

Mécanique – TD8 : Changement de référentiels – Dynamique en référentiel non galiléen

Exercice 0 : Chute de pluie dans deux référentiels

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.

Calculer la vitesse de la pluie par rapport à la voiture immobile et par rapport à la voiture se déplaçant à 110 km/h. (On utilisera la loi de composition des vitesses, en représentant graphiquement cette relation vectorielle la solution est assez simple).

Exercice 1 : Bateau à moteur traversant une rivière

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. Faire un schéma de la situation.
2. Dans le référentiel terrestre, selon quelle direction doit évoluer le bateau pour minimiser le temps de trajet ?
3. Le bateau cherche maintenant à traverser le canal selon une ligne droite orthogonale à la direction du canal. Dans le référentiel lié à l'eau, selon quelle direction doit-il évoluer pour réussir ? Est-ce possible quelque soit la vitesse de l'écoulement de l'eau dans le canal ?

Exercice 2 : Pendule simple à l'intérieur d'un véhicule

Le passager d'un véhicule en translation horizontale d'accélération constante a_0 étudie les petites oscillations planes du pendule simple accroché au plafond du véhicule.

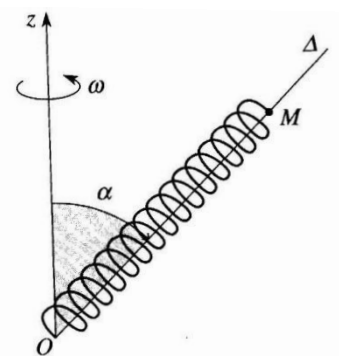
1. Déterminer la position d'équilibre θ_e du pendule dans le véhicule.
2. Etablir l'EDiff des petites oscillations autour de cette position d'équilibre. On posera $\varphi = \theta - \theta_e$ et l'on utilisera un peu de trigo (cosinus de la somme = ..., idem pour sinus).

Exercice 3 : Mouvement d'un point sur une tige en rotation

Une perle P assimilable à un point matériel M de masse m peut glisser sans frottements sur une tige (O, Δ) inclinée d'un angle α (constant) par rapport à la verticale. La tige tourne à la vitesse angulaire ω constante autour de la verticale ascendante (Oz). La masse m est reliée à l'extrémité d'un ressort de raideur k , de longueur à vide l_0 , dont l'autre extrémité est fixée en O.

On suppose $l_0 > mg/k$.

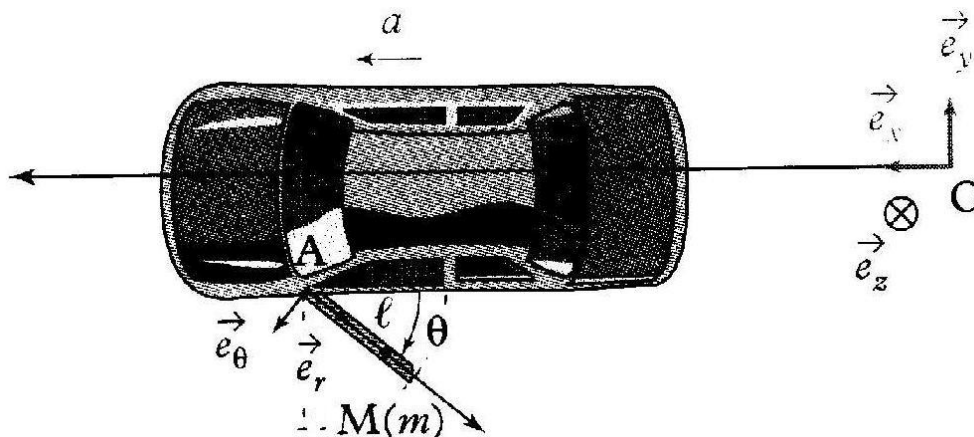
1. Déterminer la longueur du ressort lorsque la perle est en équilibre par rapport à la tige, en appliquant le RFD en référentiel non galiléen. On montrera que cet équilibre n'est possible que pour des vitesses angulaires ω inférieures à une valeur que l'on précisera.
2. Quelle est la pulsation des petits mouvements autour de la position d'équilibre stable quand elle existe ?
3. Déterminer la réaction de la tige sur la perle P. Discuter physiquement le résultat.



Exercice 4 : Portière de voiture

La portière d'une voiture est restée entrouverte par inadvertance au moment où la voiture se met à freiner créant une décélération constante $\vec{a} = a\vec{e}_x$ ($a < 0$).

On veut étudier le mouvement de la porte pendant le freinage. Pour cela on la modélise par une tige rigide de masse négligeable de longueur l et une masse m placée au point M. On suppose que le référentiel terrestre est galiléen.



1. En se plaçant dans le référentiel de la voiture, établir l'EDiff du mouvement de la portière (variable θ).
2. En multipliant l'EDiff par $\dot{\theta}$, déterminer la vitesse de la porte quand $\theta = \pi/2$ ($\theta(0) = 0$ et $\dot{\theta}(0) = 0$).
3. On étudie désormais une phase d'accélération constante ($a > 0$). Au début du mouvement, la porte est ouverte d'un angle θ_0 et de vitesse nulle par rapport à la voiture. Pour que la porte se referme seule, il faut en outre que $\dot{\theta}(\theta = 0) > \dot{\theta}_{\min}$. Déterminer la relation entre θ_0 et a pour que cela soit possible.

Exercice 5 : Le colis décolle sur une route bosselée

On considère un colis de masse m posé sur le plateau d'une remorque, et immobile par rapport au plateau. La remorque évolue avec une vitesse horizontale constante V sur une route bosselée de profil sinusoïdal. La distance entre chaque bosse est notée L . On suppose les amortisseurs et les pneus de la remorque infiniment rigides. Le référentiel terrestre est supposé galiléen.

1. Donner l'expression de la position $x(t)$ du colis par rapport au sol en fonction du temps.
2. Déterminer la valeur de la vitesse V à partir de laquelle le colis ne reste plus en contact à *tout instant* avec le plateau de la remorque.

Exercice 6 : Perle sur cercle tournant, énergie potentielle centrifuge

1. Montrer que la force d'inertie d'entraînement dérive d'une énergie potentielle dans le cas d'un référentiel R' en rotation uniforme autour d'un axe fixe d'un référentiel R galiléen.

On donnera l'expression de l'énergie potentielle associée, appelée « énergie potentielle centrifuge ».

Une perle est enfilée sur un cercle métallique de rayon R qui tourne à la vitesse angulaire constante ω autour d'un diamètre vertical. On néglige les frottements.

2. En utilisant le résultat de la question précédente, montrer que l'on peut observer l'existence d'un équilibre stable (par rapport à la roue) de la perle pour un angle θ_e non nul, si la vitesse angulaire ω est suffisamment élevée.

Exercice 7 : Tir au fusil

Un tireur souhaite tirer sur un projectile en chute libre *verticale*, le projectile ayant été lâché depuis une hauteur H repérée depuis le sol. A l'instant du tir, son fusil est immobile par rapport au référentiel terrestre supposé galiléen, et le projectile se trouve dans le viseur. On suppose le fusil parfaitement réglé.

- En se plaçant dans le référentiel lié au projectile, montrer que la balle tirée atteint le projectile moyennant une certaine condition.