oscar-10 non è illuminato e resta in eclisse anche per ore.

Se ognuno si mettesse a pensare cosa succederà continuando questo ragionamento nel tempo, si accorgerebbe che in altri momenti dell'anno gli apogei capitano quando sulla Terra è giorno o penombra.

Da queste considerazioni, risulta evidente che la posizione del Sole, in continua variazione rispetto al piano orbitale, determina esigenze continuamente diverse di **orientamento** dell'asse Z del satellite, sia per illuminare

Posizione Asse Z di Oscar-10: —Z lato motore apogeo con temp. 29,1 gradi centigradi, perchè rivolto verso il sole; +Z lato antenne con temp. 0,5 gradi centigradi, perchè in ombra. A MA 60 le antenne sono rivolte verso la Terra ed è modo-L. Dopo MA 90/100 le antenne sono orientate verso lo spazio. Segnali deboli in Modo-B.



Modello orbitale di Oscar 10 in relazione al Sole ed alla Terra il 19 gennaio 1985, orbita n. 1202. PE = piano equatoriale terrestre; PD = piano orbitale di Oscar 10;  $i$  = inclinazione del piano orbitale; EQX = longitudine nodo ascendente; S = Oscar 10 nel momento di EQX; W = argomento del perigeo; RAAN = angolo fra il punto  $\gamma$  letto in senso antiorario fino alla congiungente centro della Terra, EQX, equatore celeste.

$\delta$  = declinazione del Sole negativa di  $-20,2$  gradi il 19 gennaio 1985. Latitudine subpoint apogeo =  $+10$  gradi Nord; latitudine subpoint perigeo =  $-10$  gradi Sud;  $\alpha$  = angolo di incidenza della luce con il piano equatore celeste; la parte di orbita di Oscar 10 non tratteggiata ha subpoint nell'emisfero settentrionale, quella tratteggiata ha subpoint in quello meridionale. L'ascensione retta del nodo ascendente RAAN diminuisce e s'avvicina al punto  $\delta$  di  $0,137$  gradi/giorno in senso orario per effetto della regressione del nodo ascendente verso Ovest. Il Sole si sposta sull'eclittica e sarà in  $\delta$  il 21 marzo. La linea degli apsidi ruota nel senso del moto di Oscar 10 di  $0,249$  gradi/giorno, che rappresentano la variazione giornaliera dell'argomento del perigeo.



# ARTEC s.n.c.

## Advanced Radio Technology

QUANDO PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE  
DI APPARATI E ACCESSORI PER TELECOMUNICAZIONI  
RAGGIUNGONO E SUPERANO DETERMINATI LIVELLI,  
ALLORA LA TECNOLOGIA PROFESSIONALE DIVENTA "ARTEC".

Il laboratorio è attrezzato per assistenza tecnica qualificata  
di apparecchiature radioamatoriali e civili fino a frequenze di 1.3 GHz.

Via Scaramuccia, 16 - Tel. (0733) 599436  
62010 MONTECCASIANO (Macerata)

Laboratorio di progettazione  
in Osimo, Via Chiaravallese 104.

# Spazio Nuova Frontiera

efficientemente i pannelli solari, sia per tenere le antenne orientate verso la Terra. Il problema si risolve col compromesso e perciò i segnali di Oscar-10 cambiano sempre di intensità dopo ogni riorientamento.

Ma i fenomeni non terminano qui. Siccome l'inclinazione del piano orbitale è inferiore a quel famoso 63 gradi (e infatti è circa 26 gradi), l'asse che unisce l'apogeo col perigeo passando per il centro della Terra non resta fermo, ma ruota perché la Terra non è sferica ed il satellite, mentre orbita, trova un centro sempre diverso. Il risultato è che il satellite ad ogni orbita riceve un'altra specie di "schiaffone".

Se l'inclinazione del piano orbitale è inferiore a 63 gradi, questo asse chiamato **linea degli apsidi** ruota nello stesso senso del moto del satellite, se invece l'inclinazione è superiore a 63 gradi, l'asse ruota in senso contrario al moto del satellite, trascinando con sé tutto il piano dell'orbita. Se l'inclinazione è 63,34 gradi lo "schiaffone" non c'è e così apogeo e perigeo del satellite avranno il loro subpoint sempre alle stesse latitudini come i Molnja sovietici.

E' molto importante visualizzare per bene quello che accade perché questo concetto risulta ostico da digerire. Per visualizzare bisogna ricorrere ad un esempio molto banale, forse ridicolo, ma efficace.

Mettiamoci in testa un berretto basco, di quelli schiacciati, con una lunga falda e incliniamolo di 26 gradi su un lato del capo o come dicevano i nostri nonni ganimedi "alle 23". La testa è la Terra ed il berretto inclinato rappresenta il piano orbitale. La falda allungata sulla fronte è l'apogeo, mentre il berretto aderente alla nuca è il perigeo. Se ora facciamo girare il berretto sul capo senza cambiarli l'inclinazione e portiamo la falda dietro la nuca, abbiamo raffigurato cosa accade quando ruota la linea degli apsidi. Nell'esempio in questione la rotazione è stata di 180 gradi e l'apogeo è andato al posto del perigeo, mentre l'inclinazione è rimasta costante.

Osserviamo ora la fig. 1 e guardiamo l'orbita ellittica di Oscar-10 inclinata di 26 gradi sull'equatore. Siccome le frecce indicano il moto del satellite, quando Oscar-10 arriva all'apogeo sembra dirigersi verso di noi che osserviamo il disegno. Questo è proprio il senso in cui ruota la linea degli apsidi. Questa rotazione avviene alla velocità angolare di 0.249 gradi al giorno cosicché, pian piano, la "falda del berretto", o meglio l'apogeo del satellite andrà a finire sotto il piano (tratteggiato) dell'equatore celeste ed il subpoint dell'apogeo si trasferirà nell'emisfero meridionale della Terra con grande contentezza dei nostri colleghi OM del Sud Africa, Australia e Nuova Zelanda.

Per TR8BL all'equatore, le cose non cambieranno e se il subpoint dell'apogeo si trova su uno o sull'altro emisfero le prestazioni di copertura rimarranno le stesse anche se cambieranno i paesi collegabili.

Facciamo ancora un piccolo sforzo. Se la linea degli apsidi ruota nel senso anzidetto, verrà il giorno in cui l'apogeo risalendo la linea tratteggiata dell'orbita si riposterà a tagliare l'equatore proprio nel punto in cui avviene il nodo ascendente EQX. In quel giorno l'**argomento del perigeo** sarà 180 gradi. Ora, il 19 gennaio 1985 l'apogeo si trova nella posizione di fig. 1 e la linea degli apsidi deve ruotare ancora di circa dieci gradi affinché l'apogeo oltrepassi il piano dell'equatore celeste.

Se ora misuriamo l'angolo fra il nodo ascendente ed il perigeo, nel senso del moto del satellite, otterremo 350 gradi, ossia l'arco segnato con W vicino al centro della

Terra. Questo angolo si chiama **argomento del perigeo** e ci serve per individuare in modo inequivocabile la posizione del perigeo e dell'apogeo rispetto al piano dell'equatore. E' evidente che se la linea degli apsidi ruota di 0.249 gradi al giorno, la rispettiva variazione giornaliera dell'argomento del perigeo è parimenti di 0.249 gradi al giorno.

Questi ragionamenti ci sono serviti per comprendere che i moti principali che legano tra loro Terra, Sole e satellite sono molti, cosicché la posizione del satellite rispetto al Sole e i pannelli solari ha certe esigenze di illuminazione e sopravvivenza, mentre il puntamento delle antenne verso Terra ha esigenze operative totalmente diverse.

Esaminiamo la posizione dell'orbita rispetto al Sole il 19 gennaio 1985. Si vede subito che l'apogeo è rivolto verso il Sole e dunque i periodi di massima utilizzazione sono di giorno. Si vede anche che la declinazione del Sole è -20.44 gradi (Sud) e che la luce potrebbe avere un angolo di incidenza di 90 gradi sui pannelli solari solo a condizione che l'asse Z di Oscar-10 sia quasi perpendicolare alla linea degli apsidi. Questa condizione di illuminamento ottimale per i pannelli avrebbe per conseguenza che le antenne sarebbero rivolte verso la Terra solo per un breve tratto di orbita dopo il perigeo. Per tutto il tempo successivo le antenne sarebbero sempre rivolte verso lo spazio esterno.

Per capire come si trova orientato l'asse Z di Oscar-10 in questo momento (19/1/85) ci viene in ausilio la telemetria PSK trasmessa dal beacon del satellite su 145,810 MHz.

I dati ottenuti con l'ausilio del demodulatore PSK di Karl Meinzer DJ4ZC e i programmi fatti da IV3IBX con IW3ER su TRS-80 hanno evidenziato su molte orbite campionate che nel periodo di fine gennaio 1985 la temperatura della faccia -Z relativa al motore di apogeo è sempre stata di 28 - 29 gradi centigradi, mentre la faccia +Z lato antenne si è mantenuta fra 0.5 - 1 gradi centigradi. Ciò significa che il Sole illumina e riscalda il lato opposto delle antenne di Oscar-10.

La misura ci viene confermata dalla lettura dei canali relativi ai sensori del Sole. Sulla faccia motore -Z c'è un sensore che trasmette il valore 63 quando i raggi del Sole sono perpendicolari con angolo di incidenza 90 gradi. I valori trasmessi ora sono variabili fra 42 e 59. Sulla faccia +Z lato antenne un altro sensore uguale trasmette valori compresi fra 0 e 11 e tutto ciò conferma che la luce del Sole colpisce prevalentemente il lato motore d'apogeo.

Siccome la declinazione è -20.2 gradi (Sud) la luce incide con lo stesso angolo sul piano equatoriale della sfera celeste. Rispetto al satellite il Sole va considerato a distanza infinita e si comprende che se i raggi riscaldano la faccia -Z provenendo dal basso, l'asse Z di Oscar-10 non può essere parallelo al semiasse maggiore dell'orbita, ma sarà orientato come disegnato in fig. 1.

Questa condizione da sola è sufficiente per stabilire il cattivo orientamento delle antenne verso Terra, specialmente dopo l'apogeo.

Un altro dato importante che viene trasmesso ogni 15 secondi in PSK è il **sun angle** o angolo di incidenza della luce del Sole sul piano equatoriale del satellite. Questo piano è perpendicolare all'asse Z e se il sun angle fosse 0 gradi noi sapremmo in modo inequivocabile che la luce del Sole incide perpendicolarmente all'asse Z investendo i pannelli.

La conoscenza simultanea delle temperature della faccia +Z e -Z, unitamente ai dati dei rispettivi sensori del Sole

e dell'angolo col Sole, ci permette di determinare con buona precisione l'orientamento dell'asse Z del satellite.

Per ora siamo ancora lontani dalla precisione ma ci proponiamo una visita a Marburg all'AMSAT-DL per conoscere i modelli matematici su cui operano le ground stations. Bisogna chiarire che la fig. 1 serve soltanto a dare un'idea tridimensionale della situazione orbitale legata ai moti celesti, ma non soddisfa quantitativamente la soluzione del problema.

In ogni modo, fino al 15 aprile, l'asse Z di Oscar-10 resterà posizionato come in fig. 1. Mentre il satellite percorre tutta l'orbita, l'orientamento dell'asse Z rispetto al semiasse maggiore non cambia. Come conseguenza le antenne sono dirette verso la Terra solo quando Oscar-10, superato il nodo ascendente, molto vicino al perigeo, arriva a MA di circa 100.

Il transponder modo-L è stato attivato fra MA 52 e 68, sia per approfittare delle antenne orientate verso Terra in quel momento, sia perché il satellite è più vicino alla Terra e l'attenuazione della tratta in 23/70 cm è minore.

Dopo MA 100 la fig. 1 mostra che il semiasse +Z lato antenne è sempre rivolto verso lo spazio esterno e così quando il transponder modo B è in funzione i segnali ricevuti sono più deboli. I segnali si indeboliscono perché Oscar-10 orienta verso la Terra i riflettori più che i radiatori. Ciò significa che la polarizzazione del campo in arri-

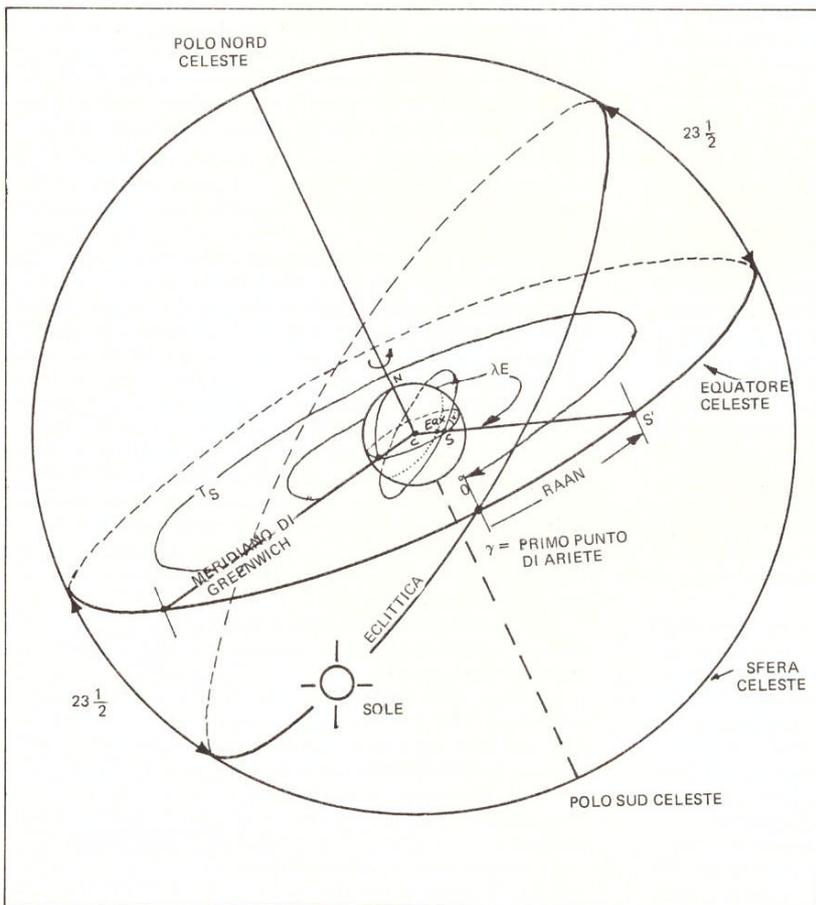
vo è prevalentemente ellittica e inoltre, per quanto detto su Radio Rivista 2/85, il senso di rotazione del campo in arrivo risulta invertito e da circolare destro passa a sinistro.

La situazione non resterà certo quella attuale. In aprile ci sarà un orientamento che peggiorerà le prestazioni del modo-L migliorando quelle del modo-B. In agosto un altro riorientamento tornerà a migliorare il modo-L, ma in modo-B il transponder resterà spento per qualche ora a ogni orbita quando Oscar-10 sarà in eclisse in prossimità dell'apogeo.

Ormai ciò non deve meravigliarci perché le condizioni sono sempre mutevoli per via della posizione sempre diversa del Sole sull'eclittica, della rotazione della linea degli apsi e della regressione del nodo.

Molte informazioni sulla vita del satellite arrivano tutti i giorni dalla telemetria PSK di AO-10.

In questa mia relazione colgo l'occasione per ringraziare IV3IBX e IW3ER che, primi in Europa, sono riusciti nel 1983 ad elaborare il software in linguaggio macchina per TRS-80 ed a capire come funzionava il demodulatore PSK di DJ4ZC. Oggi la TLM in PSK ci fornisce 63 canali telemetrici di blocco Q ogni 15 secondi e questi OM volenterosi lavorano a migliorare le prestazioni dei programmi con una faticosa ed appassionante ricerca nell'ambito della AMSAT-Italia. Senza questi dati molte cose sarebbero rimaste all'oscuro.



### Coordinate celesti

$\gamma$  = Primo Punto di Ariete. Il Sole si trova in  $\gamma$  il 21 marzo all'equinozio di primavera

RAAN = Right Ascension of Ascending Node (ascensione retta del nodo ascendente)

$T_s$  = Tempo siderale a Greenwich in ore o in gradi (si ricava dalle effemeridi nautiche)

$S'$  = Intersezione fra piano orbitale del satellite, equatore terrestre ed equatore celeste

$\lambda E$  = Longitudine del nodo ascendente in gradi ovest (W)

$O^\circ$  = origine per la misura del tempo siderale a Greenwich e dell'ascensione retta

Esempio:

$T_s = 340^\circ$ ; RAAN =  $30^\circ$ ;

$\lambda E = T_s - RAAN = 340^\circ - 30^\circ = 310^\circ$

Viceversa:

RAAN =  $T_s - \lambda E = 340^\circ - 310^\circ = 30^\circ$

# Spazio Nuova Frontiera

## Elementi kepleriani

### Definizioni ed esempi

**Reference Epoch: (T0)** - E' il tempo espresso in giorni e frazioni di giorno solare a partire dalle ore 00.00 UTC del primo giorno dell'anno fino all'istante in cui il satellite viene considerato in un punto ben preciso di riferimento sull'orbita. Esempio: Oscar-10 all'orbita n.1211 ha una reference epoch di 85021.81116101.

Interpretazione: 85 è l'anno 1985, 021 è il ventunesimo giorno dell'anno 1985, ossia il 21 gennaio. Togliamo 021, restano 0.81116101 giorni; facciamo 0.81116101 giorni per 24 ore = 19.46786424 ore e decimali. Togliamo 19 ore, restano 0.46786424 ore, facciamo 0.46786424 x 60 = 18.0718544 minuti e decimali. Togliamo 18 minuti e restano 0.0718544 minuti. Facciamo 0.0718544 x 60 = 4.311264 secondi e decimali.

Allora 85021.81116101 significa che il giorno 21 gennaio 1985 Oscar-10 sarà localizzato in un punto dell'orbita in cui si trova alle ore 19.28 minuti : 04.311264 secondi e decimali UTC. Questo dato corrisponde a quello riportato su Radio Rivista 4/85, pag.86, per l'orbita 1211 di Oscar-10 negli elementi kepleriani.

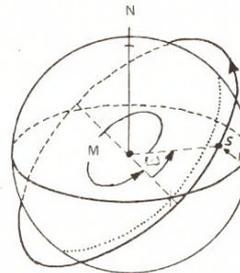
**RAAN: (00)** - Right ascension of the ascending node (ascensione retta del nodo ascendente). Sul piano orbitale del satellite uniamo con una retta il centro della Terra, l'equatore terrestre, l'orbita del satellite al nodo ascendente e l'equatore celeste. L'arco misurato in senso antiorario dal Punto Primo di Ariete o punto gamma e l'intersezione della retta con l'equatore celeste, è la **Raan** e si misura in gradi e decimali (vedasi fig.1).

**Eccentricity: (E0)** - Esprime di quanto un'orbita differisce da una perfettamente circolare. L'eccentricità di un cerchio è 0 ed è massima se è 1.  $E = Ha - Hp / Ha + Hp + 2R$

**Ha** = altitudine apogeo

**Hp** = altitudine perigeo

**R** = raggio medio terrestre, cioè 6370 chilometri



ω = ARGOMENTO DEL PERIGEO  
M = MEAN ANOMALY  
S = SATELLITE  
P = PERIGEO

Per Oscar-10 si ha:  $Ha = 35406.380$  km,  $Hp = 4049.459$  km, perciò:  $E = 35406.380 - 4049.459 : 35406.380 + 4049.459 + 2 \times 6370 = 0.6007551866$ , l'eccentricità è adimensionale.

**Argument of Perigee: (W0)** - Argomento del perigeo. E' l'angolo sul piano orbitale misurato fra il nodo ascendente ed il perigeo nel senso del moto del satellite (vedasi figura).

**Mean anomaly: (M0)** - Anomalia media, è l'angolo sul piano orbitale misurato nel senso del moto del satellite, fra il perigeo e la posizione in cui si trova il satellite al reference epoch. Se il reference epoch è il momento del nodo ascendente, si ha che: Mean Anomaly più Argument of Perigee eguale a 360 gradi circa.

**Mean Motion: (N0)** - E' il numero di orbite compiute dal satellite in 24 ore. Per Oscar-10 si ha:  $24 : 2.05854222 = 11.65873586$  ore e decimali.  $11.65873586 \times 60 = 699.5241516$  minuti e decimali. La Mean Motion è un modo di esprimere il periodo anomalistico di un satellite.

**GHA of Aries (Ts)** - E' usato da chi pratica EME e significa "Greenwich Hour Angle of Aries" od ora del punto primo di Ariete misurata in gradi. E' l'arco misurato sull'equatore celeste in senso orario fra il meridiano di Greenwich ed il punto gamma. Il valore di Ts in gradi e decimali si può conoscere per qualunque ora di qualunque giorno consultando le effemeridi nautiche. Il passaggio da gradi ad ore si fa sapendo che 360 gradi eguale a 24 ore.

## Le sovratensioni danneggiano gli apparati elettronici!

I transistori, dovuti a fenomeni atmosferici, all'inserzione e disinserzione di macchine elettriche, a fenomeni parassiti, viaggiano lungo le linee elettriche e telefoniche, generano correnti indotte anche su linee isolate, scavalcano le normali protezioni e gli alimentatori stabilizzati, colpendo circuiti integrati, transistori, diodi, etc.

I filtri "aguphon" smorzano e dissipano l'energia dei transistori, contenendo le sovratensioni a valori non pericolosi. Si inseriscono tra la sorgente di alimentazione e l'apparecchio da proteggere.

### CARATTERISTICHE TECNICHE

TIPO	Adatto per tensione	Energia dissipata	Tempo di intervento	Corrente di picco	Numeri di apparati serviti (prese)	PREZZO
AG 45	220V	45 J	5 nano S	4.500 A	1	29.000 A RICHIESTA
AG 50	220V	80 J	5 nano S	10.000 A	2	
AG 120	220V	140 J	5 nano S	10.000 A	2	
AG 120/A	220V	140 J	10 μS	10.000 A	2	
AG 120/T	linea telef.	140 J	5 nano S	10.000 A	1	

aguphon - 30 viale Japigia, 73100 Lecce; tel: 0832 - 34648