

## DM 5 : Référentiels non galiléen

Pour le 30 Septembre 2021

### Danger lié à un pendule suspendu dans un véhicule

Certains conducteurs aiment suspendre des objets à proximité de leur rétroviseur intérieur comme des porte-bonheur ou des diffuseurs solides de parfum. On se propose de s'intéresser aux dangers associés à cette pratique. Pour simplifier l'étude, on considère que l'objet est une masse  $M$  suspendue à un fil inextensible, sans raideur, de masse négligeable devant  $M$  et de longueur  $l$  dont l'autre extrémité est attachée au rétroviseur. On suppose que la voiture roule en ligne droite à vitesse constante  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{e}_x$  quand surgit un obstacle sur la route. Le conducteur freine brutalement avec une accélération constante  $\vec{a} = -a_0 \vec{e}_x$ . On négligera les frottements de l'air.

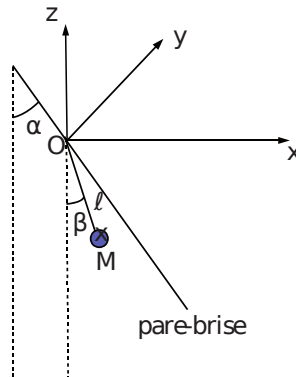


Figure : Pendule suspendu au pare-brise d'une voiture

Le point de suspension du fil est situé sur le pare-brise, ce dernier étant incliné d'un angle  $\alpha = 15^\circ$  par rapport à la verticale.

1. Pour déterminer si la masse  $M$  risque de heurter le conducteur ou le pare-brise, dans quel référentiel doit-on étudier le mouvement ? Justifier la réponse.
2. On considère que le référentiel terrestre est galiléen. Le référentiel lié à la voiture est-il galiléen ? La réponse diffère-t-elle en fonction de la phase du mouvement du véhicule (mouvement à vitesse constante ou phase de freinage) ?
3. Le point  $M$  étant initialement au repos, établir que son mouvement est plan à condition que la trajectoire de la voiture soit rigoureusement rectiligne.
4. Déterminer l'expression littérale de la position angulaire  $\beta_{eq}$  d'équilibre relatif lors de la phase de freinage.

5. Déterminer l'équation différentielle à laquelle obéit la position angulaire  $\beta(t)$  de l'objet suspendu dans le référentiel lié à la voiture lors de la phase de freinage.

On se place dans l'approximation des petits angles jusqu'à la fin de cette partie.

6. Établir l'expression de l'équation horaire de l'angle  $\beta$  en supposant qu'initialement le pendule est immobile et vertical.
7. Déterminer la valeur  $a_1$  de l'accélération maximale du véhicule pour que la masse ne heurte pas le pare-brise. Commenter.