

TUTORIAL RENDEZVOUS E DOCKING CON LA ISS

Il Rendezvous e il docking sono una parte fondamentale delle manovre orbitali. Il successo delle missioni Apollo (1969-1972) dipendevano fondamentalmente dall'abilità nel far atterrare il Modulo Lunare (LM) sulla luna, per poi farlo tornare in orbita lunare e agganciare con il modulo di Comando e Servizio (CSM) che era rimasto in attesa in orbita lunare. Il collaudo di queste tecniche chiave erano l'obiettivo del primo programma Gemini (1964-1966).

Oggi, sia lo Space Shuttle, sia la Soyuz utilizzano ancora queste tecniche per trasferire personale e materiali sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS).

Questo Tutorial ha lo scopo di insegnare e far capire le tecniche di base per il Rendezvous e il docking con la Stazione Spaziale Internazionale.

REQUISITI PER IL RENDEZVOUS

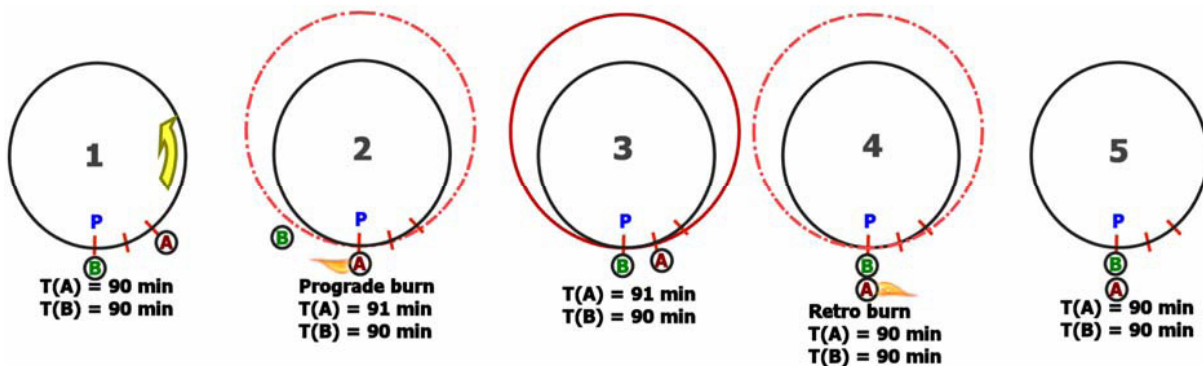
Per effettuare un rendezvous con una nave, si devono soddisfare i seguenti requisiti :

1. I piani Orbitali delle due navi devono essere allineati a non più di 1° o preferibilmente a 0.5° , questo è possibile grazie all'utilizzo del display "Align MFD" o settando il piano orbitale direttamente dallo "scenario editor".
2. L'orbita della tua nave, e della nave target si devono intersecare almeno in un punto.
3. Oltre che fare il modo che le due orbite si intersechino in un punto, bisogna sincronizzarle in modo che il passaggio in quel determinato punto avvenga nello stesso momento e alla stessa altezza orbitale.

Quindi per far tutto ciò utilizzeremo due strumenti : "Align MFD" e "Sync MFD".

Il display "Sync MFD" offre molti metodi per creare un'intersezione. Noi utilizzeremo il metodo "Periapsis", e cioè creare un punto di intersezione precisamente sul nostro Periageo. In questo modo utilizzeremo solo il metodo Prograde e Retrograde di accensioni dei motori, così da usare l'Apogeo come punto di correzione dell'altezza del nostro Periageo (o punto di intersezione). Tengo a precisare che questo non è il metodo più veloce per sincronizzare un'orbita, ma è un buon metodo per capire le manovre orbitali per il rendezvous.

Nella figura sotto (non è in scala e inoltre in questo caso i piani orbitali sono già allineati e bisogna solo sincronizzare le orbite) la nave A sei tu, mentre la B è la ISS, tieni conto che la ISS non è in grado di fare correzioni orbitali da permettere la sincronizzazione delle orbite, quindi tutto dipende da te. Nella figura 1, le due navi sono su una stessa orbita circolare, ma in due diverse posizioni angolari, perché la tua nave A passa nel punto P due minuti prima della nave B (ISS).

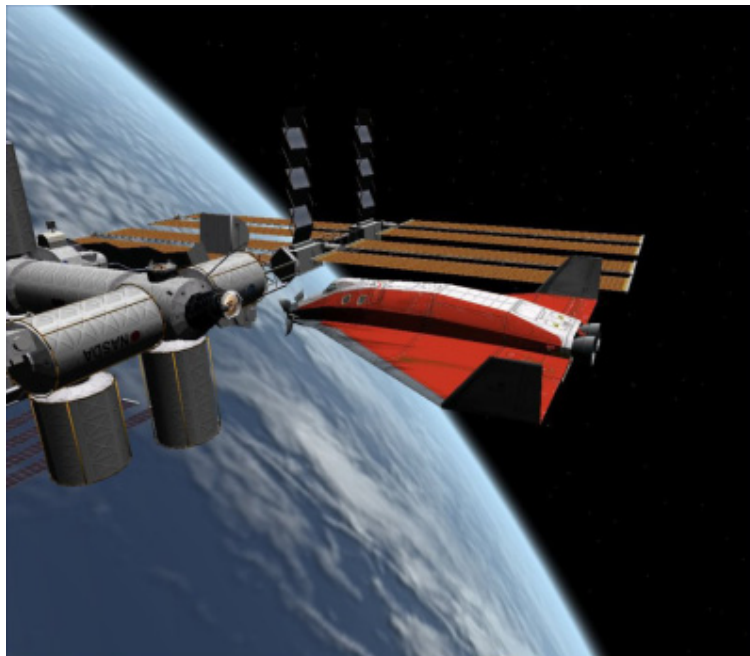


E' chiaro che con lo stesso periodo orbitale ($T(A) = T(B) = 90 \text{ Minuti}$) le due navi non si incontreranno mai. Quindi qualcosa deve cambiare. Se la tua nave fa una piccola accensione dei motori in Prograde nel punto P, quel punto diventerà il tuo Perigeo, e il tuo periodo orbitale aumenterà di un minuto (figura 2). Le figure successive mostrano quello che accade come risultato sulle prossime due orbite della tua nave. Questo aumento della velocità dato dall'accensione dei motori, ti immette su un'orbita più grande e ellittica e quindi impieghi un minuto in più per ripassare sul punto P rispetto alla nave B. Quindi, dopo due orbite, tu arrivi al punto P, nello stesso momento in cui arriva la nave B. A questo punto hai bisogno di una piccola accensione dei motori in Retrograde per ritornare sull'orbita circolare iniziale (figura 4 e 5).

Però in generale la cosa non è così semplice come nell'esempio, perchè sicuramente le due orbite saranno ellittiche, e la differenza di tempo nel passaggio sul punto di intersezione non sarà due minuti. Però il "Sync MFD" ti aiuterà con i numeri per permetterti di fare tutto ciò il più facilmente possibile.

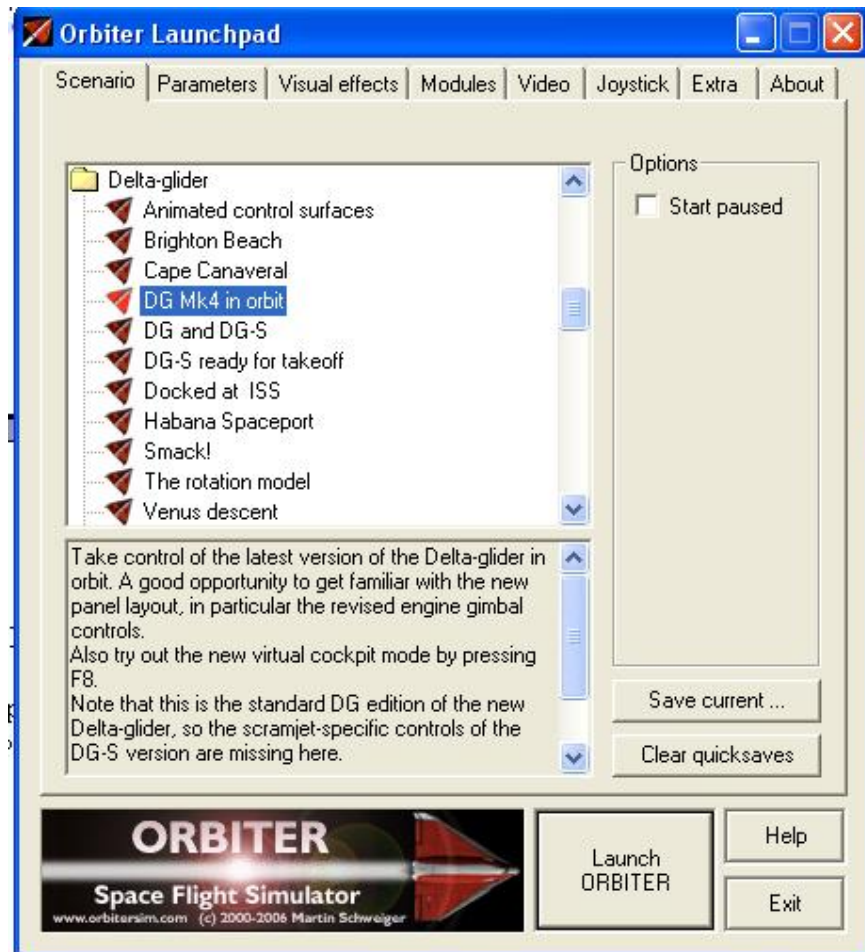
Comunque questi due strumenti (Align MFD e Sync MFD) ti porteranno a essere molto vicino con la ISS (2 chilometri o meno), poi ci sono altri strumenti che ti permetteranno di fare le correzioni finali e l'attracco come Docking MFD e Docking HUD. Questi ti permetteranno di correggere la tua velocità relativa rispetto alla ISS e di allinearti con le porte di aggancio della stazione con l'aiuto di simboli sul display HUD.

Tutto questo lo capirai più facilmente con gli esempi pratici e con l'esperienza, quindi se non riesci al primo tentativo prova e riprova.



LANCIARE LO SCENARIO

Come punto di partenza ho scelto uno scenario con il Delta Glider già in orbita e un'inclinazione rispetto al piano orbitale della ISS di circa 24°.

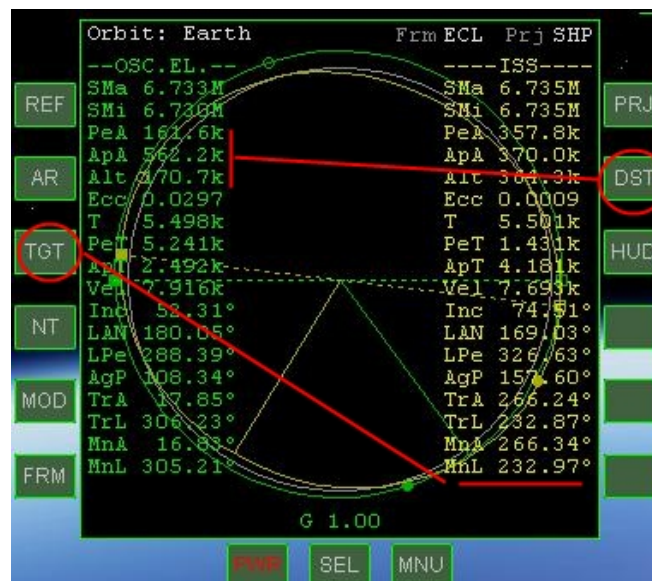


Quindi lanciare lo scenario selezionato come nella figura sopra

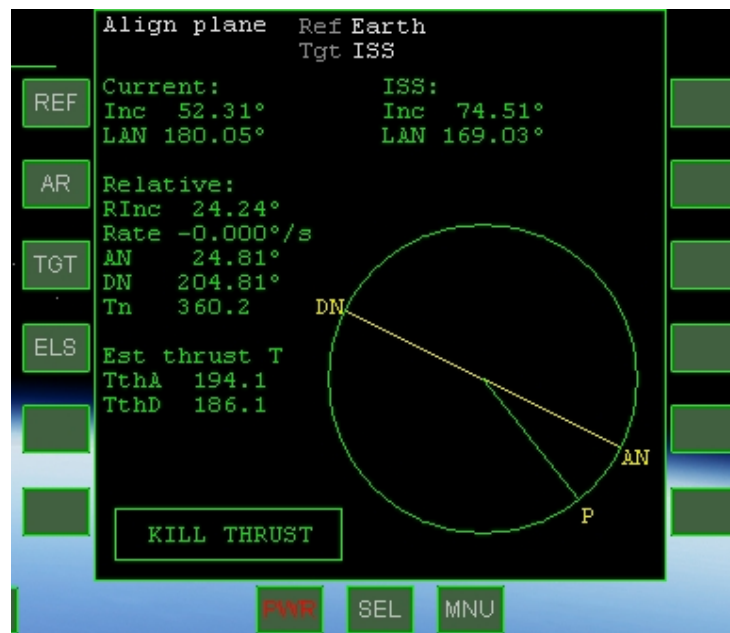
Una volta avviata la simulazione vi ritroverete all'interno del deltaglider su un'orbita quasi circolare ad un'altezza di circa 170 km dalla superficie terrestre come nella figura sotto.



Per prima cosa cominciamo a impostare bene i display MFD. Quello di sinistra lasciamolo in "Orbit MFD", premiamo il pulsante "DST" così da visualizzare l'altezza in Km dalla superficie terrestre e poi impostiamo un'orbita target, premendo il pulsante "TGT" e selezionando la ISS.



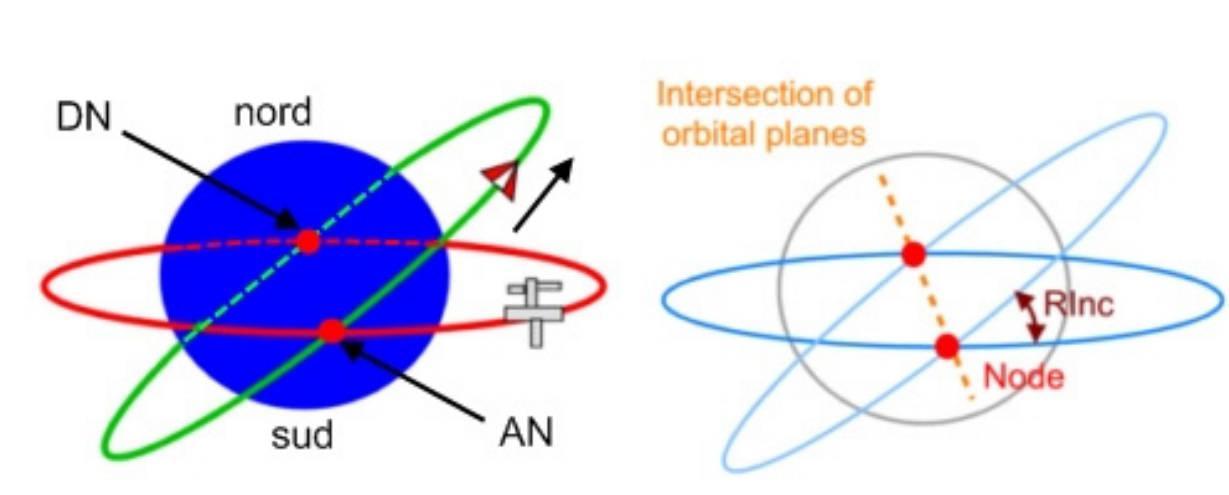
Invece il display di destra lo impostiamo in “Align MFD”. Quindi premiamo “SEL” e poi premiamo “Align Planes”. Una volta fatto ciò impostiamo il piano orbitale Target premendo il pulsante “TGT” e selezionando sempre la ISS come nella figura sotto.



Prima di iniziare a spiegare questo display MFD bisogna aver chiaro il significato di AN e DN (Ascending Node e Descending Node).

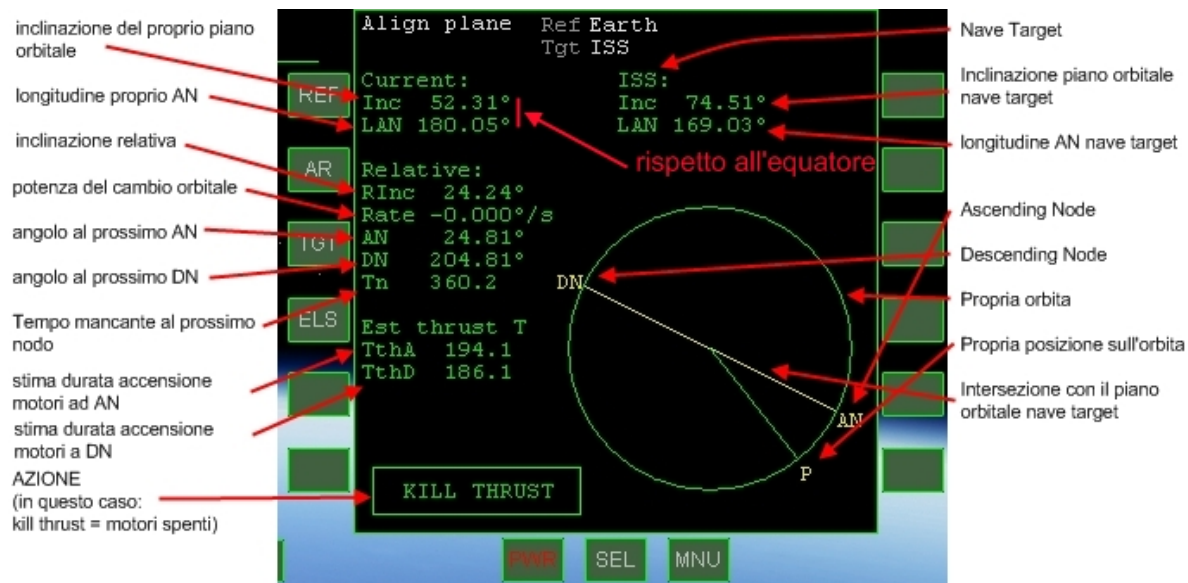
- Ascending Node (AN) è il punto dove la tua orbita si interseca con quella della nave target, mentre la tua nave viaggia verso il Nord.
- Descending Node (DN) è il punto dove la tua orbita si interseca con quella della nave target, mentre la tua nave viaggia verso Sud.

Forse la cosa ti sarà più chiara osservando la figura sotto.



Quindi, il concetto di base è, che , per fare il modo che le due orbite siano allineate ($Rinc = 0$), bisogna agire in corrispondenza di questi due punti focali.

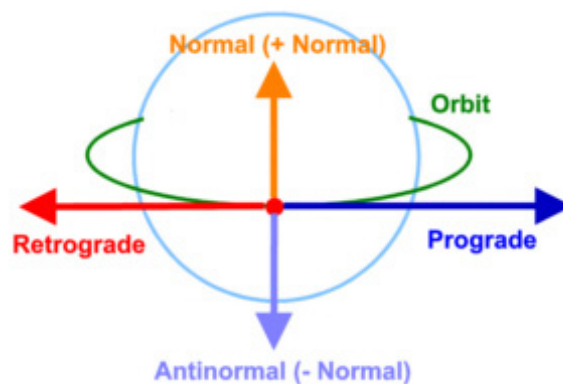
Tornando al nostro display MFD :



A questo punto ci sono dei semplici passaggi da fare per allineare le orbite; per prima cosa dobbiamo regolare la nostra posizione rispetto al vettore orbitale a seconda se ci stiamo avvicinando ad AN o a DN.

In caso di avvicinamento ad AN ci dobbiamo posizionare in modalità AntiNormal (-normal);

In caso di avvicinamento a DN ci dobbiamo posizionare in modalità Normal (+normal)

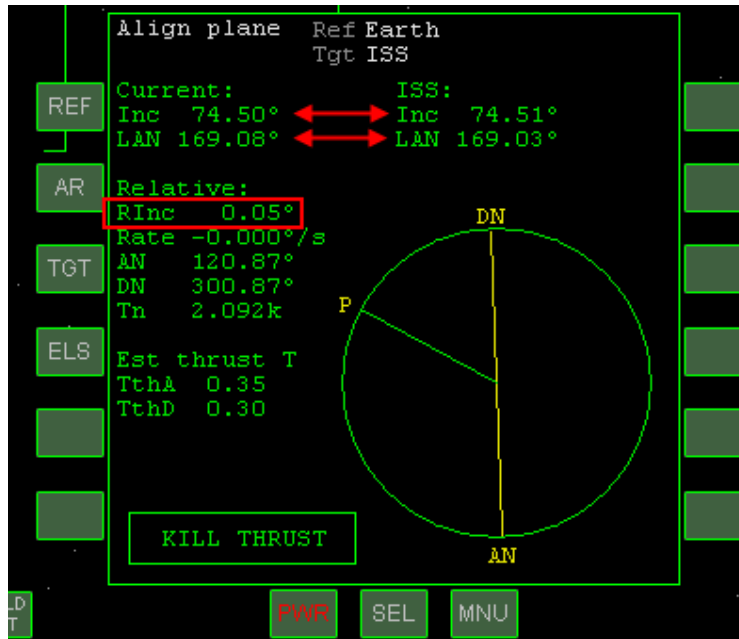


A questo punto dobbiamo solo attendere che in basso esca la scritta "ENGAGE THRUST" ed accendere i motori fino a che o Rinc sia prossimo allo zero o che compaia la scritta "KILL THRUST".

Nel caso non riuscissimo ad azzerare Rinc al primo tentativo, aspettiamo il prossimo nodo, invertiamo la modalità a seconda nel Nodo successivo e attendiamo l'ordine di accensione dei motori e così via.

Quando Rinc è prossimo allo zero, i due piani orbitali sono allineati e siamo pronti per il passaggio successivo.

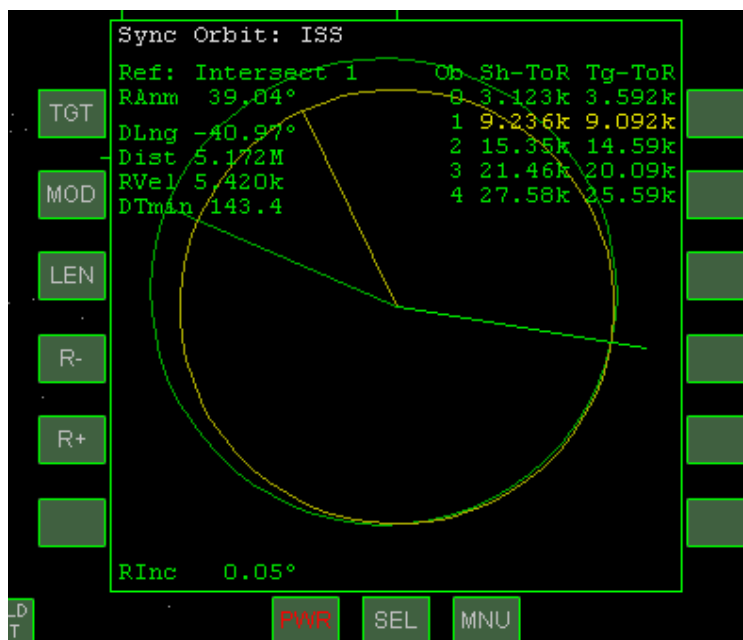
A questo punto dovremmo avere i piani orbitali allineati con il valore Rinc minore di 1° o meglio molto prossimo allo zero come nella figura sotto.



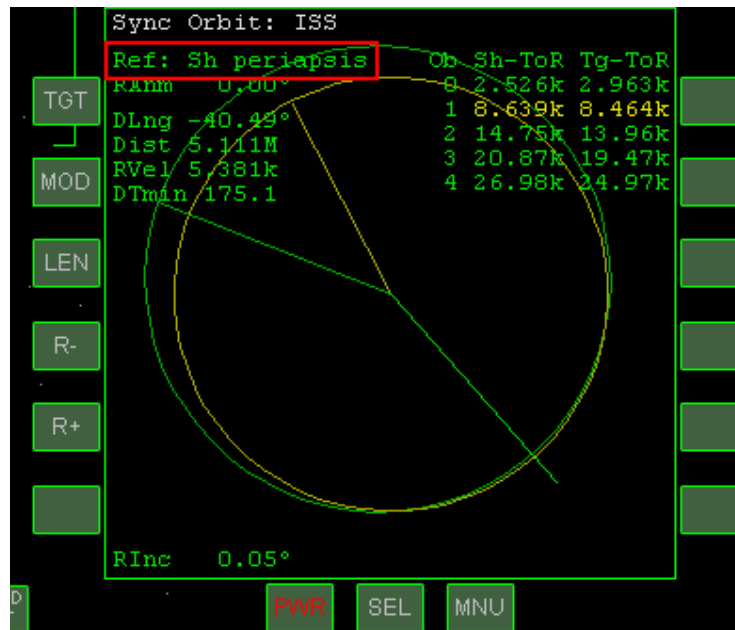
Ora è arrivato il momento di sincronizzare le orbite; cambiamo il display di destra, impostiamolo su "Sync MFD" cliccando su "SEL" e poi su "SYNC ORBIT".

Una volta fattò ciò clicchiamo sul pulsante "TGT" e selezioniamo la ISS come nave Target.

A questo punto avremmo il display in questo profilo :



Ora clicchiamo sul pulsante “MOD” fino a che vicino alla scritta “ref” non visualizziamo la dicitura “sh periapsis” come nella figura di sotto.

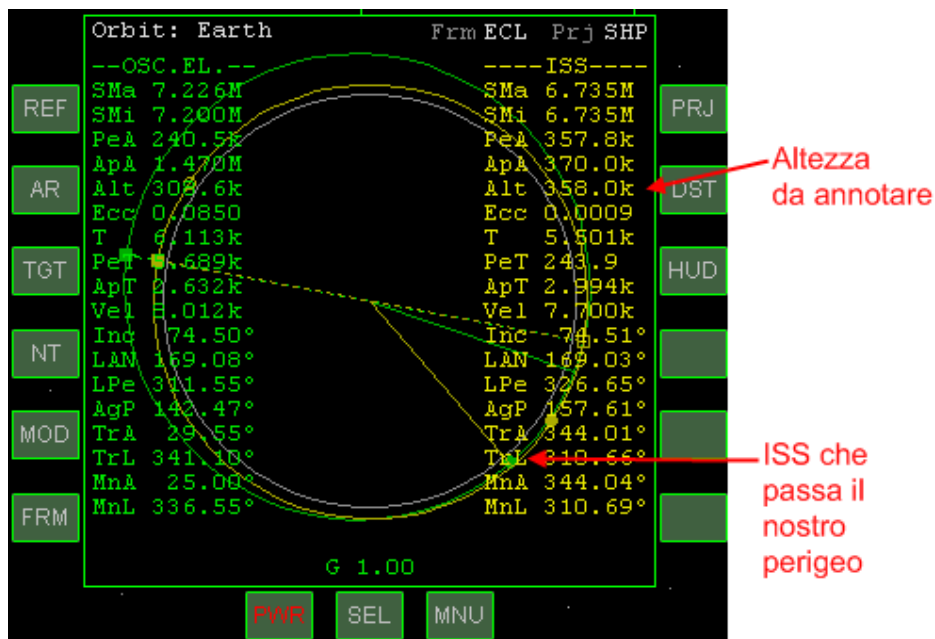


Adesso spieghiamo cosa abbiamo fatto :

innanzitutto abbiamo aperto il display che ci permetterà di sincronizzare le orbite, poi abbiamo scelto una nave target (in questo caso la ISS), fatto ciò , abbiamo scelto come punto di incontro con la ISS il nostro Perigeo (sh Periapsis). Tieni conto che ci sono altre modalità per fare il rendezvous con la ISS, per esempio, il nostro Apogeo, il Perigeo della nave Target o l’Apogeo della nave target ecc.

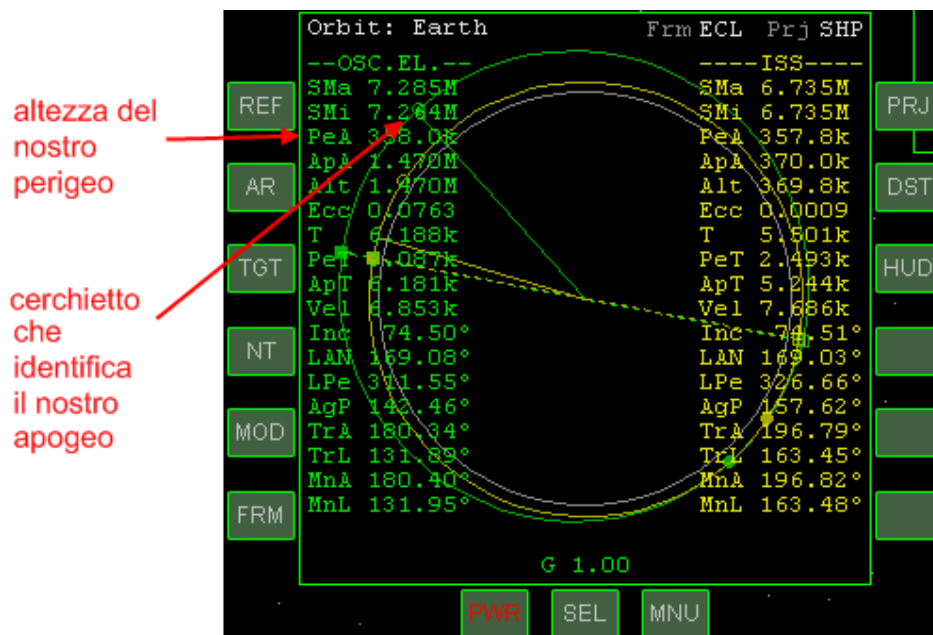
Questa scelta perché il nostro Perigeo è molto semplice da manipolare, possiamo benissimo alzarlo o abbassarlo di altezza e tutto in modo molto semplice in prossimità di un altro punto ben noto della nostra orbita : il nostro APOGEO. Comunque una volta capita la tecnica potete anche esercitarvi a impostare punti di incontro diversi.

Procediamo facendo il modo che il nostro Perigeo si alla stessa altezza della ISS nel momento in cui essa lo passa. Quindi tramite il display MFD sinistro (quello settato su “Orbit”), prendiamo nota dell’altezza della ISS nel momento in cui è precisamente sul nostro Perigeo (che è identificato dal cerchietto verde pieno). In termini pratici bisogna prendere nota del valore “ALT” scritto in giallo nel momento in cui la linea gialla indica precisamente il cerchietto verde pieno (figura sotto).



In questo caso, quindi, sappiamo che la ISS nel momento in cui si trova a passare in corrispondenza del nostro Perigeo, si trova ad una determinata altezza (358.0 Km in figura sopra).

Quindi ora non ci resta che fare il modo che il nostro Perigeo si sposti su quell'altezza. Aspettiamo che la nostra nave si trovi in prossimità del nostro Apogeo (basta guardare il valore "ApT" in verde, quando è uguale a zero significa che siamo in corrispondenza del nostro Apogeo) e non appena ci siamo quasi sopra, impostiamo la modalità Prograde o Retrograde della nave, a seconda se dobbiamo alzare o abbassare l'altezza del Perigeo e accendiamo i motori, stando attenti a regolare la potenza in modo da far coincidere il valore "PeA" scritto in verde con il valore che abbiamo precedentemente annotato.



Realizzato ciò, avremo che la nostra Nave e la ISS passeranno in un determinato punto (il nostro Perigeo) alla stessa altezza dalla superficie terrestre, ma non ancora nello stesso momento.

Ora dobbiamo fare il modo, visto che le altezze sono state sincronizzate sul nostro Perigeo, che le due Navi lo passino nello stesso istante (o quasi).

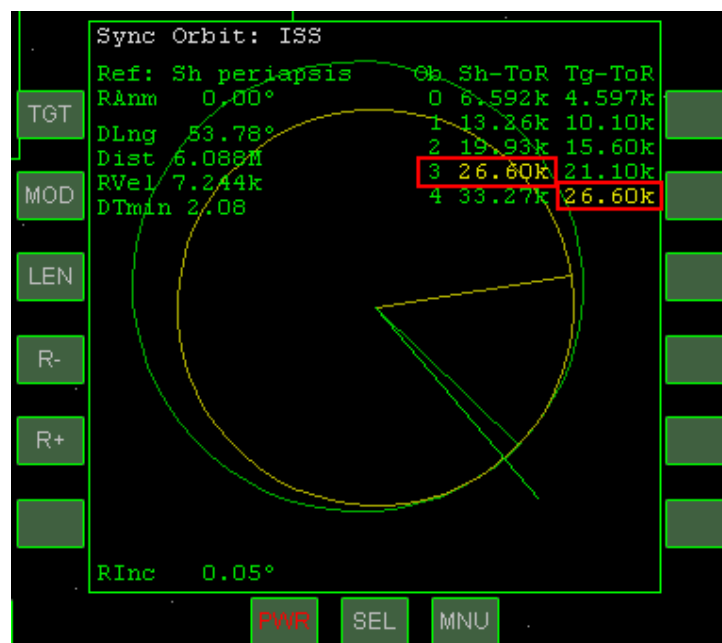
Per far ciò, dobbiamo allungare il nostro Apoasse, in modo che la nostra nave assuma un'orbita più ellittica ed un maggiore periodo orbitale, ma tutto senza cambiare (logicamente) l'altezza del nostro Perigeo (sennò sarebbe tutto inutile no?).

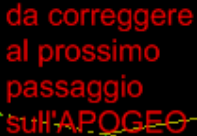
L'unico modo per aumentare il periodo orbitale (e di conseguenza l'apoasse) senza intaccare il nostro Perigeo, è operare in prossimità proprio di quest'ultimo. Quindi aspettiamo di essere in prossimità del nostro Perigeo (non c'è più bisogno che ti spieghi come individuarlo no?), ed un po' prima di arrivarci posizionamoci in modalità "PROGRADE". Non appena lo abbiamo superato di qualche secondo (io aspetto sempre 10-15 secondi) accendiamo i motori tenendo d'occhio il display MFD settato su "Sync Orbit" (quello di destra per intenderci). Tieni conto che l'altezza del nostro Perigeo non deve assolutamente cambiare, e se ciò dovesse succedere, non appena finita la sincronizzazione dell'orbita, dovremmo riaggiustarla.

Ok, appena accesi i motori noteremo che sul display di destra ci sono due valori scritti in giallo, dobbiamo fare il modo che SH-TOR sulla linea numero 3 deve essere uguale a TG-TOR sulla linea numero 4 ed entrambi devono essere scritti in giallo. Questo accadrà automaticamente tenendo accesi i motori, ma stando attenti che non appena le due linee citate diventano gialle, di ridurre la manetta e con piccoli aggiustamenti (breve e controllate accensioni fatte con gli RCS in Traslation Mode) a rendere i due valori identici.

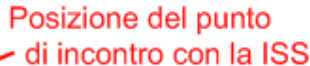
Non appena raggiunto l'obiettivo controlla che il tuo Perigeo sia rimasto invariato, e se non lo è, aspetta di trovarti in prossimità del tuo Apogeo e riaggiustalo allo stesso valore iniziale.

Ecco nel mio caso, come si presentano i due display a fine operazione :





Il valore “Dist” ci indica la distanza lineare dalla ISS in Km mentre “RVel” è la velocità relativa rispetto a essa. Non dimentichiamoci di correggere il Perigeo se è cambiato ed una volta fatto, se non vogliamo aspettare 7 ore acceleriamo il tempo con il tasto “T” e non appena i due valori scritti in giallo si posizionano tutti e due sulla linea numero zero, ritorniamo a velocità normale con il tasto “R” e teniamoci pronti, perché al prossimo passaggio sul nostro Perigeo è previsto l’incontro. Ovviamente i due valori scritti in giallo sono ancora uguali, ma se anche dovessero cambiare di qualche decina di secondi non è influente.



Ora, mentre attendiamo l'arrivo al punto di incontro, cominciamo a settare le frequenze di avvicinamento e di aggancio alla porta della ISS.

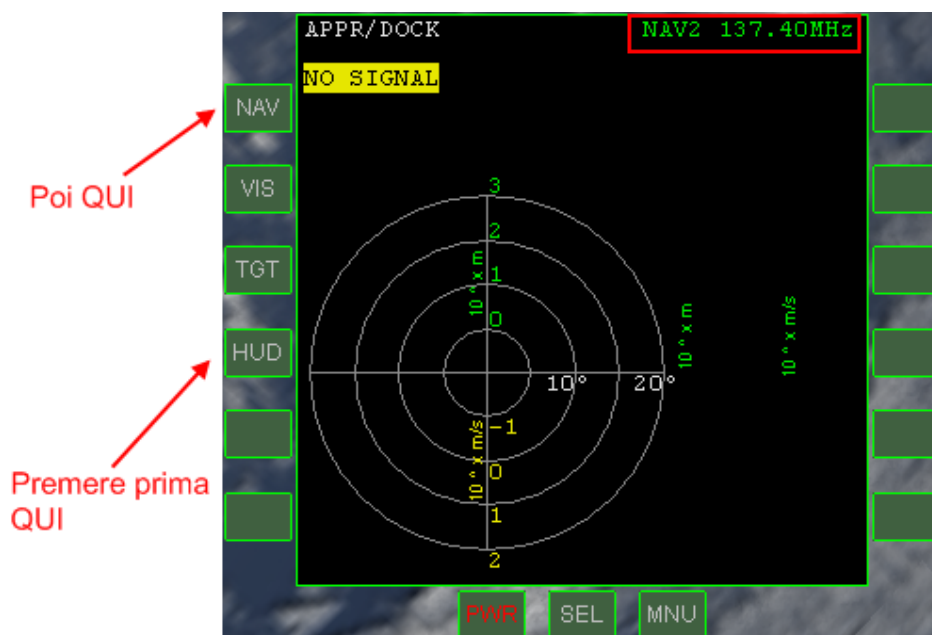
L'XPDR della ISS trasmette sulla frequenza 131.30, mentre la porta di aggancio numero 1 della ISS sulla frequenza 137.40. L'XPDR è un sistema di localizzazione che ci permetterà di sapere e di visualizzare sull'HUD la posizione e i vettori velocità della ISS. Mentre il sistema di Docking ci guiderà all'aggancio vero e proprio alla porta numero 1.

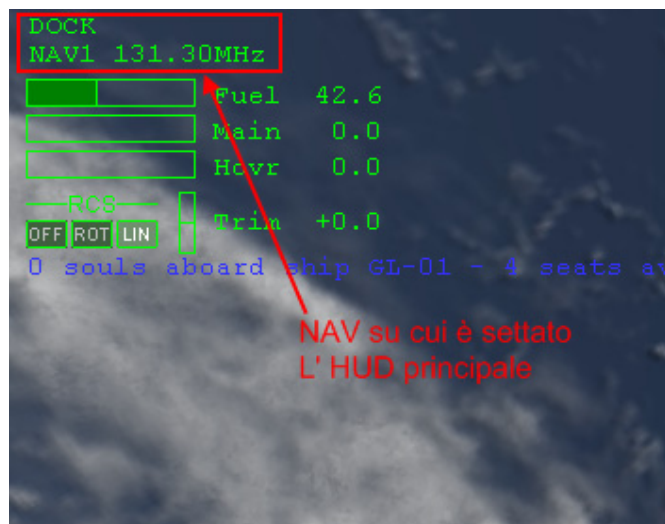
Quindi premiamo il tasto "SEL" sul display di sinistra, poi il tasto "COM/NAV" e impostiamo le frequenze come indicato nella figura di sotto.



Ora, sempre sullo stesso display, premiamo il tasto "SEL" e poi il pulsante "Docking". Fatto ciò premiamo il pulsante "HUD" e poi il pulsante "NAV".

Quindi assicuriamoci che l'HUD sia impostato sulla NAV1 (in alto a sinistra) e che il display MFD DOCK sa NAV2 come nella figura sotto. Invece il display di destra lasciamolo nella modalità Sync.

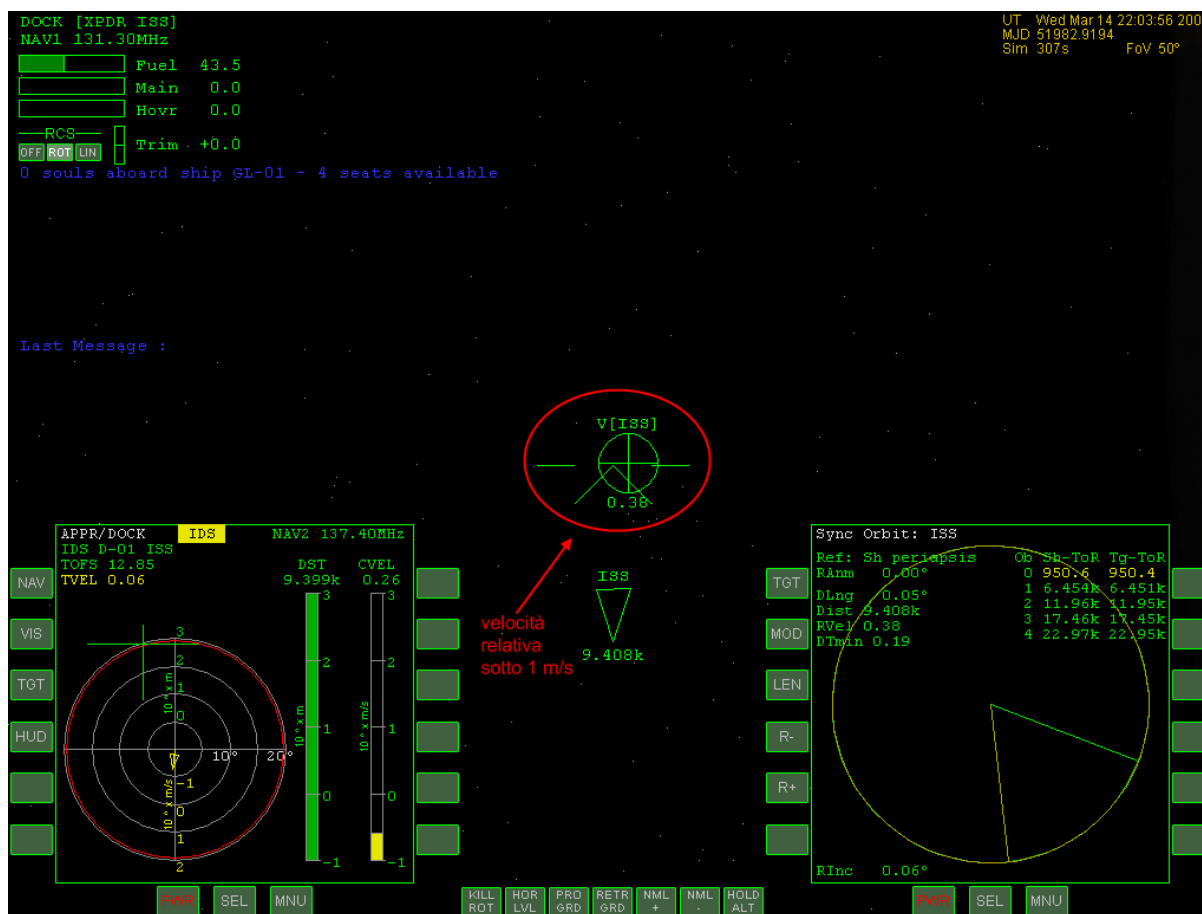




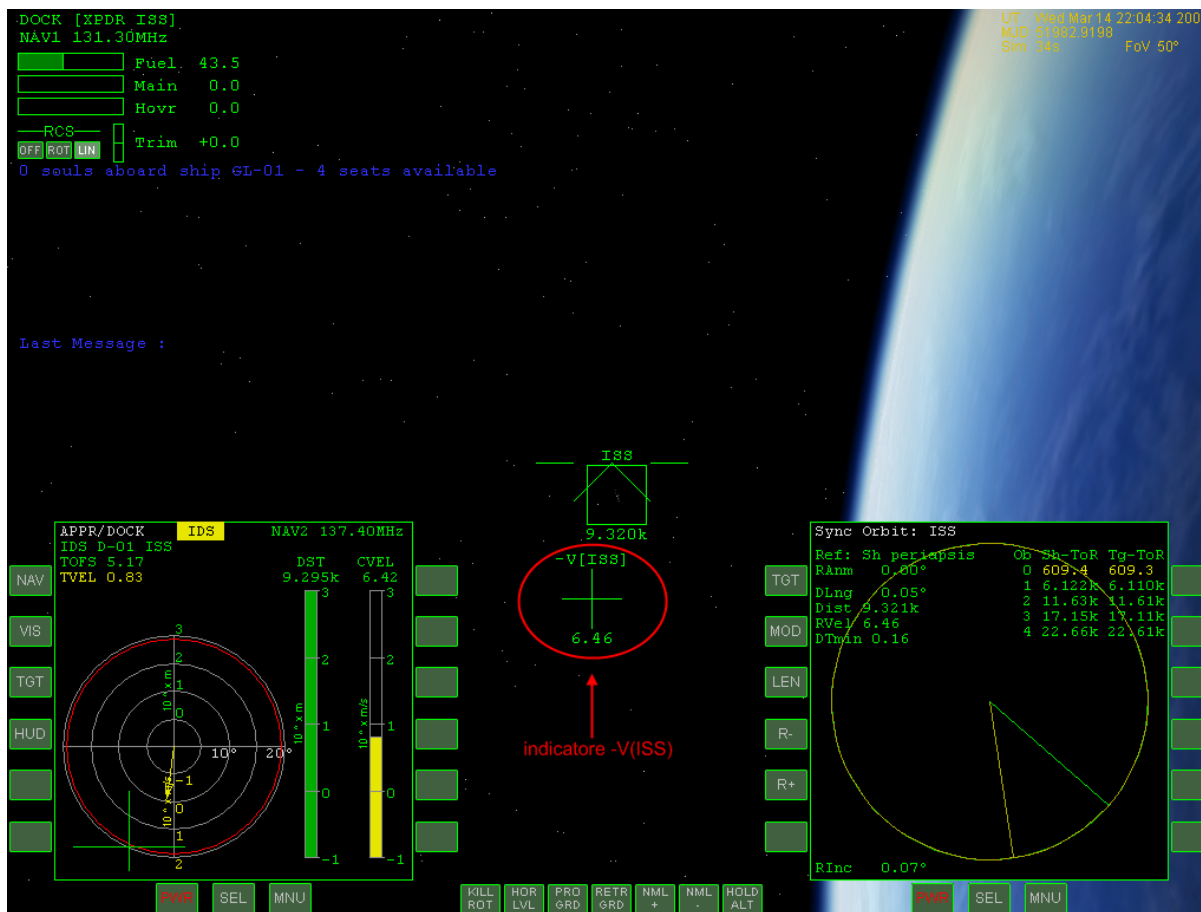
Non appena arriverai ad una distanza di 1000 Km dalla ISS, il sistema XPDR della ISS, settato sul NAV1 capterà il segnale e trasmetterà le informazioni relative sull' HUD principale sotto forma di simboli e numeri. Ora controlla che gli RCS siano settati su "ROTATION MODE".



Non appena sei a 10 Km di distanza dalla ISS, posiziona il muso della nave perfettamente al centro dell'indicatore V(ISS), accendi i motori e riduci la velocità relativa a circa 1 m/s come in figura sotto (quando ti avvicini ai 2-3 m/s, non usare più il motore principale, ma utilizza gli RCS in modalità TRANSLATION MODE per ridurre la velocità relativa).



A questo punto noterai che si è anche attivato il sistema di docking sul display di sinistra, perché entrati nel suo raggio d'azione. Ora punta il muso verso l'indicatore della posizione della ISS (ricorda di reimpostare gli RCS su ROTATION MODE) e riaccendi dolcemente i motori fino a che sul display non visualizzi una croce con la scritta “-V(ISS)” come in figura sotto.



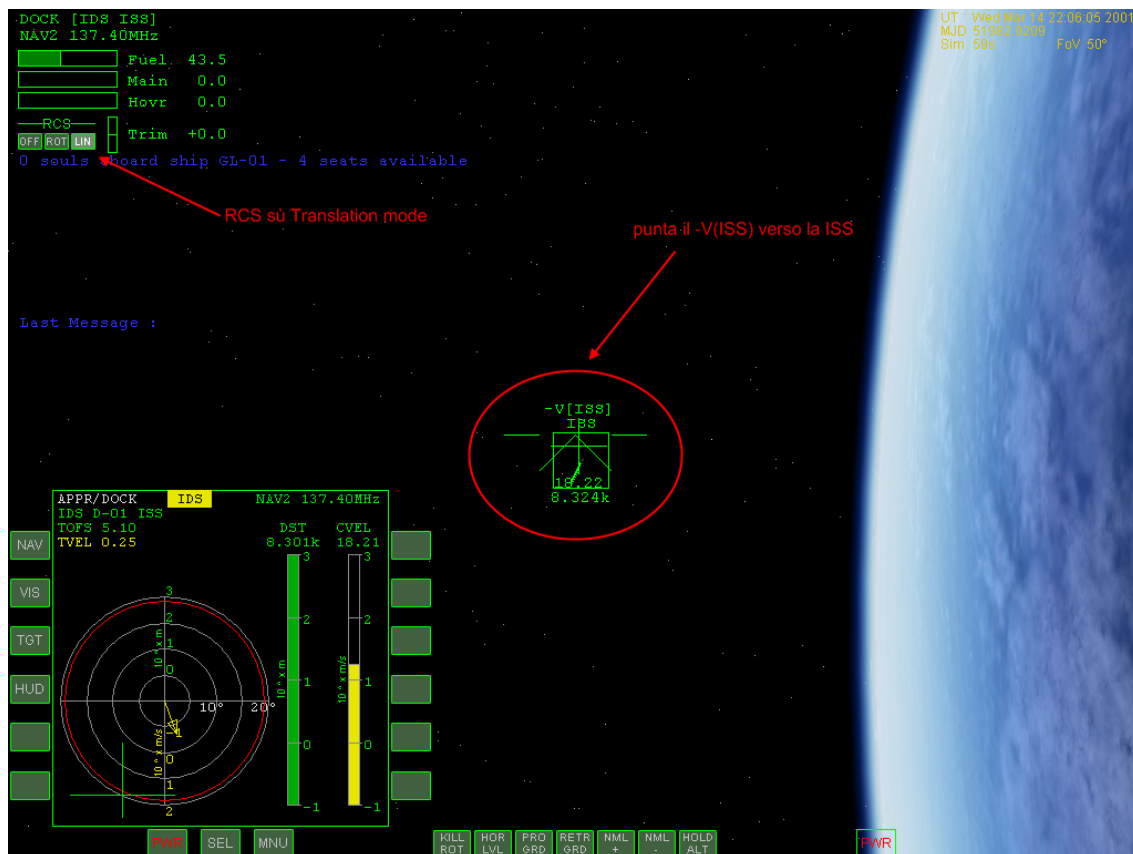
Questo nuovo indicatore, a differenza di V(ISS) (che ti indicava la direzione e l'intensità della velocità relativa della ISS), ti indica la direzione reale verso cui si sta spostando la tua nave rispetto alla ISS e la tua velocità di avvicinamento ad essa. Logicamente se tu invece di avvicinarti ti stessi allontanando dalla ISS, questo indicatore lo troveresti dalla parte opposta rispetto alla posizione della Stazione, quindi in nell'ipotesi della figura, dietro la tua nave. Un altro modo per capire se tu ti stai allontanando o avvicinando alla ISS, è dato dal colore della barra "CVEL" sul display di sinistra : se è gialla ti stai avvicinando, se è verde ti stai allontanando.

Ora, una volta che ti è comparso questo indicatore, spegni i motori, possibilmente appena in -V(ISS) non visualizzi il valore di circa 10.00 m/s.

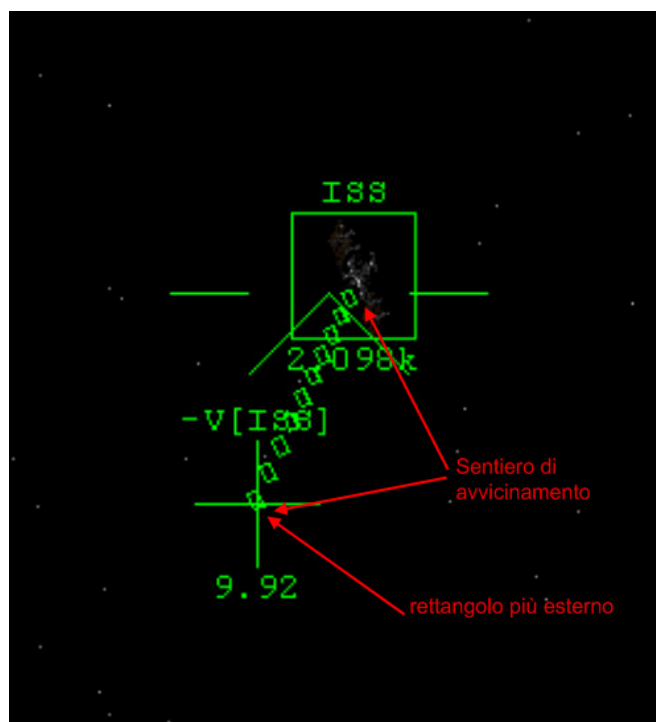
Fatto ciò, cambia gli RCS in TRASLATION MODE e imposta l'HUD principale sulla frequenza del NAV2 (basta che premi il tasto "HUD" sul display di sinistra), il display di destra lo puoi anche spegnere per avere più visuale, tanto ora non ti serve più.

Ora devi agire sul tastierino numerico come fosse il volante e la pedaliera del gas della nave. Mi spiego, premendo i tasti 2 – 8 sposti la croce del -V(ISS) verso il basso o verso l'alto così da far dirigere la nave in quel punto rispetto alla ISS; la stessa cosa si ottiene con i tasti 1 – 3, solo che in modo orizzontale (sinistra destra). Mentre i tasti 9 – 6 aumentano e diminuiscono la velocità relativa del -V(ISS). Questa cosa dovrebbe esserti molto chiara, semplicemente perché queste azioni non fanno altro che azionare i rispettivi RCS così da far spostare la nave nelle direzioni volute.

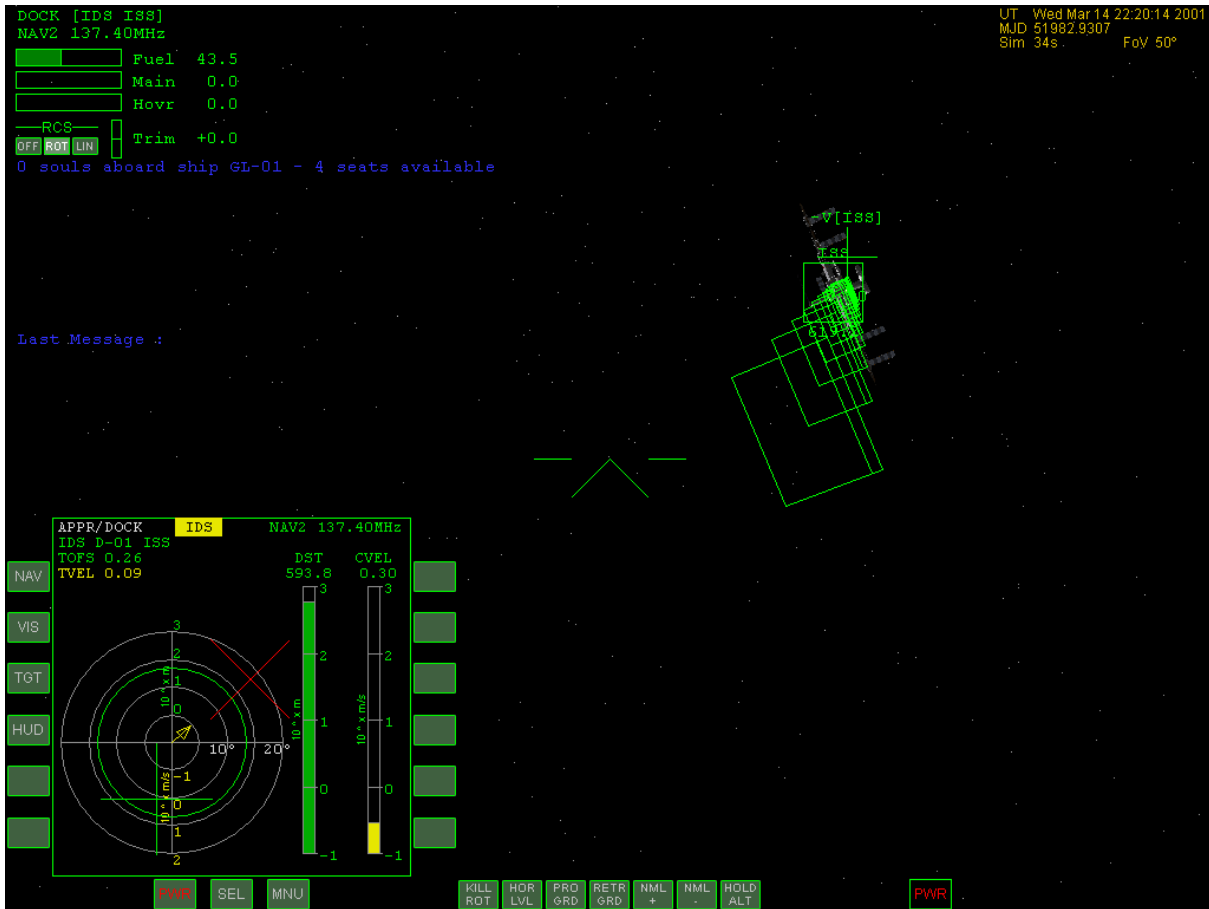
Ora, manovrando con i suddetti RCS, aumenta la velocità relativa del -V(ISS) fino a circa 18 m/s e sposta la direzione della nave verso il centro dalla ISS. Ok, ti stai avvicinando lentamente alla Stazione Spaziale.



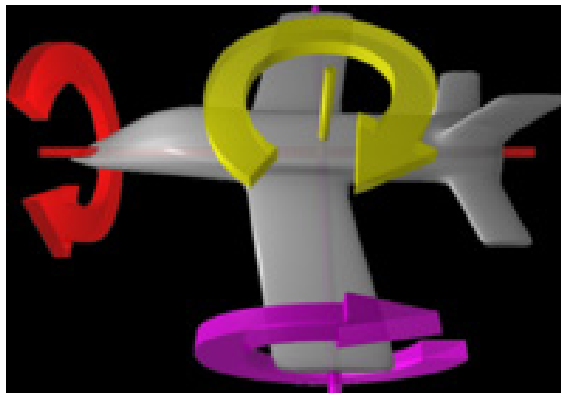
A circa 2 chilometri dalla ISS, sarà visibile il percorso di avvicinamento per la porta di aggancio selezionata sul NAV2, è arrivato il momento di ridurre la velocità relativa del $-V(ISS)$ a circa 10.00 m/s e di far dirigere la nave verso il rettangolo del sentiero di avvicinamento più esterno, come in figura sotto.



Appena siamo abbastanza vicini al rettangolo, portiamo la velocità relativa a circa 0.3 m/s e spostiamo l'indicatore del -V(ISS) verso il centro della ISS come in figura sotto.

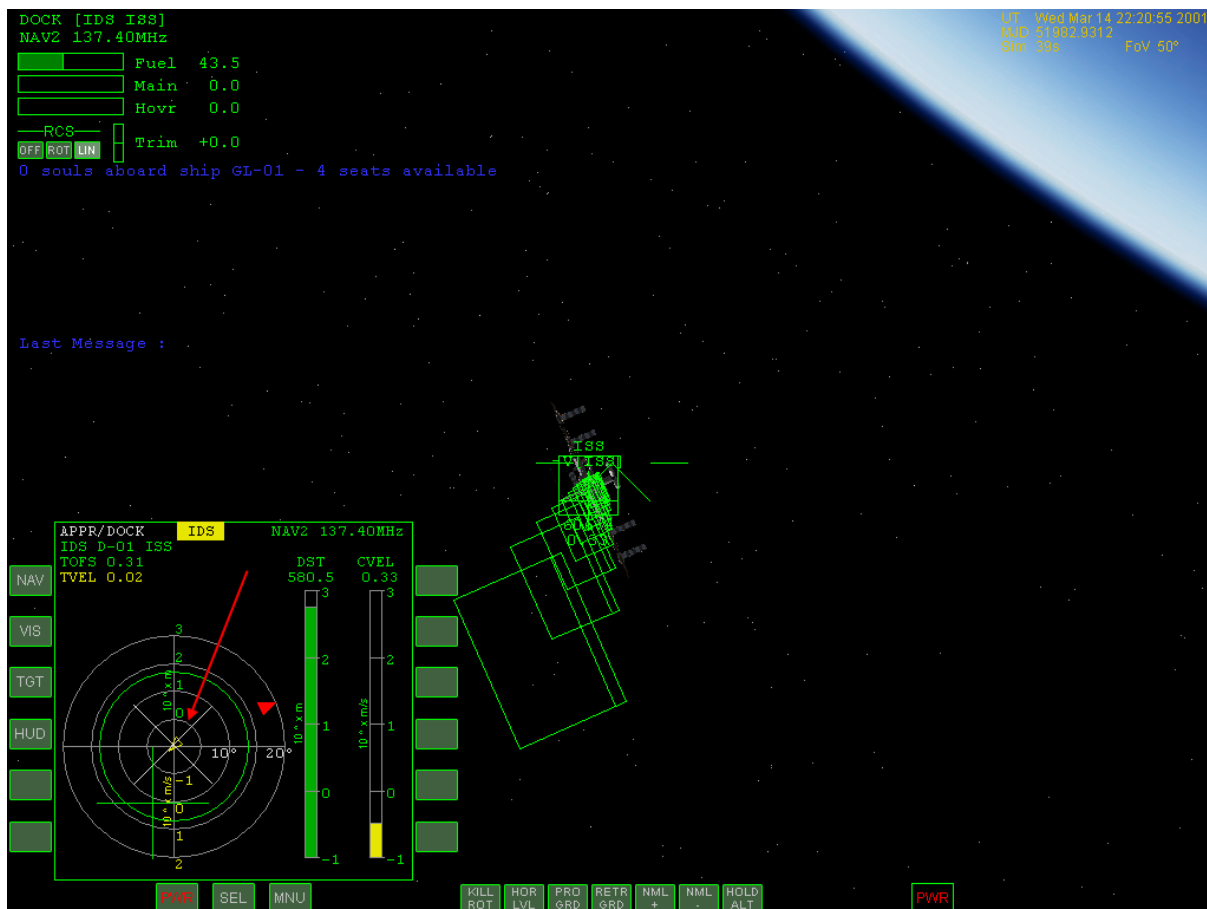


La tecnica per il docking, consiste nel preparare e indirizzare la nave perfettamente verso la porta di aggancio. Per prima cosa impostiamo gli RCS su ROTATION MODE. Intanto chiariamo le diverse rotazioni che la nave può effettuare.



Lo spostamento in rosso viene chiamato ROLLIO, quello giallo IMBARDATA e quello viola BECCHEGGIO. Con gli RCS impostati su ROTATION MODE il rollio viene effettuato con i tasti 4 – 6 del tastierino numerico. L'imbardata con i tasti 1 – 3 ed il beccheggio con i tasto 8 – 2.

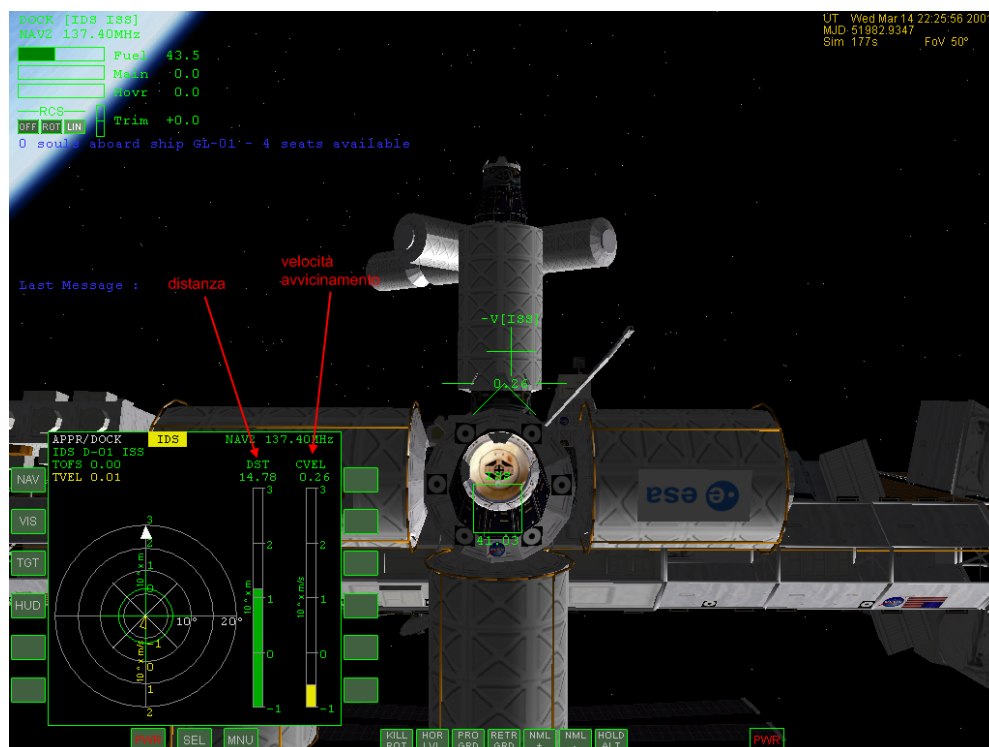
Intanto puntiamo il muso della nave verso la ISS. La prima cosa che bisogna fare è impostare l'angolo di beccheggio e imbardata. Per fare ciò ci aiuteremo con il display MFD del docking. Dobbiamo fare il modo che la X rossa visualizzata del display sia perfettamente al centro del display (quando è al centro diventa bianca) e per evitare che si sposti continuamente bisogna agire sul "KILL ROT" (tasto 5 del tastierino nuerico) come nella figura sotto.



Ora bisogna regolare l'angolo di rollio. Per fare ciò, dobbiamo spostare la freccetta rossa precisamente sulla parte superiore del cerchio di avvicinamento, agendo sui tasti 4 – 6 e aiutandoci con il tasto di Kill Rot come in figura sotto.

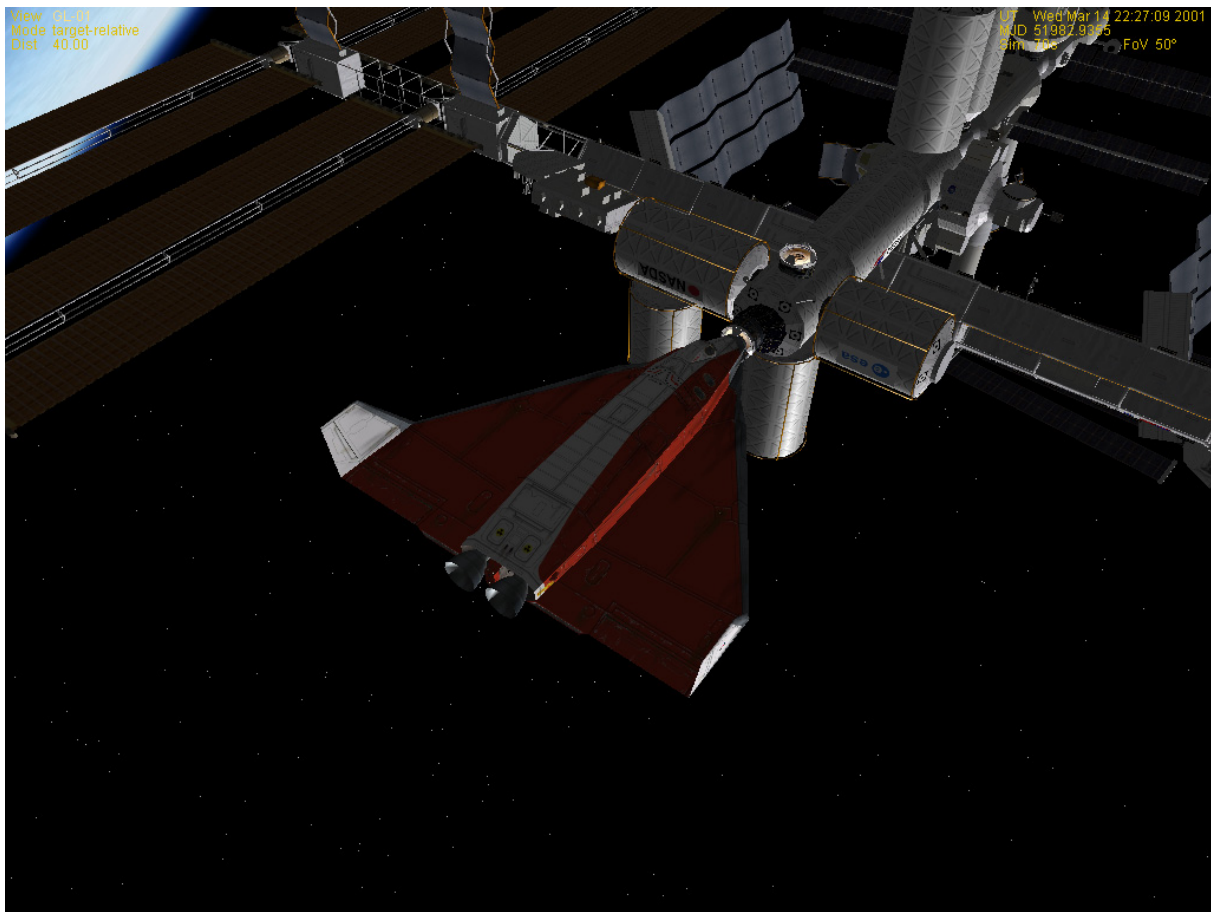


Le prime volte che l'avvicinamento finale, vi consiglio di non superare la velocità di avvicinamento di 1.5 m/s. Per correggere i piccoli spostamenti che la croce verde avrà durante la parte finale vi consiglio di usare la combinazione dei tasti “CNTR + tasto dell’rsc”, che ti darà un getto di minore entità rispetto a quello normale, utilissimo per non sbandare troppo. Non appena la barra DST sul display MFD ti indica circa 10 metri, riduci la velocità di avvicinamento a circa 0.20 m/s.



Se hai eseguito tutto alla perfezione ti ritroverai attraccato alla ISS e sentirai il rumore dell'aggancio e del sistema di pressurizzazione.

BENVENUTO A BORDO!!!!



www.orbiteritalia.forumotion.com