Nom:............................ Prénom:............................ Classe:................... Date: ....

Mouvement de la Lune[1]

Objectifs	Classe
☐ Vecteur variation de vitesse. ☐ Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. ☐ Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci : ▪ pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues; ▪ pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu. ☐ Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs.	$1^{\text{ère}}$ Spé **Durée** $1{,}5\,\text{h}$

Document 1: Données

- $\mathcal{G} = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$
- $M(Terre) = 5{,}97 \times 10^{24}\,\text{kg}$
- $M(Lune) = 7{,}34 \times 10^{22}\,\text{kg}$

Document 2: Présentation du mouvement de la Lune

En astronomie, la **distance lunaire** est la distance moyenne entre la Terre et la Lune, qui vaut $384\,400\,\text{km}$. La distance réelle varie en fonction de la position de la Lune sur son orbite, entre $356\,410\,\text{km}$ au périgée et $405\,500\,\text{km}$ à l'apogée.
La Lune tourne périodiquement autour de la Terre avec une période T d'un peu plus de 27 jours (exactement 27 j 7 h 43 min 11,5 s), mais pendant cette révolution, la Terre avance d'environ $1/12^{ème}$ sur son orbite autour du soleil. Or comme la révolution de la Terre et de la Lune sont dans le même sens, cela se traduit par le fait que pour revenir à une même phase, la Lune doit faire sa révolution (≈ 27 jours) plus 2 jours. Ainsi, on appelle **lunaison** l'intervalle de temps séparant deux nouvelles lunes et dont la durée moyenne est de 29 jours 12 heures 44 minutes et 2,8 secondes.

1. Dans quel référentiel le mouvement du système Lune est-il étudié ?

> **Solution:** Le mouvement de la Lune est étudié dans le référentiel géocentrique, c'est-à-dire un référentiel lié au centre de la Terre.

2. À partir des documents, expliquer pourquoi considérer que le mouvement de la Lune est circulaire est une approximation.

> **Solution:** Le document indique que la distance Terre-Lune varie entre $356\,410\,\text{km}$ au périgée et $405\,500\,\text{km}$ à l'apogée. Cette variation de distance montre que l'orbite de la Lune n'est pas parfaitement circulaire mais elliptique. Considérer le mouvement comme circulaire est donc une approximation.

[1] TP basé en partie sur le travail mis à disposition sur le site `http://olical.free.fr/`.

3. Le vecteur vitesse est-il conservé au cours du mouvement (en sens, en direction et en valeur) ?

> **Solution:** Non, le vecteur vitesse n'est pas conservé. Dans un mouvement circulaire, la direction du vecteur vitesse change constamment (elle est toujours tangente à la trajectoire, c'est-à-dire au cercle). Le sens est par-contre conservé ainsi que la valeur si on considère la trajectoire comme circulaire.

4. Le mouvement de la Lune est-il donc bien uniforme ?

> **Solution:** Le mouvement est uniforme car la norme du vecteur vitesse est constante (mais sa direction change constamment). En effet, les différents points de la trajectoire sont équidistants.

Vous disposez d'un relevé des positions de la Lune sur papier. Un jour sépare chaque point de ce relevé.

5. Calculer la distance parcourue par la Lune sur son orbite lors d'une période T en utilisant les informations du document 2.

> **Solution:** En approximation circulaire, la distance parcourue correspond au périmètre de l'orbite :
>
> $$\begin{aligned} d &= 2\pi r \\ &= 2\pi \times 384\,400 \times 10^3\,\mathrm{m} \\ &\boxed{d = 2{,}41 \times 10^9\,\mathrm{m}} \end{aligned}$$

6. Calculer la valeur de la vitesse de la Lune sur son orbite. Exprimer cette valeur en mètre par seconde.

> **Solution:** La période est $T = 27$ j 7 h 43 min 11.5 s $= 2{,}36 \times 10^6\,\mathrm{s}$
>
> $$\begin{aligned} v &= \frac{d}{T} \\ &= \frac{2{,}41 \times 10^9\,\mathrm{m}}{2{,}36 \times 10^6\,\mathrm{s}} \\ &= 1{,}02 \times 10^3\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \\ &\boxed{v = 1020\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}} \end{aligned}$$

7. Tracer, en utilisant l'échelle proposée, les vecteurs « vitesse » au $3^{ème}$ et $4^{ème}$ jour de son orbite ; puis au $14^{ème}$ et $15^{ème}$ jour.

8. Tracer les vecteurs « variation de vitesse » au $4^{ème}$ jour puis au $15^{ème}$ jour. Les résultats sont-ils en accord avec la première partie du TP ?

Solution: Le vecteur $\Delta\vec{v}(t) = \vec{v}(t) - \vec{v}(t - \Delta t)$ est dirigé vers le centre de la Terre (vers l'intérieur de la trajectoire). Ceci est en accord avec les réponses précédentes qui montraient que le vecteur vitesse change de direction, impliquant une accélération centripète.

9. Graphiquement, et donc en utilisant l'échelle de représentation des vitesses, évaluer la valeur Δv de la variation de vitesse (en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$).

Solution: On mesure un vecteur de $1{,}5\,\mathrm{cm}$ de long pour $\Delta\vec{v}$ donc

$$\Delta v = \frac{1{,}5\,\mathrm{cm} \times 200\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}{1{,}0\,\mathrm{cm}}$$

$$\boxed{\Delta v = 300\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

10. Si on néglige l'action du Soleil sur la Lune, montrer que le système Lune en mouvement n'est soumis qu'à une seule force que vous nommerez. Quelle est la direction et le sens de la force que subit la Lune ? Calculer sa valeur.

Solution: La seule force significative est la **force gravitationnelle** exercée par la Terre sur la Lune. Cette force est dirigée du centre de la Lune vers le centre de la Terre (force attractive).

$$F = \mathscr{G}\frac{M_{Terre} \times M_{Lune}}{d^2}$$

$$F = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg} \times 7{,}34 \times 10^{22}\,\mathrm{kg}}{(3{,}844 \times 10^{8}\,\mathrm{m})^2}$$

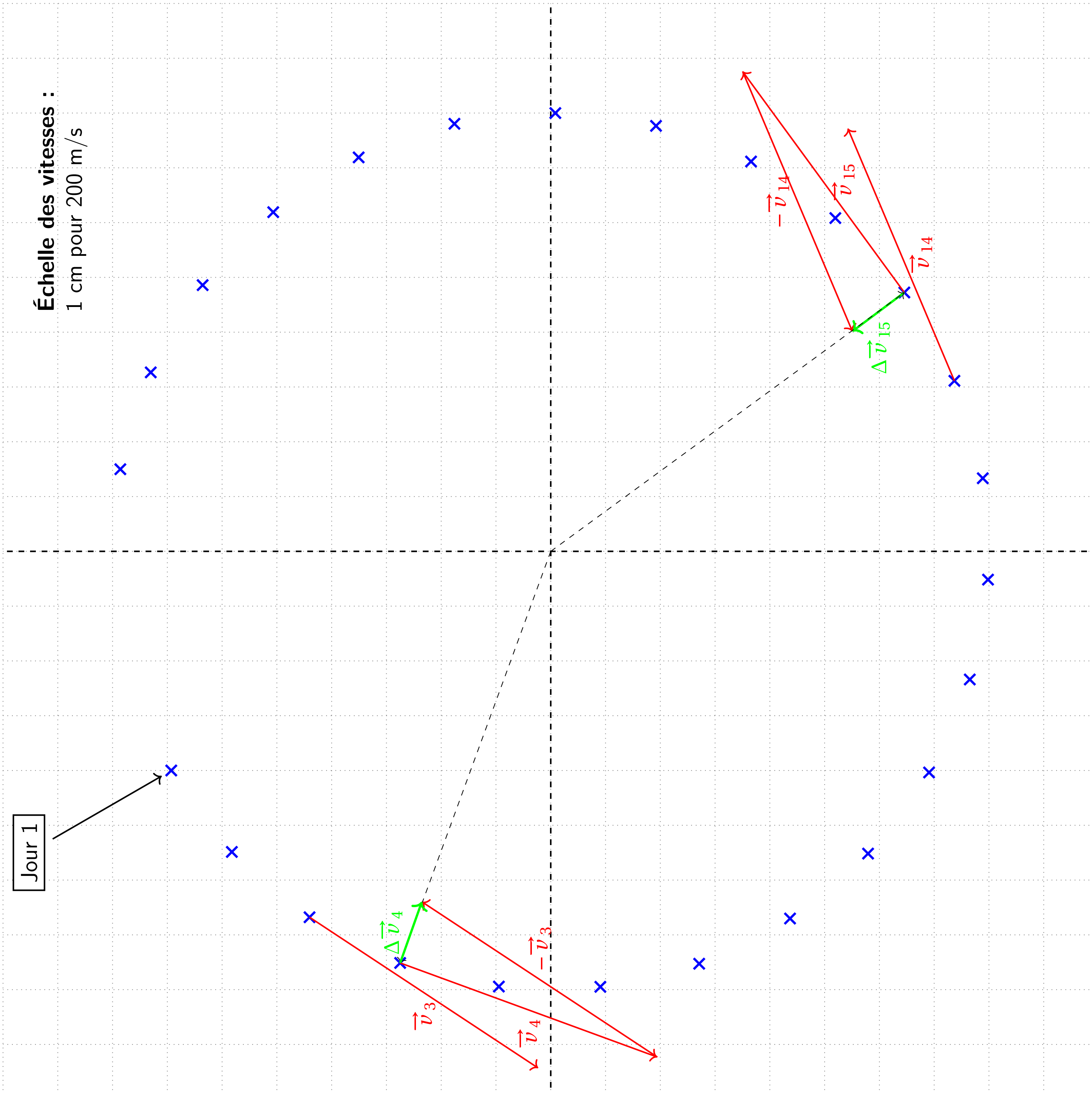
$$F = 1{,}98 \times 10^{20}\,\mathrm{N}$$

11. En rassemblant l'ensemble de vos résultats, montrer que la trajectoire de la Lune est bien en accord avec la deuxième loi de Newton.

Solution: D'après la 2e loi de Newton: $\sum \vec{F_i} = m\frac{\Delta\vec{v_i}}{\Delta t}$

Calculons le deuxième membre: $m\frac{\Delta\vec{v_i}}{\Delta t} = 7{,}34 \times 10^{22}\,\mathrm{kg} \times \frac{300\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}{24\,\mathrm{h} \times 3600\,\mathrm{s}} = 2{,}55 \times 10^{20}\,\mathrm{N}$

Cette valeur correspond environ à la force gravitationnelle calculée précédemment, ce qui confirme l'accord avec la 2e loi de Newton.


Échelle des vitesses :
1 cm pour 200 m/s
Jour 1
$-\vec{v}_{14}$
$\vec{v}_{15}$
$\vec{v}_{14}$
$\Delta\vec{v}_{15}$
$\Delta\vec{v}_4$
$-\vec{v}_3$
$\vec{v}_3$
$\vec{v}_4$