



**BUT :** Faire un bilan qualitatif et quantitatif de quantité de mouvement  
Interpréter un mode de propulsion par réaction

**COMPETENCES :** Adopter une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible (APP) – Utiliser un logiciel dédié (REA) – Formuler une hypothèse et proposer une méthode pour la valider, élaborer, choisir et utiliser un modèle adapté (ANA) – Extraire des informations des données expérimentales et les exploiter, confronter un modèle à des résultats expérimentaux : vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ceux attendus (VAL).

## Introduction

Harry Ahn qui aime les sciences et est un peu bricoleur a envoyé la vidéo *ballon* suivante à son petit-fils, Lance, élève de TS au lycée Gaston de Monnerville à Kourou : <http://www.youtube.com/watch?v=6Ahw3kB4VEk> (prendre des écouteurs pour la bande son)

Il lui a également donné comme défi "Eclaire moi un peu sur la conservation de la quantité de mouvement et sur la propulsion par réaction"

Lance se met alors à faire des recherches et il trouve notamment des documents sur les lois des chocs de Descartes et sur la propulsion des fusées.

Il faut l'aider à relever le défi de son grand-père...

## 1. Lois des chocs de Descartes

### 1.1. Énoncé



René Descartes, dans ses « Principes de Philosophie », publié en latin en 1644, puis traduit en français par l'abbé Picot en 1647, écrit ceci :

« Lorsqu'une partie de la matière se meut deux fois plus vite qu'une autre et que cette autre est deux fois plus grande que la première, nous devons penser qu'il y a tout autant de mouvement dans la plus petite que dans la plus grande, et que, toutes fois que le mouvement d'une partie diminue, celui de quelque autre partie augmente à proportion. »

Plus loin, il énonce ce qui pour lui doivent être les lois du choc en se basant sur cette introduction.

Parmi les nombreux principes énoncés par Descartes, en voici deux que l'on se propose de vérifier :

- principe 46 : si deux corps identiques se choquent avec des vitesses égales, ils rebondiront chacun avec sa vitesse.
- principe 48 : si deux corps identiques se choquent avec des vitesses inégales, le plus lent est entraîné et la vitesse des deux ensemble est égale à la moitié de la somme de leurs vitesses avant le choc. Si le premier se déplace vers la droite avec six degrés de vitesse et le second vers la gauche avec quatre degrés de vitesse, les deux ensemble se déplaceront vers la droite avec cinq degrés de vitesse.

### 1.2. Reformulation

Répondre aux questions du paragraphe 1.2. de la feuille bilan

### 1.3. Vérification simulée

Le travail de Descartes s'appuie essentiellement sur la pensée sans nécessairement expérimenter d'ailleurs à propos de ses Principes, il écrit :

« Et les démonstrations de tout ceci sont si certaines, qu'encore que l'expérience nous semblerait faire voir le contraire, nous serions néanmoins obligés d'ajouter plus de foi à notre raison qu'à nos sens ».

On se propose, cependant, de vérifier les principes de Descartes

On utilise pour cela l'animation *collision.jar* dont l'utilisation simplifiée figure ci-dessous

The screenshot shows the 'collision.jar' simulation interface. It features two balls, 'Solide 1' (red) and 'Solide 2' (green), on a horizontal surface. The interface includes several control panels:

- Gestion de l'animation:** Contains 'Restart', 'Back', 'Play', and 'Step' buttons.
- Réglage des masses:** A table for setting the mass of the balls.
 

Ball	Mass (kg)
1	0.5
2	1.5
- Choix affichage:** A list of checkboxes for displaying different data: Velocity Vectors (checked), Momentum Vectors, Center of Mass, Momenta Diagram, Kinetic Energy, and Show Values. Below this is an 'Elasticity 0%' slider between 'Inelastic' and 'Elastic', and a 'Reset All' button.
- Simulation State:** Shows 'Sim Speed' and 'Time = 0.00 s'.

Additional instructions at the bottom of the interface state: 'On peut déplacer les solides (clic gauche maintenu et faire glisser)' and 'Penser à utiliser "More Data" pour obtenir les valeurs'.

Remarque : on peut directement saisir les valeurs au clavier

On définit un vecteur vitesse et on ajuste la valeur par un clic gauche au centre puis glisser clic gauche maintenu. Simuler la situation correspondant au principe 46.

Relever les "données" de chaque solide (masse, valeur de vitesse, quantité de mouvement) et compléter le tableau 2 de la feuille bilan (sauf la dernière colonne).

Répondre aux questions 1.3.1. à 1.3.3. de la feuille bilan

Simuler la situation correspondant au principe 48.

Relever les "données" de chaque solide (masse, valeur de vitesse, quantité de mouvement) et compléter le tableau 3 de la feuille bilan (sauf la dernière colonne).

Répondre aux questions 1.3.4. à 1.3.6. de la feuille bilan

## 2. La propulsion par réaction

### 2.1. Des idées ?

Regarder la vidéo Ariane5 .

Caractéristiques techniques de la fusée Ariane5 :

**Décollage** : masse : 780 t

hauteur : 52 m

3 moteurs activés : 2 PAP (propulseur à poudre) et Vulcain

**PAP** les plus efficaces : 90 % de la poussée, largués à 60 km d'altitude.

Fonctionnement pendant 130 s

2x237 t de poudre consommés.

Consommation : environ  $3,65 \text{ t}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

gaz éjectés à environ  $2\,800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

**Vulcain** : moteur cryotechnique  $\text{H}_2$  et  $\text{O}_2$  liquides

Fonctionnement pendant 589 s

158 t consommés

Consommation : environ  $270 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

gaz éjectés à environ  $4\,000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



la fusée Ariane 5 au décollage

Répondre à la question 2.1. de la feuille bilan

### 2.2. Modélisation

#### 2.2.1. Protocole expérimental.



Deux mobiles ont été constitués en fixant sur deux plaques minces des barreaux aimantés. Les mobiles ont une masse de 198 g (celui de droite) et de 392 g (celui de gauche).

Ils sont maintenus l'un contre l'autre sur une table soufflante horizontale ; ils sont lâchés simultanément et se mettent en mouvement.

#### 2.2.2. Traitement de la vidéo

Utiliser le logiciel *Avistep*

Charger (*Fichier/Ouvrir*) la vidéo : *Propulsion.avi* (*Mes espaces sur contrôleur ... /Logiciel réseau/Physique/TPTS/QteMvt*)

Faire défiler (▶) une première fois l'ensemble de la vidéo. Revenir à l'image initiale (◀◀).

Faire ensuite défiler image par image (|▶) pour atteindre l'image où les deux chariots commencent à se "séparer".

Sélectionner l'origine à l'extrémité de l'aimant de gauche. Etalonner avec ce même aimant qui fait 20 cm.

Faire le pointage des positions successives des marques blanches pour chacun des deux solides (choisir *Mesures/Deux marques par image*). Commencer par pointer le solide de droite (1) puis celui de gauche (2).

Réitérer pour les images suivantes jusqu'à ce que la marque du chariot de droite ne puisse plus être pointée.

Choisir *Résultats/Tableau des valeurs* puis *Affichage/vitesse*.

Exporter ces données expérimentales *Edition/Copier dans le presse papier* puis les coller dans une feuille de calcul *Excel*. Enregistrer sous le nom « propulsion » dans *Mes espaces sur contrôleur ... / Mes Devoirs*.

#### 2.2.3. Quantité de mouvement.

Répondre aux questions du paragraphe 2.2.3 de la feuille bilan

### 2.3. Cas de la fusée

L'expérience ci-dessus permet de comprendre la propulsion d'une fusée. En simplifiant la situation, c'est à dire en supposant que le système (fusée-gaz éjectés) est isolé, on peut appliquer la conservation de la quantité de mouvement à l'ensemble (fusée-gaz éjectés).

Répondre aux questions du paragraphe 2.3 de la feuille bilan