##### TS TP Comment interpréter le phénomène de propulsion par réaction ?

**Objectifs:**

*- mesurer la vitesse acquise par un chariot modèle réduit, initialement immobile, propulsé par un ballon de baudruche ;*

*- mesurer la masse d'air éjectée pendant l'intervalle de temps écoulé entre le départ et l'instant de mesure de la vitesse ;*

*- tenter la vérification de la conservation de la quantité de mouvement du système (jouet + ballon + air contenue au départ) , porter un regard critique sur les résultats obtenus et discuter des causes d'erreurs possibles.*

*- étendre les notions abordées à un autre système modélisant une situation plus proche du réel : la fusée à réaction.*

**Pré requis:**

*- maitrise d'une technique de mesure de vitesse d'un mobile en translation ;*

*- lois de Newton et conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé*

**1. Description de la situation-problème**

*On souhaite mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan de quantité de mouvement. Pour cela, on dispose d'un chariot à réaction, équipé de petites roues, propulsé par un moteur à réaction. Le moteur à réaction est constitué d'un ballon de baudruche, équipé d'un embout de section* ***S*** *qui joue le rôle de tuyère et qui permet d'éjecter l'air à vitesse* ***u*** *constante.*

*Des mesures montrent en effet que la surpression de l'air contenue dans le ballon est faible et quasiment constante ce qui implique que le volume ainsi que la masse de l'air éjecté sont proportionnelle à l'intervalle de temps écoulé (les débits volumiques et massiques sont constants)."*

**2. Bilan qualitatif de quantité de mouvement**

*Pour pouvoir faire un bilan simple de quantité de mouvement, il est nécessaire de faire un certain nombre d'hypothèses:*

*(1) l'ensemble chariot + ballon se déplacent* ***sans frottements*** *sur la paillasse ce qui permet d'affirmer que l'on est en présence d'un système pseudo-isolé en translation ;*

*(2) la vitesse du chariot* ***v*** *est négligeable devant la vitesse d'éjection* ***u*** *de l'air à la sortie du ballon.*

On considère que le système est constitué de l'ensemble (chariot C + ballon B + air contenu initialement à l'intérieur du ballon). En prenant en compte les deux hypothèses simplificatrices (1) et (2), faire un bilan de quantité de mouvement entre un état initial où le système est au repos dans le référentiel du laboratoire et un état final où l'ensemble (chariot + ballon) de masse M a acquis une vitesse v pendant qu'une masse d'air m a été éjectée du ballon à la vitesse u.

$$\vec{u}$$

$$\vec{v}$$

*état final*

*vitesse air éjecté = .......... vitesse chariot + ballon = ........*

*masse air éjecté = ......... masse chariot + ballon = ........*

*qté de mvt air éjecté = ........ qté de mvt de C + B = ........*

*quantité de mouvement totale = .......................*

*état initial : repos*

*vitesse = .........*

 *masse = .........*

*quantité de mouvement totale = ......* .............

 **Montrer que le bilan de quantité de mouvement permet d'obtenir l'égalité suivante :**

$m×u=M×v$ **égalité (3)**

**3. Elaboration d'un protocole expérimental**

On souhaite vérifier expérimentalement le résultat théorique correspondant à l'égalité (3) établi à partir des hypothèses simplificatrices (1) et (2). En utilisant le matériel à disposition de la liste ci-dessous, proposer un protocole permettant de mesurer toutes les grandeurs intervenants dans l'égalité (3)

Matériel à disposition :

- une balance électronique au décigramme (pour la classe).

- un chariot à réaction fabriqué ;

- une règle graduée ;

- un mètre ruban de 2 m au moins ;

- un chronomètre au centième de seconde ;

- une pompe à vélo pour laquelle on a mesuré le volume donné pour un coup de pompe (0,10 L ici) ;

- un système de mesure de vitesse instantanée comportant deux fourches optiques et une horloge électronique ;

- une webcam associée à un ordinateur muni d'un logiciel de pointage et d'un logiciel tableur-grapheur ;

- etc...

**Appeler le professeur pour faire valider votre protocole et obtenir son accord avant de le réaliser**

**Réalisation du protocole et des mesures**

Réaliser le protocole et faire les mesures des masses **m**, **M** ainsi que les mesures des vitesses **v** et **u**.

**Validation des résultats**

Calculer les deux termes de l'égalité (3) à savoir $m×u et M×v$etcomparer leurs valeurs en prenant en compte les incertitudes associées aux mesures des différentes grandeurs.

Conclure sur la validité des mesures réalisées. "

**6. Application à un cas plus réaliste : la fusée à air**

*On dispose maintenant d'un objet propulsé par réaction par un ballon de baudruche éjectant de l'air et capable de s'élever dans les airs à la manière d'une fusée.*

*On souhaite enregistrer le mouvement de la fusée avec une webcam dans le but de* ***déterminer la force de poussée*** *supposée constante sur une courte durée juste après le décollage.*

*On souhaite également montrer que la valeur de la force de poussée peut être retrouvée en faisant un bilan de quantité de mouvement comparable à celui de l'activité sur le chariot à réaction.*

**a.** Gonfler le ballon avec la pompe en ajustant le volume d'air à **V = 4,0 L**. Enregistrer le mouvement de la fusée au décollage en utilisant une webcam (prendre 30 images par seconde). Ne pas oublier de prévoir un repère d'étalonnage, solidaire d'une potence, situé dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de la webcam et contenu dans le plan de la trajectoire. Contrôler que la capture s'est faite sans perte d'images et que la trajectoire est sensiblement verticale.

**b.** Refaire un enregistrement vidéo en rapprochant la webcam qui montre le ballon contenant un volume **V'**  d'au moins 4 L d'air, mesuré avec précision à la pompe, se dégonflant totalement et en maintenant la fusée à l'arrêt. A l'aide du logiciel de pointage déterminer le débit **D** de l'air éjecté et en déduire la valeur **u** de la vitesse d'éjection de l'air contenu dans le ballon.

**c.** A l'aide d'un logiciel de pointage et d'un tableur grapheur, déterminer l'accélération moyenne **a** de la fusée pendant une courte durée après le décollage (0,3 s maximum) sur la première vidéo.

**d.** Faire un bilan des forces s'appliquant sur **le système fusée** libérée de l'action de la main du "lanceur".

**e.** Dans le référentiel du laboratoire, appliquer la seconde loi de Newton au système fusée + ballon contenant de l'air et en déduire la valeur **F** de la force de poussée. (on fera l'hypothèse que la masse totale de la fusée ne varie pas)

**f.** **Que représente la force de poussée ? Qu'est-ce la propulsion par réaction ?**

Reprendre le bilan de quantité de mouvement fait pour le système chariot + air éjecté fait en partie 2.1. se traduisant par l'égalité (3) $m×u=M×v$ et appliquer la seconde loi de Newton au système chariot. Montrer que la force de poussée **F** créée par l'éjection de la masse d'air **m** à l'extérieur du ballon, pendant l'intervalle de temps **Δt** , à la vitesse **u** vaut :

$$F=\frac{m}{∆t}×u expression (4)$$

**g.** A l'aide des mesures réalisées en **b.** calculer la force de poussée **F**dans le cas de la fusée.

**h.** Comparer les deux valeurs de la force de poussée trouvées aux questions **e.** et **g.** en prenant en compte les incertitudes associées aux deux résultats et conclure.