

# Mécanique – TD1 : Changement de référentiels

## Exercice cinématique 1 : Chute de pluie dans deux référentiels

Réaliser : utiliser une représentation graphique de la loi de composition des vitesses

En roulant sous la pluie à 110 km/h sur une autoroute plane, un conducteur remarque que les gouttes de pluie ont, vues à travers les vitres latérales de sa voiture, des trajectoires qui font un angle de  $80^\circ$  avec la verticale. Ayant arrêté sa voiture, il remarque que la pluie tombe en fait verticalement.

En dessinant les trois vecteurs impliqués dans la loi de composition des vitesses, calculer la vitesse de la pluie par rapport à la voiture immobile et par rapport à la voiture se déplaçant à 110 km/h.

## Exercice cinématique 2 : Satellite artificiel autour de la Lune

S'approprier et Réaliser : s'appuyer sur un dessin clair et introduire des notations non-ambigües

Dans le référentiel géocentrique, le centre de la Lune possède une orbite quasi-circulaire autour de la Terre, de rayon  $R = 385\,000\text{ km}$ , et de période 27,3 jours.

On étudie un satellite artificiel dont l'orbite autour de la Lune, vue dans le référentiel lunocentrique, est circulaire de rayon  $r_0$ . On précise que tous les mouvements de l'exercice sont supposés coplanaires, et les deux orbites étudiées tournent toutes deux dans le sens positif. On suppose  $r_0 \ll R$ .

On négligera le caractère non-galiléen du référentiel lunocentrique lors d'un PFD sur le satellite dans le référentiel lié à la Lune (approximativement valable sur une durée faible devant 27 jours).

1. Montrer que le mouvement du centre de la Lune est uniforme dans le référentiel géocentrique.
2. Déterminer la valeur numérique de la vitesse angulaire  $\omega$  de l'orbite lunaire, en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ , et de sa vitesse.
3. En vous appuyant sur un schéma, définir un référentiel attaché à la Lune, de manière à ce que ce référentiel soit en rotation uniforme dans le référentiel géocentrique.
4. En prenant garde aux notations, que l'on définira proprement sur un schéma, déterminer l'expression du vecteur vitesse du satellite artificiel dans le référentiel géocentrique, en fonction notamment de  $G$ ,  $M_T$ ,  $M_L$ ,  $r_0$ ,  $R$ .
5. Sachant que la Terre est environ 100 fois plus massive que la Lune, à partir de quelle valeur de  $r_0$  le satellite semble ne jamais « revenir en arrière » au cours de son mouvement vu depuis le référentiel géocentrique.

## Exercice cinématique 3 : Bateau à moteur traversant une rivière

S'approprier : identifier les référentiels dans lesquels sont définies les vitesses de l'énoncé

Réaliser : utiliser une représentation graphique de la loi de composition des vitesses

On considère un bateau se déplaçant avec un vecteur vitesse  $\vec{v}$  constant par rapport à l'eau. L'eau s'écoule uniformément le long d'un canal rectiligne à la vitesse  $w$  par rapport au sol. La largeur du canal est notée  $L$ . Le bateau part d'une rive pour atteindre l'autre. Il ne cherche pas nécessairement à atteindre le point de la rive en face du point de départ.

1. Dans le référentiel lié à l'eau, selon quelle direction doit évoluer le bateau pour minimiser le temps de trajet ? En déduire la direction suivie par le bateau dans le référentiel terrestre.
2. Le bateau cherche maintenant à traverser le canal pour atteindre le point de la rive situé en face du point de départ. Dans le référentiel lié à l'eau, selon quelle direction doit-il évoluer pour réussir ? Est-ce possible quelle que soit la vitesse de l'écoulement de l'eau dans le canal ?

#### **Exercice cinématique 4 : Chasse à l'araignée (\*)**

*S'approprier : introduire les grandeurs physiques pertinentes sur un dessin*

*Analyser : repérer le référentiel le plus efficace pour répondre à la question*

*Réaliser : utiliser la notion de point coïncident*

Deux araignées, Alex et Ben, participent à une course poursuite amicale. Elles dessinent un cercle de rayon  $R$  sur le sol. Alex part d'un point de la circonférence et Ben du centre du cercle. Elles commencent à courir simultanément. A chaque instant, Alex court à vitesse constante  $v$  le long du périmètre, tandis que Ben court en direction d'Alex à vitesse  $u < v$ .

Après un moment, Ben remarque que la distance entre eux ne varie plus. Quelle est alors cette distance ?

Réponse :  $d = R \sqrt{1 - \left(\frac{u}{v}\right)^2}$ .

#### **Exercice cinématique 5 : Approche simplifiée de l'effet Doppler (\*)**

*Analyser : repérer le référentiel le plus efficace pour répondre à la question*

*Intérêt : en remplaçant la longueur  $L$  de la file par la longueur d'onde d'une onde réfléchi par un obstacle mobile, on trouve la formule de l'effet Doppler (utilisé dans certain radar pour mesurer la vitesse de l'obstacle)*

Des sportifs courent en file indienne de longueur  $L$  à une vitesse  $V$ . L'entraîneur court à leur rencontre à vitesse  $U < V$ . En arrivant au niveau de l'entraîneur chaque sportif fait demi-tour et court en sens inverse avec une vitesse de même norme  $V$ .

Quelle est la longueur de la file lorsque tous les sportifs ont fait demi-tour ?

Réponse :  $L' = L (V-U) / (V+U)$ .