

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

La mission DART

Dans la nuit du 26 au 27 septembre 2022, la sonde DART (*Double Asteroid Redirection Test*) de la NASA est entrée en collision avec un astéroïde, nommé *Dimorphos*, qui est grand comme la moitié de la Tour Eiffel.

Dimorphos est un petit astéroïde gravitant autour d'un plus grand astéroïde nommé *Didymos*.

La collision volontaire entre la sonde DART et l'astéroïde *Dimorphos* a eu lieu à 11 millions de kilomètres de la Terre et constitue un test grandeur nature pour évaluer notre capacité à percuter un objet très éloigné de notre planète, avec une très grande précision.



Crédit : NASA / AFP

Le défi a été brillamment relevé et constitue une première historique. En effet, l'impact a suffisamment dévié *Dimorphos* pour modifier la durée de son orbite autour de *Didymos*.

Le but de cet exercice est d'étudier dans une première partie le décollage de la fusée ayant emmené DART vers le lieu de l'impact. Dans une deuxième partie, l'interaction gravitationnelle entre Didymos et Dimorphos est étudiée. Dans une troisième et dernière partie, l'impact du satellite sur Didymos est étudié.

Les trois parties sont indépendantes.

Données

- L'ensemble *Didymos/Dimorphos* tourne autour du Soleil selon une trajectoire circulaire à une vitesse moyenne d'environ 23 km.s^{-1} .
- Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$.

La force de poussée

La poussée, qui peut s'exprimer en kilonewtons (kN), est une action qui s'exerce sur la fusée et correspond à l'action de réaction des gaz éjectés au cours de la combustion du carburant.

On la modélise par une force notée F .

Partie I. Décollage de la mission DART

Avant d'être envoyé en direction de *Dimorphos*, le satellite DART a été placé en orbite par une fusée Falcon 9. Cette fusée est un lanceur spatial partiellement réutilisable, développé par la société SpaceX.

On s'intéresse dans cette partie au décollage de la fusée à partir du site de son lancement.

Q.1. (0,5 point) Effectuer un bilan des forces s'exerçant sur la fusée, moteurs éteints, quand elle est encore immobile, avant le décollage.

Q.2. (1 point) Modéliser ces forces sur un schéma et sans souci d'échelle.

Q.3. (1 point) On se place maintenant dans la situation où la fusée vient juste de quitter le sol. Choisir parmi les propositions de la figure 1, le schéma compatible avec cette situation. Justifier.

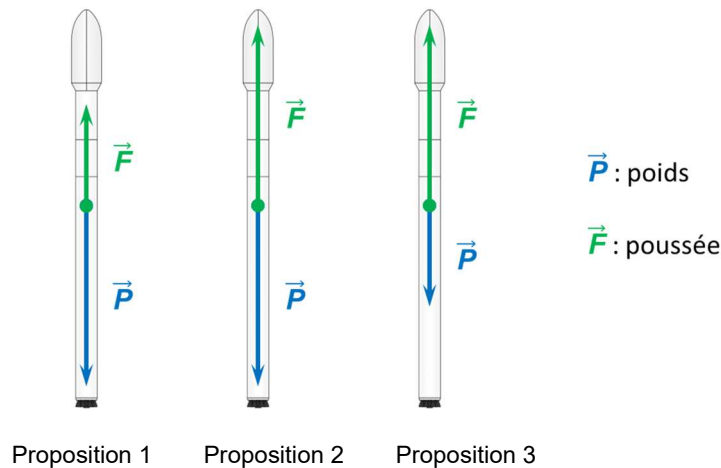


Figure 1 : Propositions de représentation des forces s'appliquant sur la fusée une fois qu'elle a quitté le sol

Partie II. Étude du système {*Dimorphos* – *Didymos*}

L'astéroïde *Dimorphos* a un diamètre de 164 mètres pour une masse de $4,84 \times 10^9$ kg. Il orbite selon une trajectoire circulaire autour de l'astéroïde *Didymos* en 11 heures et 55 minutes à une altitude de 1 190 mètres par rapport à la surface de celui-ci.

On assimile l'astéroïde *Didymos* à une sphère dont le rayon moyen est de 820 m et dont la masse est de $5,23 \times 10^{11}$ kg.

On s'intéresse ici aux forces gravitationnelles s'exerçant entre *Dimorphos* et *Didymos*.



Figure 2 : Système *Dimorphos* - *Didymos*

Q.4. (0,5 point) Donner l'expression de la force gravitationnelle s'exerçant sur *Dimorphos* en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}$, représenté sur le schéma de l'**ANNEXE I à rendre avec la copie**.

Q.5. (1,5 points) En détaillant toutes les étapes du raisonnement, déterminer la valeur de la force gravitationnelle exercée par l'astéroïde *Didymos* sur l'astéroïde *Dimorphos*.

Q.6. (0,5 point) Représenter, sur le schéma en **ANNEXE I à rendre avec la copie**, cette force gravitationnelle, en prenant comme échelle 1,0 cm pour $2,0 \times 10^4$ N.

Partie III. Collision de la sonde DART sur l'astéroïde *Dimorphos*

Quelques dizaines de minutes avant la collision, le système de navigation de DART a ajusté sa direction de manière automatique pour atteindre *Dimorphos*. La sonde est ensuite venue percuter l'astéroïde avec succès et a dévié sa trajectoire à cause du choc.

On donne, en **ANNEXE II à rendre avec la copie**, les chronophotographies de *Dimorphos* et de DART peu de temps avant l'impact entre eux. Leurs positions ont été relevées toutes les 9 minutes à partir de minuit vingt-quatre, le 27 septembre 2022.

Q.7. (2 points) Calculer la valeur de la vitesse de DART pour deux positions différentes sur la chronophotographie figurant en **ANNEXE II à rendre avec la copie**. Identifier sur l'annexe les deux positions choisies pour ces calculs.

- Q.8. (0,5 point)** Tracer sur l'**ANNEXE II à rendre avec la copie** les deux vecteurs vitesse correspondants à ces positions choisies à la question précédente en précisant l'échelle choisie.
- Q.9. (0,5 point)** Au vu de la chronophotographie, émettre une hypothèse sur la nature du mouvement de DART.
- Q.10. (2 points)** À l'aide de la chronophotographie en **ANNEXE II à rendre avec la copie** et des connaissances acquises, estimer l'heure d'impact de la sonde DART sur *Dimorphos*.

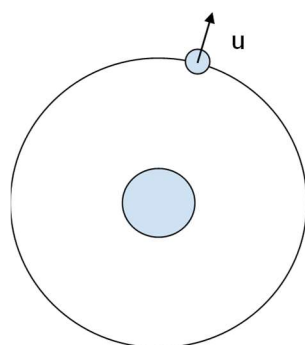
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

ANNEXE A COMPLETER ET A RENDRE AVEC LA COPIE

Nom : Prénom :

Classes :

ANNEXE I. Système *Dimorphos* – *Didymos*



ANNEXE II. Chronophotographie du système *Dimorphos* – *Didymos*

Soleil



× DART

× DIMORPHOS

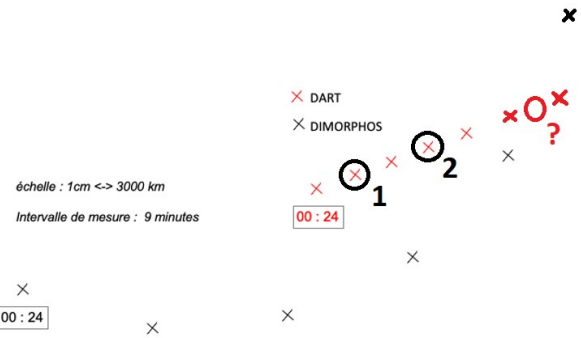
Echelle : 1 cm $\leftrightarrow$ 3 000 km

Intervalle de mesure : 9 minutes

00 : 24

00 : 24



Question	Tâche	Niveau de difficulté	Compétence évaluée	Réponse Attendue	Notation
Q1	Simple	1	Analyser	Bilan des forces : Poids de la fusée, réaction du sol.	0,5
Q2	Simple	1	Réaliser		1
Q3	Simple	2	S'approprier	La proposition 3 est correcte puisque la force de poussée doit être plus élevée que le poids de la fusée pour pouvoir décoller.	1
Q4	Simple	1	Connaître	$\vec{F}_{Didymos/Dimorphos} = -G \frac{m_{Didymos} \times m_{Dimorphos}}{d^2} \vec{u}$	0,5
Q5	Complexe	4	Réaliser	$d = 82 + 410 + 1190 = 1682 \text{ m}$ $F_{\frac{Didymos}{Dimorphos}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,23 \times 10^{11} \times 4,84 \times 10^9}{1682^2}$ $= 5,97 \times 10^4 \text{ N}$	1,5
Q6	Simple	1	Réaliser	Vecteur d'environ 3 cm partant du centre de Didymos vers Dimorphos.	0,5
Q7	Simple	3	Réaliser	 Position 1 : Position 2 :	2
Q8	Simple	1	Réaliser		0,5
Q9	Simple	2	Analyser	Les deux vitesses ont approximativement la même valeur donc le mouvement est uniforme.	0,5
Q10	Complexe	4	Analyser Réaliser		2