Term S - Activité : Etude de la quantité de mouvement

I) Démarche d'investigation :

Merveilleux site que la plage de galets d'Etretat ! Sur les galets, une barque… malheureusement sans rames.

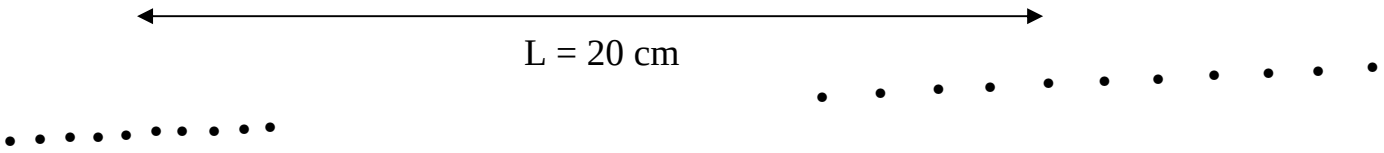
Comment allez-vous faire pour vous approcher en barque de l'aiguille en restant au sec ?

II) Décollage d'une fusée :

Voir feuille ci-après

III) Mobiles auto-porteurs :

$\Delta t = 40$ ms ; $m_1 = 1430$ g ; $m_2 = 740$ g



IV) Exercice

Énoncé Le biathlon est une épreuve combinant ski de fond et tir à la carabine. On étudie un aspect du parcours d'un athlète de masse $M = 75{,}0$ kg portant une carabine de masse $m_c = 4{,}0$ kg. Lors du tir, une balle de masse $m_b = 5{,}0$ g est expulsée de la carabine avec une vitesse $v_b = 310\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. La balle doit atteindre l'une des cinq cibles disposées sur un support.

1 Calculer la quantité de mouvement de la balle à la sortie du canon.

2 Comment peut-on déterminer la vitesse de recul $\vec{v}_c$ de la carabine ? On ne tiendra pas compte des gaz éjectés.

a. Calculer sa valeur dans le cas où le système étudié est constitué de la carabine et de la balle, système supposé isolé avant et après le tir.

b. En réalité, l'athlète tient fermement la carabine en appui sur son épaule. Comment est modifié le raisonnement précédent dans ce cas ?

3 La balle arrive à la vitesse horizontale $\vec{v}$ sur l'une des cinq cibles noires. Sous l'impact de la balle, la cible noire se déplace, puis active un mécanisme qui fait basculer un cache blanc devant la cible. Le tireur sait ainsi qu'il a réussi son tir. En supposant isolé le système constitué par la cible noire et la balle incrustée, exprimer sa vitesse $\vec{v}'$ juste après l'impact et calculer son énergie cinétique.

Données : $v = 300\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; masse de la cible noire $m_{\text{cible}} = 60$ g.

Décollage d'une fusée

Mode de propulsion par réaction

Le mode de propulsion par réaction des fusées a permis à l'Homme d'envoyer des satellites, des sondes spatiales et des êtres humains dans l'espace afin d'explorer l'Univers.

Compétences scientifiques évaluées
- Formuler des hypothèses pertinentes.
- Communiquer et argumenter en utilisant un vocabulaire scientifique adapté.

Pour commencer (situation déclenchante)

Le premier satellite artificiel de la Terre, *Spoutnik-1*, fut lancé par l'URSS (la Russie actuelle) le 4 octobre 1957. Ce lancement marqua le début de la conquête spatiale. Depuis, plus de 5 000 satellites, sondes interplanétaires et vaisseaux habités ont été envoyés dans l'espace grâce à des fusées, comme Ariane 5 (Fig. 1), qui est l'actuel lanceur européen.

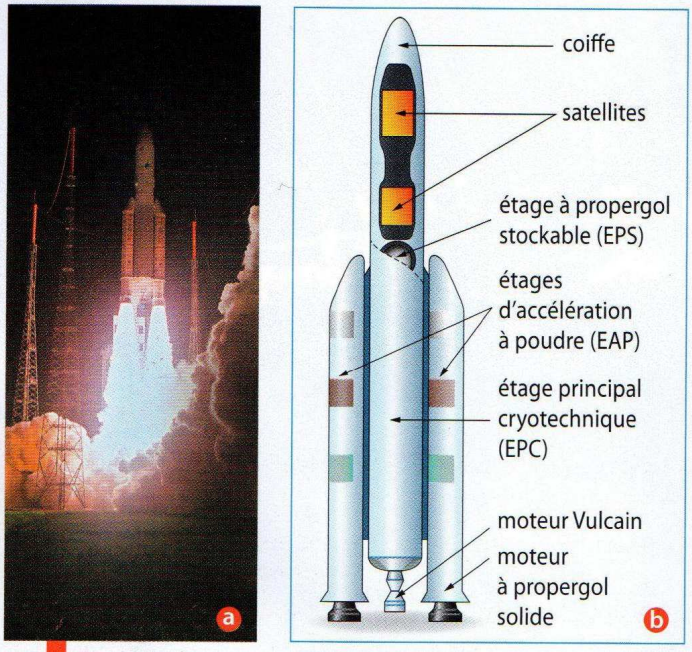


Fig. 1 a Lancement de la fusée Ariane 5 depuis Kourou en Guyane. b Schématisation d'Ariane 5.

Lors de son ascension, lorsqu'elle a atteint une certaine altitude, la fusée Ariane 5 se sépare de ses EAP (Fig. 1 b). L'ouverture de la coiffe libère au final le satellite sur son orbite.

Investigation

Comment expliquer l'ascension de la fusée ?

Quelques idées (hypothèses)

Expérience (recherche de validation)

1 **a.** Décrire une expérience simple avec un ballon de baudruche permettant de modéliser le vol d'une fusée.

b. Réaliser cette expérience.

2 Ce ballon a-t-il besoin de l'air de la salle pour voler ? Pourrait-il voler dans le vide ?

3 Quelles analogies peut-on faire entre le vol d'une fusée et celui d'un ballon de baudruche ?

Étude de document (recherche de validation)

Alors qu'il est instituteur à Kalouga, Tsiolkovski publie en 1883 un ouvrage, *L'Espace libre*, dans lequel il propose d'utiliser la propulsion par réaction pour les vols dans l'espace. Mais c'est son ouvrage de 1903, *L'Exploration de l'espace cosmique à l'aide d'engins à réaction*, et ses additifs de 1911, 1912, 1914 et 1926 qui vont faire autorité. Tsiolkovski est le premier à comprendre et à mettre en équation le fonctionnement de la fusée. Notons qu'un autre Russe, Konstantin Ivanovitch Konstantinov, dans son *Traité d'artillerie* (1857), avait cerné le principe fondamental du fonctionnement de la fusée. Il écrivait, en effet, que « la quantité de mouvement communiquée à la fusée par la combustion du combustible et du comburant est, à tout instant, égale à la quantité de mouvement des gaz éjectés ». Tsiolkovski s'intéresse à la propulsion à liquides et préconise, plus de cinquante ans avant son avènement, l'utilisation de l'hydrogène et de l'oxygène liquides.

Jacques Villain, extrait de « La conquête de l'espace - Des pionniers à la fin de la guerre froide » *Encyclopædia Universalis*.

On considère un système isolé (S), constitué d'une fusée et de son contenu (y compris son combustible et son comburant), de masse m_0 dans un référentiel galiléen où il est immobile à la date $t = 0$.

4 Que vaut alors, à $t = 0$, la quantité de mouvement de ce système ?

À un instant t, on décompose le système (S) en deux : fusée et gaz éjectés.

5 **a.** Que vaut alors, à l'instant t, la quantité de mouvement de ce système ?

b. En déduire l'expression de la vitesse de la fusée en fonction des autres paramètres.

Pour conclure

6 Comment expliquer le mode de propulsion d'une fusée ?