

TP

MOUVEMENT DE LA LUNE

Objectifs : étudier la relation entre force extérieure au système et variation de son vecteur-vitesse.



Problématique : la Lune est le seul satellite naturel de la Terre. Elle accomplit le tour de la Terre en environ 28 jours. En première approximation, il est raisonnable de considérer que sa trajectoire est circulaire autour de la Terre. Comment la Terre agit-elle sur le mouvement de la Lune ?



Données

- Masse de la Lune :
 $m_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$;
- Masse de la Terre :
 $m_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- Distance moyenne entre les centres de la Terre et de la Lune :
 $d = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$;
- Constante d'attraction gravitationnelle :
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

Vecteur-vitesse



<https://youtu.be/4Mcd76oF4fY>

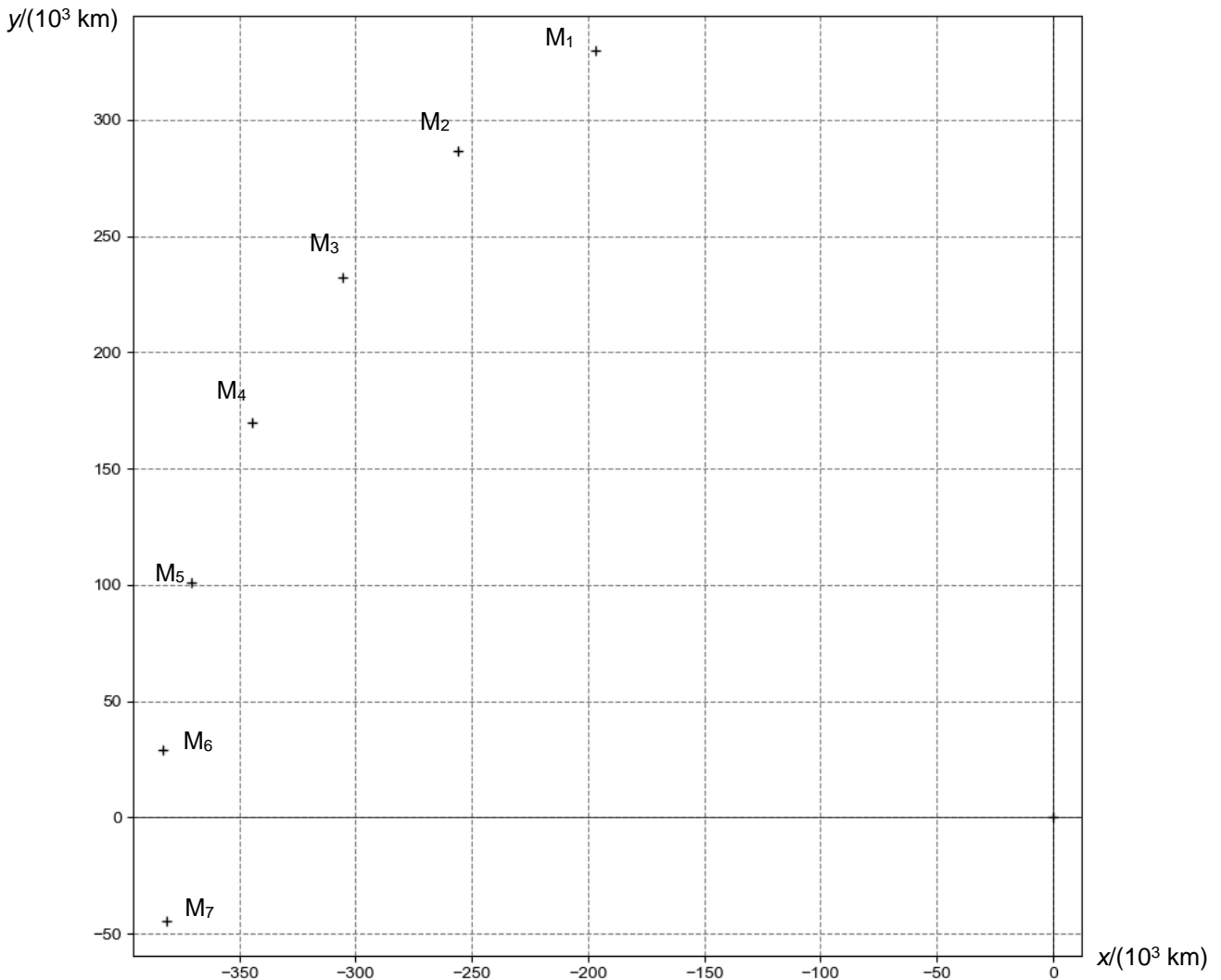
Vecteur-variation de vitesse



<https://youtu.be/j6VzxTH19eI>

Étude du mouvement doc. 4

La figure ci-dessous est une reproduction à petite échelle du mouvement du centre de la Lune par rapport au centre de la Terre, de coordonnées (0,0). Les positions M du centre de la Lune sont relevées avec un intervalle de temps régulier $\Delta t = 20 \text{ h}$.



1. Indiquer quels sont le système et le référentiel de l'étude.
2. En considérant que la Lune est loin de tout autre corps massif que la Terre, indiquer la ou les forces extérieures auxquelles la Lune est soumise (*on parle de bilan des forces ou d'inventaire des forces*).
3. Indiquer les trois caractéristiques de chacune des forces listées, c'est-à-dire sa direction, son sens et sa norme.

Dans le cas d'un mouvement curviligne, le vecteur-vitesse du système en un point est *tangent* au mouvement. Sur une chronophotographie, la direction de ce vecteur peut alors être considérée comme parallèle à la droite passant par le point précédent et le point suivant.

**RÉALISER***représenter et utiliser des vecteurs***A B C D**

4. Représenter sur le doc. 4 les vecteurs-vitesse du système aux points M_2 , M_3 , M_4 et M_5 en adoptant comme échelle des vitesses $10 \text{ mm} \triangleq 1,2 \times 10^3 \text{ km/h}$.
5. Représenter sur le doc. 4 les vecteurs-variation de vitesse $\Delta \vec{v}_{M_2}$, $\Delta \vec{v}_{M_3}$ et $\Delta \vec{v}_{M_4}$ du système aux points M_2 , M_3 et M_4 .
6. Mesurer la longueur des flèches représentant ces deux vecteurs puis exploiter l'échelle des vitesses pour en calculer les normes Δv_{M_2} , Δv_{M_3} et Δv_{M_4} en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rappel : $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. **APPEL** 🙌.

Variation de vitesse et forces

doc. 5

On considère deux points du mouvement d'un système de masse m constante **entre lesquels s'est écoulée une très petite durée Δt (par rapport à la durée du mouvement en général)**. Dans ces conditions, le vecteur-variation de vitesse $\Delta \vec{v}_M$ du système en un point M peut être approchée avec une précision satisfaisante à l'aide de la relation suivante :

$$\Delta \vec{v}_M = \frac{\Delta t}{m} \times \sum \vec{F}_{\text{ext}}$$

$\sum \vec{F}_{\text{ext}}$ désigne la somme vectorielle des forces extérieures auxquelles le système est soumis.

Les vecteurs $\Delta \vec{v}_M$ et $\sum \vec{F}_{\text{ext}}$ sont colinéaires et de même sens.

Il s'agit de l'énoncé approché du principe fondamental de la dynamique.

Rappel des unités légales dans le Système international : Δv en m/s, Δt en s, m en kg et F en N.

**VÉRIFIER***vérifier la validité d'un modèle***A B C D**

7. Dans le cas de l'étude du mouvement de la Lune, comparer Δt avec la durée d'un tour complet autour de la Terre. Vérifier si les conditions énoncées en gras dans l'encadré ci-dessus (doc. 5) sont respectées.
8. Déterminer par un tracé géométrique si les vecteurs-variation de vitesse représentés aux points M_2 , M_3 et M_4 sont conformes à l'énoncé approché du principe fondamental de la dynamique pour ce qui concerne leur direction et leur sens.

Les erreurs de tracé peuvent conduire à des imprécisions et des écarts. L'erreur relative ϵ entre une valeur expérimentale et une valeur de référence est donné par la relation suivante :

$$\epsilon = \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur de référence}}{\text{valeur de référence}} \right|$$

La double barre verticale se lit *valeur absolue*, ce qui signifie que le résultat du rapport est considéré sans se soucier de son signe positif ou négatif.

9. Calculer la valeur de $\frac{\Delta t}{m} \times F_{\text{ext}}$. Déterminer si les vecteurs-variation de vitesse sont conformes à l'énoncé approché du principe fondamental de la dynamique pour ce qui concerne leur norme, avec une tolérance de 5 %. **APPEL** 🙌.

TP Mouvement de la Lune – Éléments de correction

1. Le système étudié est la Lune, repérée par son centre. Le référentiel adopté est géocentrique.
2. La Lune est loin de tout, sauf de la Terre. Seule la Terre agit sur elle au moyen de la force d'attraction gravitationnelle.
3. Cette force est dirigé sur l'axe Terre-Lune, orientée de la Lune vers la Terre et sa norme vaut :

$$F = G \times \frac{m_{\text{terre}} \times m_{\text{lune}}}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} = 1,99 \times 10^{20} N$$

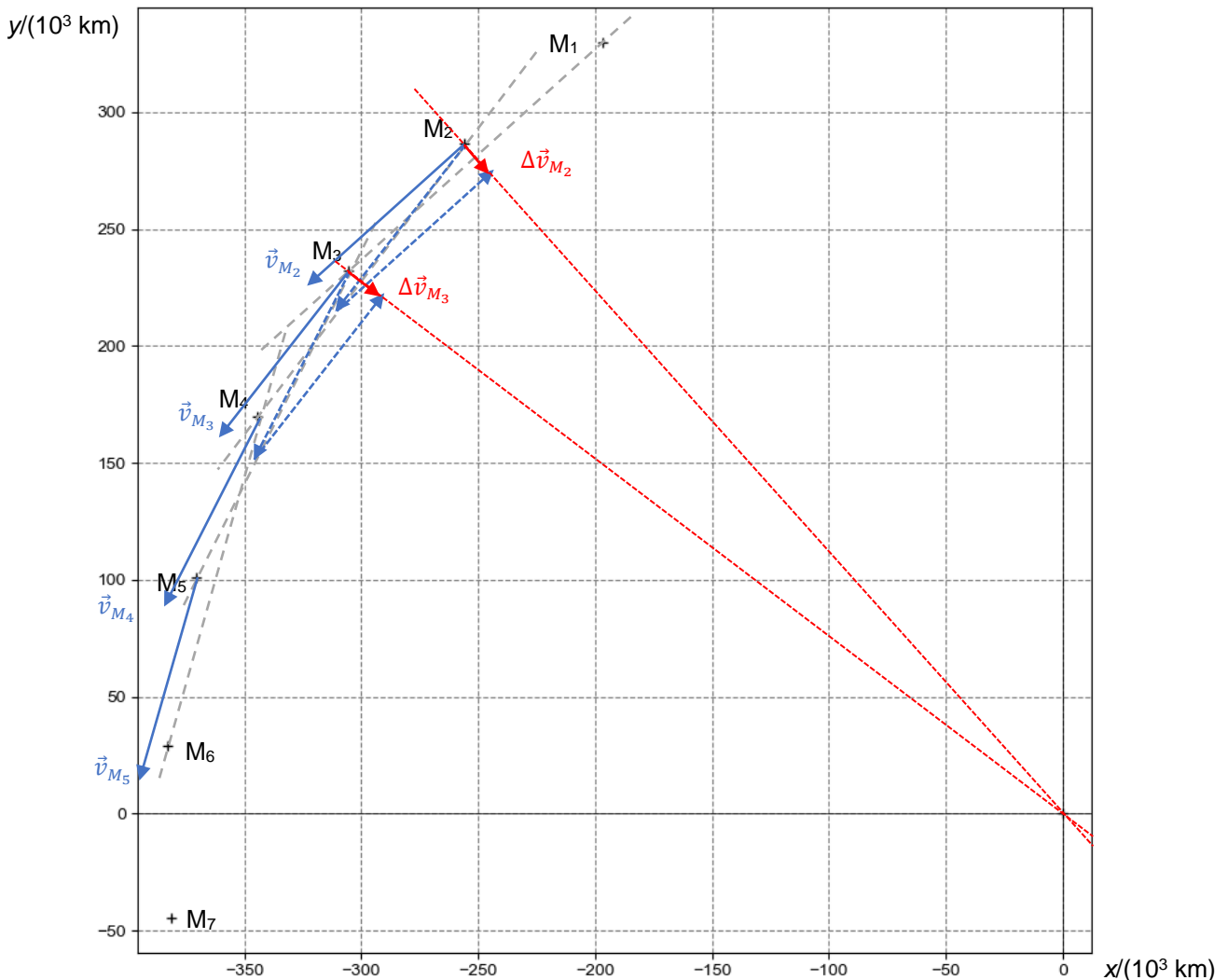
4. et 5. Le repère de la figure est orthonormé. EN posant la règle sur un des axes, on mesure que $67 \text{ mm} \triangleq 300 \times 10^3 \text{ km}$. C'est l'échelle des distances de la figure.

Sur le document, la longueur du segment [M1M2] vaut $M_1M_2 = 16 \text{ mm}$.

Ainsi, en réalité, $M_1M_2 = \frac{16 \text{ mm}}{67 \text{ mm}} \times 300 \times 10^3 \text{ km} = 72 \times 10^3 \text{ km}$.

Ce trajet a lieu en une durée $\Delta t = 20 \text{ h}$. La vitesse vaut $v_{M_1} = \frac{72 \times 10^3 \text{ km}}{20 \text{ h}} = 3,6 \times 10^3 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

L'échelle des vitesses est fournie par l'énoncé : $10 \text{ mm} \triangleq 1,2 \times 10^3 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Il faut donc la représenter par une flèche dont la longueur vaut 3,0 cm.



6. Sur la figure, on mesure avec une règle que tous les vecteurs-variation de vitesse ont une longueur de 6 mm. D'après l'échelle, cela correspond à $\Delta v = \frac{6 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 1,2 \times \frac{10^3 \text{ km}}{\text{h}} = 720 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 200 \text{ m/s}$.

Physique – Chimie

7. Comparons la durée entre deux positions relevées et la durée T d'un tour :

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{20 \text{ h}}{28 \text{ j}} = \frac{20 \text{ h}}{28 \times 24 \text{ h}} = 3,0 \%$$

La durée entre deux relevés ne représente que 3 % de la durée d'un tour. Les conditions sont bien vérifiées.

8. Sur la figure, en prolongeant les vecteurs-variation de vitesse, on constate qu'ils sont tous dirigés vers l'origine du repère, c'est-à-dire le centre de la Terre et c'est bien aussi le cas de la force d'attraction gravitationnelle.

$$9. \frac{\Delta t}{m} \times F = \frac{20 \text{ h}}{7,35 \times 10^{22} \text{ kg}} \times 1,99 \times 10^{20} \text{ N} = \frac{20 \times 3600 \text{ s}}{7,35 \times 10^{22} \text{ kg}} \times 1,99 \times 10^{20} \text{ N} = 195 \text{ m/s}.$$

Or la norme Δv mesurée sur la figure vaut 200 m/s.

L'écart relatif est donc égal à $\epsilon = \frac{200-195}{195} = 2,6 \% < 5 \%$. La relation est aussi vérifiée en termes de normes.