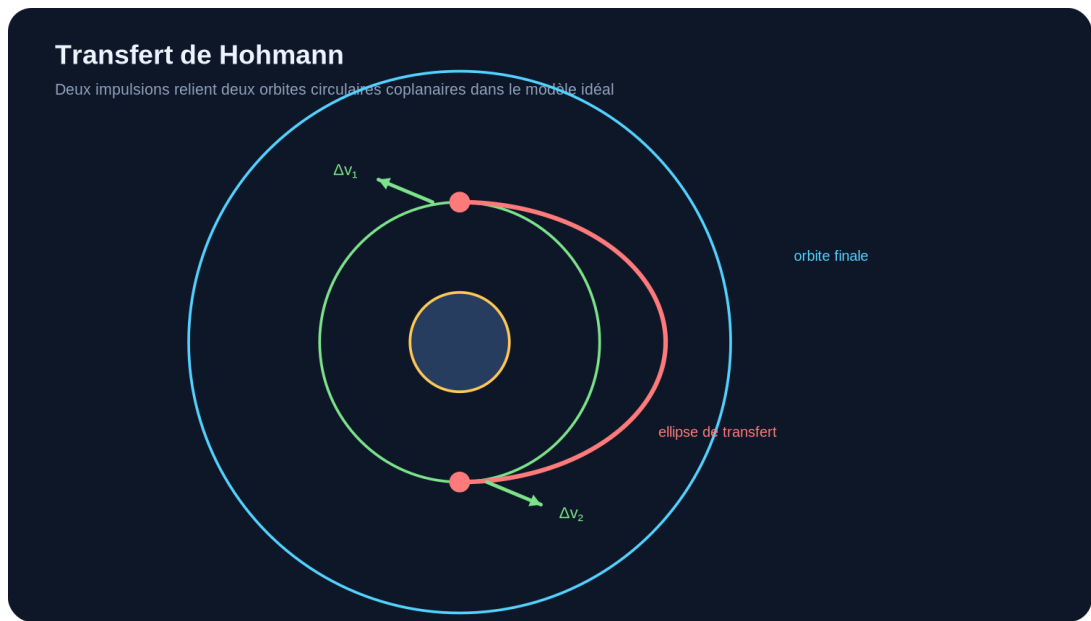


AM-05.06 — Transfert de Hohmann : passer d’une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions

Réponse essentielle

Transfert de Hohmann : passer d’une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions. Le transfert de Hohmann est l'un des modèles les plus élégants de la mécanique orbitale : pour passer entre deux orbites circulaires coplanaires, on utilise une ellipse tangentielle aux deux cercles et deux impulsions. Il n'est pas toujours optimal dans une vraie mission, mais il constitue une référence pédagogique incontournable. La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d’interprétation. Le résultat n’est utile que si l’on peut expliquer ce qu’il mesure, d’où viennent les nombres et quelle décision d’ingénierie il éclaire.



Le transfert de Hohmann est l'un des modèles les plus élégants de la mécanique orbitale : pour passer entre deux orbites circulaires coplanaires, on utilise une ellipse tangentielle aux deux cercles et deux impulsions. Il n'est pas toujours optimal dans une vraie mission, mais il constitue une référence pédagogique incontournable.

orbite initiale — cercle de départ dans le modèle.

Avant de calculer

Grandeur:	AM-05.06 — Transfert de Hohmann : passer d’une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions
Contrôle:	unités + ordre de grandeur + hypothèses
Décision:	expliquer ce que le résultat autorise réellement à conclure

AM-05.06 — Transfert de Hohmann : passer d'une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions

2 — Vocabulaire indispensable avant de continuer

- orbite initiale — cercle de départ dans le modèle.
- orbite finale — cercle visé.
- ellipse de transfert — orbite qui touche les deux orbites circulaires.
- première impulsion — manœuvre qui quitte l'orbite initiale.
- circularisation — seconde impulsion qui transforme la vitesse à l'arrivée pour rejoindre l'orbite finale.

3 — Comprendre le mécanisme, étape par étape

- Depuis l'orbite basse, une poussée prograde augmente la vitesse. Le point de poussée devient la périapside de l'ellipse de transfert et l'apoapside est placée sur l'orbite supérieure.
- On coupe le moteur dans le modèle impulsif. Le vaisseau suit naturellement l'ellipse sous l'effet de la gravité.
- Arrivé à l' apoapside , la vitesse sur l'ellipse n'est pas exactement celle de la nouvelle orbite circulaire. Une seconde poussée prograde augmente la vitesse à la valeur circulaire.

4 — La formule, seulement maintenant

- Comment cela se lit : Cette écriture donne la première impulsion d'un Hohmann montant. r_1 est le rayon de l'orbite de départ, r_2 celui de l'orbite cible, μ le paramètre gravitationnel. Les crochets regroupent l'opération.
- Avec $r_1 = 7\,000\text{ km}$, $r_2 = 14\,000\text{ km}$ et $\mu_{\text{terrestre}} \approx 398\,600\text{ km}^3/\text{s}^2$: vitesse circulaire initiale $\approx 7,546\text{ km/s}$. Le facteur entre crochets vaut $\sqrt{(28\,000/21\,000)} - 1 = \sqrt{1,3333} - 1 \approx 0,1547$. Donc $\Delta v_1 \approx 7,546 \times 0,1547 \approx 1,17\text{ km/s}$. La seconde impulsion vaut environ $0,98\text{ km/s}$.

Lecture active

- Sections: 2 — Vocabulaire indispensable avant de continuer ; 3 — Comprendre le mécanisme, étape par étape
- Vérification: Une valeur n'est exploitable qu'avec son unité et sa frontière de calcul.
- Exercice: modifiez une hypothèse puis prédissez le sens de variation avant de recalculer

AM-05.06 — Transfert de Hohmann : passer d’une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions

5 — Ce que les unités racontent

6 — Trois démonstrations concrètes

Le premier delta-v est d'environ 1,17 km/s et le second d'environ 0,98 km/s dans le modèle à deux corps idéal. Budget total $\approx$ 2,15 km/s.

Sans la seconde impulsion, le vaisseau atteint 14 000 km puis repart vers 7 000 km : il reste sur l'ellipse de transfert.

Le même principe fonctionne à l'envers : une impulsion rétrograde place la périapside plus bas, puis une seconde impulsion rétrograde circularise sur l'orbite inférieure.

7 — Pourquoi cette notion compte pour une mission vers Mars

Le Hohmann sert de squelette mental pour comprendre les transferts planétaires, même si les missions réelles optimisent dates, inclinaisons, vitesses d'excès, contraintes de lancement, arrivée et durée de vol.

8 — Pièges fréquents et mauvaises intuitions

croire que Hohmann exige une poussée continue.

appliquer la formule à des plans orbitaux très différents sans correction.

imaginer que le transfert interplanétaire réel est une copie exacte de ce modèle.

9 — Ce que je dois savoir expliquer à la fin

Lecture active

Sections: 5 — Ce que les unités racontent ; 6 — Trois démonstrations concrètes

Vérification: Une valeur n’est exploitable qu’avec son unité et sa frontière de calcul.

Exercice: modifiez une hypothèse puis prédissez le sens de variation avant de recalculer

AM-05.06 — Transfert de Hohmann : passer d’une orbite circulaire à une autre avec deux impulsions

expliquer la notion avec des mots ordinaires

lire et prononcer les symboles importants

refaire au moins un calcul sans saut implicite

Le transfert de Hohmann et ce qu’il simplifie

Le transfert de Hohmann relie deux orbites circulaires coplanaires par une ellipse tangente aux deux cercles. Une première impulsion transforme l’orbite initiale en ellipse de transfert ; une seconde, au point opposé, circularise sur l’orbite finale. Le modèle est optimal en Δv dans un cadre idéal précis, mais il ne signifie pas que toute mission réelle doit utiliser exactement deux impulsions instantanées.

Le calcul sépare correctement trois vitesses : la vitesse sur l’orbite circulaire de départ, la vitesse sur l’ellipse juste après la première impulsion et la vitesse circulaire visée à l’arrivée. Leur différence donne le premier puis le second Δv . Cette décomposition évite le raccourci consistant à comparer seulement deux vitesses circulaires.

Pour Terre-Mars, l’idée de Hohmann sert surtout d’ordre de grandeur. Les planètes ne sont pas sur des cercles coplanaires parfaits et leurs positions varient. Une mission réelle optimise date, énergie caractéristique, durée, géométrie d’arrivée et contraintes du lanceur à partir d’éphémérides.

10 — Exercices guidés et réponses

11 — Sources NASA / JPL pour aller plus loin

NASA Science — Basics of Space Flight, Trajectories

Lecture active

Sections: Le transfert de Hohmann et ce qu’il simplifie ; 10 — Exercices guidés et réponses

Vérification: NASA Science — Basics of Space Flight, Trajectories

Exercice: modifiez une hypothèse puis prédissez le sens de variation avant de recalculer