

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° 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 : Approche simplifiée de l'effet Doppler ☼

S'approprier : dessiner la situation et introduire ses propres notations

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 : $L' = L(V-U)/(V+U)$.

Exercice cinématique 3 : Chasse à l'araignée (dur)

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 4 : 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. Déterminer l'expression de la vitesse de la Lune dans le référentiel géocentrique, en fonction notamment de la constante de gravitation G et de la masse de la Terre M_T .
2. Déterminer la valeur numérique de la vitesse angulaire ω de l'orbite lunaire, en rad.s^{-1} , et de sa vitesse.
3. 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 .
4. (dure) 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 5 : 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

Un bateau se déplace 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 6 : Extrait CCINP PC 2020 phys : Vol d'un avion en présence de vent oblique

- Application directe et concrète du cours

- Se confronter à un énoncé de concours

I.2 - Trajectoire d'un avion en présence de vent latéral

Un avion doit se déplacer en ligne droite d'un point A vers un point B situés à la même altitude par rapport au sol. Il subit un vent contraire constant de vecteur vitesse $\vec{v}_v$ qui fait un angle ϕ avec la trajectoire AB comme indiqué sur la **figure 8**. L'avion vole à une vitesse constante V_a par rapport à l'air. Le vecteur vitesse associé, $\vec{V}_a$, fait un angle θ avec la route au sol AB. $\vec{u}_x$ et $\vec{u}_y$ sont des vecteurs unitaires.

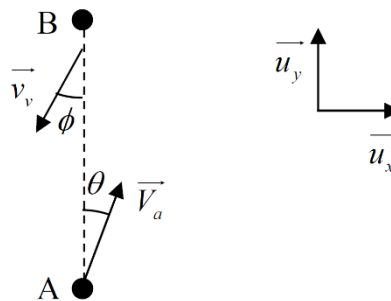


Figure 8 - Trajectoire avion soumis à un vent contraire

- Q13.** À quelle condition entre V_a , v_v , ϕ et θ , l'avion peut-il se déplacer en ligne droite de A vers B ?
- Q14.** Calculer l'angle de correction θ que le pilote doit imposer à son avion lorsque $\phi = 20^\circ$, sachant que $v_v = 56 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et $V_a = 445 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.
- Q15.** L'avion doit faire un aller-retour entre les deux points A et B, distants de $d = 500 \text{ km}$ dans les mêmes conditions de vent. Calculer la durée T du trajet aller-retour en négligeant la durée du demi-tour. Comparer à la durée T' de ce même trajet en l'absence de vent. Commenter.