

AM-06.01 · SPACE ACADEMY

La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

Réponse essentielle

La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire. Si nous visons l'endroit où la Lune se trouve au départ, elle aura bougé avant notre arrivée. Il faut donc prévoir sa position future. Mais pour prévoir cette position, il faut connaître la durée du voyage ; et pour connaître la durée du voyage, il faut déjà avoir une trajectoire. Cette boucle apparente est exactement... L'objectif est d'identifier la grandeur ou le mécanisme réellement étudié avant d'appliquer une formule. Le cours explicite les unités, les hypothèses, le calcul et les limites afin que le résultat puisse être vérifié et relié à une décision concrète de mission.

Synthèse de départ : le raisonnement complet, les exemples et les sources sont développés ci-dessous.

Mots clés avant de commencer

vitesse INFO · vecteur INFO ·
orbite INFO · unité INFO ·
ordre de grandeur INFO

Pourquoi la Lune bouge-t-elle pendant le voyage ? Comprenez 27,32166 jours, 360° , 2π , le temps de vol et les limites du modèle simplifié.

Boussole du cours

Question directrice : Si la Lune se déplace pendant le voyage, comment savoir où elle sera au moment de notre arrivée ?

Repères :  **MESURÉ**



CONVENTION



CALCULÉ



HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE



DONNÉE DE MISSION



DONNÉE CONSTRUCTEUR



APPROXIMATION

Objectifs :

- expliquer l'origine de 27,32166 jours
- distinguer mois sidéral et cycle des phases
- expliquer 360° , π et le radian
- justifier le facteur temps dans un angle d'avance
- comprendre pourquoi le vrai ciblage est itératif

1 — La question simple qui ouvre toute la mécanique orbitale

Si nous visons l'endroit où la Lune se trouve au départ, elle aura bougé avant notre arrivée. Il faut donc prévoir sa position future. Mais pour prévoir cette position, il faut connaître la durée du voyage ; et pour connaître la durée du voyage, il faut déjà avoir une trajectoire. Cette boucle apparente est exactement ce que les calculs orbitaux apprennent à résoudre.

Règle de ce cours : chaque nombre sera étiqueté par sa provenance et chaque opération par la question qu'elle résout.

2 — D'où vient 27,32166 jours ?



MESURÉ

NASA GSFC donne environ

27,32166 jours pour la période orbitale de la Lune *par rapport aux étoiles*. Ce nombre est obtenu par l'observation astronomique du mouvement lunaire dans un repère céleste.

Schéma pédagogique : Le mois sidéral : revenir devant le même fond d'étoiles — La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

Le mois sidéral : revenir devant le même fond d'étoiles

« Par rapport aux étoiles » :

imaginez les étoiles lointaines comme un papier peint céleste. On note où se trouve la Lune devant ce fond ; lorsqu'elle revient à peu près devant la même direction, un mois sidéral s'est écoulé.

Sidéral signifie « relatif aux étoiles ». La valeur n'est pas choisie pour le calcul : elle vient d'une mesure du phénomène.

3 — Pourquoi les phases durent-elles environ 29,5 jours ?

Pendant les 27,3 jours où la Lune fait ce tour relativement au fond d'étoiles, la Terre a avancé sur son orbite autour du Soleil. Il faut donc encore un peu de temps pour retrouver le même alignement Soleil–Terre–Lune et la même phase.

Schéma pédagogique : Pourquoi 27,3 jours et 29,5 jours ne mesurent pas la même chose — La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

Pourquoi 27,3 jours et 29,5 jours ne mesurent pas la même chose

Synodique : relatif ici au cycle de configuration Soleil–Terre–Lune. Le mois synodique, lié aux phases, est plus long que le mois sidéral.

4 — Pourquoi un cercle fait-il 360° et pas 359 ou 450 ?



CONVENTION 360° est une convention

humaine, pas une propriété physique obligatoire du cercle. Nous aurions pu définir un tour par 100, 400 ou 450 unités, à condition de convertir toute la géométrie.

L'usage de 360 est lié à une longue tradition sexagésimale mésopotamienne/babylonienne et il est très pratique parce que 360 se divise par beaucoup de nombres : 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12...

Mésopotamie : ancienne région du Proche-Orient entre notamment le Tigre et l'Euphrate. **Babylonien** : relatif à Babylone et à sa civilisation. **Sexagésimal** : système organisé autour du nombre 60.

Schéma pédagogique : Un tour complet : 360° ou 2π radians — La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

Un tour complet : 360° ou 2π radians

2π se prononce « deux pi » ou « deux fois pi ». $\pi \approx 3,14159$; donc $2\pi \approx 6,28318$ radians.

5 — Calculer une vitesse angulaire moyenne : pourquoi diviser ?

Nous voulons répondre à la question : *si un tour de 360° prend 27,32166 jours, combien de degrés correspondent en moyenne à un jour ?* Voilà pourquoi nous divisons :

$$360^\circ \div 27,32166 \text{ jours} \approx 13,176^\circ/\text{jour}$$



CALCULÉ

L'unité °/jour se lit « degrés par jour ». Le mot **moyenne** est important : l'orbite lunaire réelle est elliptique et perturbée, donc la vitesse angulaire instantanée n'est pas exactement constante.

6 — Pourquoi multiplier par trois ? Et pourquoi pas deux ou quatre ?

Nous choisissons maintenant



HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE

3 jours

comme premier ordre de grandeur inspiré des missions Apollo. Apollo 11 a effectué son insertion en orbite lunaire vers 75 h 50 min après le lancement, soit un peu plus de trois jours. Ce nombre est donc ici une hypothèse pédagogique reliée à une donnée de mission, pas une constante de la nature.

$$13,176^\circ/\text{jour} \times 3 \text{ jours} \approx 39,5^\circ$$

Pourquoi multiplier ? Parce que nous cherchons combien de degrés sont parcourus pendant **trois fois une journée**. Les jours s'annulent : (°/jour) × jour = °.

Schéma pédagogique : Premier modèle de l'angle d'avance — La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

Premier modèle de l'angle d'avance

Si le trajet durait 2 jours : environ $26,4^\circ$. S'il durait 4 jours : environ $52,7^\circ$. On découvre donc que l'angle d'avance dépend du temps de vol.

7 — Mais comment connaissait-on le temps de trajet avant d'y être allé ?

On ne l'a pas deviné. Avant Apollo, les ingénieurs connaissaient déjà les lois de Newton, la gravitation, la position de la Lune et les performances du lanceur. À partir d'une position et d'une vitesse initiales, on peut calculer comment un véhicule évoluera sous l'effet des forces gravitationnelles.

Les premières missions robotiques ont en plus fourni des mesures et des validations. Un voyage humain n'est donc pas la première occasion de tester toute la physique : il s'appuie sur des observations, des missions précédentes, des essais et des modèles.

8 — Pourquoi $39,5^\circ$ n'est surtout pas « l'angle Apollo »

Notre calcul supposait une Lune avançant à vitesse angulaire constante sur un cercle, un temps de vol connu d'avance et une simple interception géométrique. Ce modèle est utile pour fabriquer

l'intuition, mais il est insuffisant pour guider un vaisseau.

La vraie orbite lunaire est elliptique ; le Soleil perturbe son mouvement ; le vaisseau est accéléré par la gravité ; la Terre tourne ; les moteurs effectuent des corrections. Les ingénieurs utilisent donc des **éphémérides** INFO, c'est-à-dire des modèles donnant les positions des corps en fonction du temps.

Schéma pédagogique : Comment les ingénieurs résolvent le vrai problème
— La Lune bouge : où faut-il viser ?
Du premier dessin au calcul de trajectoire

Comment les ingénieurs résolvent le vrai problème

Itératif : on calcule une première solution, on mesure son erreur, on corrige et on recommence jusqu'à atteindre la précision voulue.

9 — Et si la cible est Mars ?

La logique générale reste : connaître l'état de départ, prévoir la cible et trouver une trajectoire qui les relie au bon moment. Mais la Terre et Mars tournent toutes deux autour du Soleil et le voyage dure des mois. On ne divise donc pas simplement « distance actuelle ÷ vitesse constante ».

Schéma pédagogique : De la Lune à Mars — La Lune bouge : où faut-il viser ? Du premier dessin au calcul de trajectoire

De la Lune à Mars

Un premier exercice scolaire peut utiliser distance/vitesse pour comprendre les unités, puis le cours doit explicitement retirer cette simplification et introduire transfert héliocentrique, fenêtre de lancement, phase entre planètes, vitesse relative et corrections.

10 — La compétence à retenir : savoir quel modèle on utilise

Un modèle simple n'est pas une erreur s'il est annoncé comme simple, si ses hypothèses sont visibles et si l'on sait quand il cesse d'être suffisant. L'erreur pédagogique serait de cacher les hypothèses et de faire passer 39,5° pour une solution de mission.

La mécanique orbitale deviendra progressivement plus précise dans les cours suivants : vecteurs position/vitesse, ellipse, éléments orbitaux, transfert de [Hohmann](#) ^{INFO}, phasage, rendez-vous et propagation numérique.

Exercices et corrigés

Exercice A — deux jours

Utilisez $13,176^\circ/\text{jour}$ pendant 2 jours.

Corrigé : $13,176 \times 2 = 26,352^\circ$,
soit environ $26,4^\circ$. Le facteur 2
représente deux jours de trajet
dans le modèle.

Exercice B — conversion radians

Combien vaut π radians en degrés ?

Corrigé : Un tour = 2π rad =
 360° . La moitié vaut π rad =
 180° .

Défi — provenance

Classez 27,32166 j ; 360° ; 3 j ; 39,5°.

Corrigé : 27,32166 j = mesuré ;
360° = convention ; 3 j =
hypothèse pédagogique liée à
une donnée de mission ; 39,5°
= résultat calculé d'un modèle
simplifié.

Sources primaires et techniques

- [NASA GSFC — Moon orbit and sidereal month](#)
- [NASA — Apollo 11 mission overview](#)
- [NASA — Apollo 11 record of lunar events](#)
- [NASA — Basics of Space Flight](#)

Ressource pédagogique en libre accès.
Ce contenu ne constitue ni une
formation professionnelle, ni un
diplôme, ni une certification, ni une
habilitation. Il ne remplace pas
l'encadrement pratique et
réglementaire requis pour concevoir,
fabriquer, tester ou exploiter un
système spatial.