

Nav i g a z i o n e s p a z i a l e (*)

P. PERNAZZA

Ricevuto il 19 Febbraio 1963

RIASSUNTO. — Vengono brevemente discussi i principali aspetti della navigazione spaziale, la quale può essere divisa in tre fasi:

- circumnavigazione della terra (sosta in orbita o partenza);
- navigazione media o interplanetaria;
- avvicinamento e approdo sul pianeta.

L'assistenza radio dalla terra, può giocare il ruolo principale per la prima delle due fasi, mentre per l'ultima gli astronauti debbono fare affidamento sulla navigazione auto-frenata, sugli strumenti elettronici e l'osservazione diretta.

La riserva di energia riduce le generali necessità della navigazione spaziale.

SUMMARY. — Briefly are discussed the principal aspects of "space navigation", which can be divided in three phases:

- circumnavigation of the Earth (parking orbit or departure);
- middle or interplanetary navigation;
- approach and landing on the planet.

The radio-assistance from the Earth, with transponder, may play the principal role for the first two phases, while for the last phase, the astronauts must rely on the self-contained navigation: electronics and observation.

The energy reserve reduces the general needs of space navigation.

1. La Navigazione spaziale umana può riguardarsi come naturale estensione della navigazione aerea notturna ad altissime quote.

Tuttavia, l'ambiente fisico e operativo nello spazio vuoto presenta aspetti notevolmente diversi:

— volta celeste permanentemente oscura, e quindi gli astri sempre visibili;

(*) Nota presentata al 2° Congresso Internazionale Tecnico Scientifico dello Spazio. Roma, 19-23 Giugno 1962.

- sensazione d'immobilità e d'isolamento;
- imponderabilità;
- alti valori delle accelerazioni sia alla partenza che al rientro;
- radiazioni cosmiche;
- calore solare;
- imperiose esigenze di condizionamento dell'astronave; ecc.

2. Circa gli effetti della « imponderabilità » sull'organismo umano, i pareri dei primi astronauti sembrano discordi.

I fisiologi ritengono, tuttavia, che la imponderabilità, prolungata nel tempo, possa determinare i seguenti effetti dannosi:

- perdita di orientamento e di equilibrio, fino a possibile collasso psico-fisiologico dell'individuo;
- atrofizzazione del sistema muscolare.

A tali inconvenienti si potrà, probabilmente, rimediare creando a bordo una accelerazione artificiale (meglio se propulsiva), e con il lavoro fisico degli astronauti.

3. Per la condotta della navigazione, occorrerà assicurare:

- 1) un sistema di riferimento spaziale;
- 2) riferimenti per il controllo di assetto e di direzione del veicolo;
- 3) comandi a reazione (o balistici), con relativa riserva di energia (gas compresso e/o ruote giroscopiche);
- 4) riserva di energia propulsiva per le manovre e per le correzioni di rotta;
- 5) più sistemi di navigazione.

4. *Nella Navigazione orbitale circumterrestre*, la traiettoria percorsa dal « punto sub-satellite » può riguardarsi come una circonferenza massima della Terra. La navigazione del veicolo sarà ancora riferita alla Terra (coordinate geografiche e altitudine); e l'orizzonte fisico terrestre rappresenterà il piano istantaneo di navigazione.

L'assenza di peso non permetterà, tuttavia, di poter utilizzare il pendolo e l'usuale orizzonte artificiale giroscopico per la indicazione della verticale locale (o dell'orizzonte).

Per il controllo di assetto e di direzione del veicolo, l'astronauta dovrà far riferimento:

- o alla visione diretta dell'orizzonte locale e degli astri;

— o agli strumenti: Orizzonte artificiale a raggi infrarossi (R.I.),
Indicatore di virata, Girodirezionale.

Dei quattro sistemi classici di navigazione (osservata, stimata, radio e astronomica), la radioassistenza da terra può giocare il ruolo principale.

La distanza dalla Terra, o da un pianeta, potrà anche determinarsi, con la necessaria precisione, misurandone l'angolo di parallasse sotteso dal suo diametro, a mezzo di sestante telescopico.

5. *Nella Navigazione interplanetaria*, il piano dell'orbita percorsa dal veicolo (e definito da: Terra-Sole-Pianeta di destinazione) rappresenterà il piano di navigazione, il piano per i riferimenti di assetto del veicolo, e per l'orientamento degli astronauti.

Poiché quasi tutti i pianeti (esclusi soltanto Plutone e Mercurio), giacciono nel piano della nostra Eclittica, quest'ultima può assumersi come piano ideale di riferimento. La direzione del Polo Nord della Eclittica rappresenterà, allora, la direzione della verticale fittizia; mentre la congiungente veicolo-centro del disco solare rappresenterà la verticale vera (tuttavia non utilizzabile a bordo a mezzo del pendolo, per assenza di peso).

Nel campo interplanetario, per le grandi distanze dalla Terra, la radio-assistenza non potrà, forse, soddisfare tutte le esigenze della navigazione. Bisognerà, quindi, far ricorso agli astri e, in particolare, al rilevamento dei pianeti. Rispetto ad essi, infatti, sono compatibili la velocità e lo spostamento dell'astronave nello spazio.

Il metodo astronomico per la determinazione della posizione, appare semplice sia nel principio che nella pratica realizzazione.

Infatti, una piattaforma inerziale può materializzare, a bordo, il piano della Eclittica.

La piattaforma sarà orientata e stabilizzata, a lungo termine, a mezzo di giroscopi i quali saranno a loro volta controllati, a breve termine, con il puntamento di telescopi sul Sole, su pianeti e/o su stelle opportune.

Sarà ancora necessario stabilire una direzione fondamentale di riferimento (direzione di un Nord fittizio) sul piano della Eclittica, o prossima a detto piano.

A tale scopo, la direzione *Sole-Punto gamma* sembrerebbe la soluzione ideale, per quanto la direzione Sole-stella (ad esempio Sole-Regolo) possa risultare una soluzione pratica più conveniente.

Rispetto a tale direzione, permanentemente fissa nello spazio interplanetario, verranno effettuate, a mezzo di sestanti telescopici di alta

precisione e a puntamento automatico, le misure angolari di Pianeti situati in posizione relativa opportuna.

Due o più rilevamenti angolari di pianeti (reiterabili a volontà), sia nel piano dell'orbita che nel piano zenitale, ad essa relativo, saranno sufficienti per poter determinare la posizione spaziale del veicolo rispetto al sistema di riferimento prestabilito.

Determinata la posizione e valutati gli eventuali scarti, sarà opportuno, ai fini del risparmio di energia propulsiva, effettuare prontamente le necessarie correzioni di rotta.

6. *Avvicinamento e Approdo.*

L'avvicinamento al Pianeta-obiettivo può suddividersi in due fasi:

— *avvicinamento iniziale* — dal limite della « gravisfera » del pianeta all'istante del passaggio al « traverso »;

— *avvicinamento finale* — dal « traverso » all'approdo sul pianeta.

In ogni caso, il punto cruciale del problema, se non si dispone di energia propulsiva sovrabbondante, sta nel raggiungere il « traverso » alla distanza giusta e alla velocità prestabilita.

Gli impulsi di frenamento disponibili e il sistema di navigazione dovranno permettere di raggiungere le suddette condizioni:

— sia che s'intenda approdare, attraverso eventuale corridoio atmosferico di penetrazione;

— sia che s'intenda orbitare intorno al pianeta ad una determinata distanza;

— sia, infine, che si voglia semplicemente circumnavigare il pianeta, per far subito ritorno verso la Terra.

7. *Il sistema di navigazione per l'avvicinamento* va riferito, ovviamente, al pianeta di destinazione perché è rispetto ad esso che vanno, ora, considerate posizione, direzione e velocità relativa dell'astronave.

La velocità di arrivo sul pianeta, senza impulsi di frenamento, sarebbe, infatti, iperbolica: uguale, cioè, alla velocità di fuga dal pianeta + velocità relativa residua, posseduta dal veicolo al limite della « gravisfera » del pianeta stesso.

La strumentazione nautica, idonea a soddisfare le esigenze dell'avvicinamento, può così configurarsi:

— *sestante telescopico*, per la misura della distanza e per il mantenimento della linea di mira;

— *radar-doppler*, per la misura della distanza e della velocità relativa;

— *radio-altimetro*;

— *orizzonte artificiale a R.I.*;

— *indicatore di virata*, e girodirezionale, per il mantenimento del piano orbitale e per la misura della velocità angolare del veicolo rispetto al pianeta.

La suddetta strumentazione va considerata, naturalmente, integrata al sistema generale di navigazione, le cui parti essenziali saranno costituite dalla *piattaforma inerziale* e dal relativo *computatore automatico*, munito di « memoria » e di predispositore di « programma ».
