

# Una teoria analitica per flyby

Roberto Paoli

Sessione di Laurea 4 Dicembre 2015

Lo scopo di questa tesi è studiare, attraverso una teoria analitica, le perturbazioni nella traiettoria di uno *spacecraft* durante un *flyby* di un corpo non perfettamente sferico come un pianeta o un satellite naturale. Il sorvolo ravvicinato di corpi naturali, grazie ad una procedura di tracking e determinazione orbitale, permette di misurare il loro campo di gravità e di migliorare la conoscenza della loro orbita (*effemeridi planetarie e satellitari*).

Abbiamo diversi esempi nel passato: il più importante è sicuramente la sonda Cassini che, grazie ad un tour nel sistema di Saturno e a diversi flyby dei satelliti naturali, ci ha fornito preziose informazioni, quali ad esempio la presenza di un oceano su Encelado.

Sebbene esistano programmi di navigazione in grado di trattare numericamente un fly-by, una teoria analitica ci consente di esercitare un controllo sui risultati numerici e permette di ridurre l'entità dei residui in una procedura di determinazione orbitale.

L'idea principale è quella di studiare le perturbazioni subite dagli **elementi kepleriani**  $(a, e, \omega, I, \Omega)$  tramite un metodo di variazione dei parametri simile a quello utilizzato da Lagrange per lo studio dei moto ellittici. Considereremo solamente gli effetti dovuti ai coefficienti C20 e C22 ottenuti in seguito allo sviluppo della funzione perturbatrice in armoniche sferiche. Mostriamo infine come la teoria analitica sviluppata sia coerente con i risultati ottenibili tramite un'integrazione numerica, mostrando dei grafici, frutto di un lavoro individuale per il *Laboratorio Computazionale*, che illustrano la variazione degli elementi kepleriani da due ore prima a due ore dopo il *closest approach*. Gli esempi riportati rappresentano il caso di un flyby di un satellite di Saturno, Titano. La teoria analitica mostrata nella tesi è stata sviluppata da Rappaport, Giampieri e Anderson nel 2000 all'interno del programma di navigazione della missione Cassini; le teorie sviluppate fino a quel momento risultavano troppo generali e, di conseguenza, meno efficienti.

## Bibliografia