

## Série 3

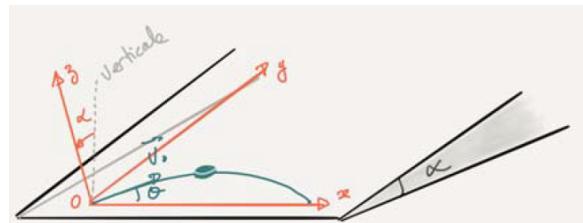
### Exercice S3E1\* (10 min) : TGV en mouvement circulaire

-  a) On considère une ligne de train conçue sur un terrain plat. Dans ce cas, dans les virages, les passagers debout dans le train sont envoyés contre la paroi du compartiment. Existe-t-il une force qui s'exerce sur les passagers et qui expliquerait ce phénomène? Si non, comment l'expliquez-vous?
- b) Décrivez qualitativement comment les passagers restent solidaires du train une fois contre la paroi.
- c) Comment peut-on concevoir la ligne de train pour faire en sorte que les passagers ne soient pas envoyés contre la paroi dans les virages ?
- d) Un TGV roule à une vitesse de 300 km/h. Quel doit être le rayon de courbure minimal de la voie pour que les passagers ne soient pas soumis à une accélération centripète de plus de 0,05g ? ( $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )

### Exercice S3E2\*\* (20 min) : Parabole sur plan incliné

On considère un palet lancé à la vitesse  $\vec{v}_0$  sur une table à air inclinée d'un angle  $\alpha$  avec l'horizontale. L'angle entre l'axe ( $Ox$ ) et  $\vec{v}_0$  est  $\theta$ .

 Etablissez l'équation paramétrique de la trajectoire  $\vec{r}(t)$  dans le repère indiqué sur la figure et déduisez-en l'équation de la trajectoire.



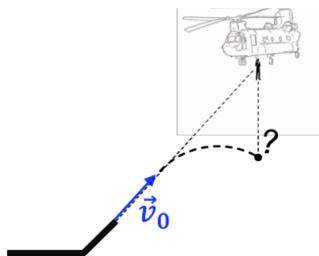
### Exercice S3E3\*\* (25 min) : James Bond parabolique

James Bond saute d'un hélicoptère en vol stationnaire. Il tombe verticalement en chute libre sans frottement. Son amie essaie de le sauver avec sa moto, en partant d'une rampe faisant un angle  $\beta$  avec le sol (considéré comme horizontal). Elle quitte la rampe avec une vitesse  $\vec{v}_0$  (direction tangente à la rampe). Au même instant que la moto quitte la rampe, Bond saute de l'avion. On note  $\alpha$  l'angle défini entre la direction qui vise l'hélicoptère à partir de la fin de la rampe, et le sol. Quelle est la condition sur l'angle  $\beta$  pour que Bond réussisse à s'asseoir sur le

*Difficulté des exercices : \* facile ; \*\* moyen (niveau examen) ; \*\*\* difficile*

Le temps est indicatif et correspond au temps considéré en conditions d'examen

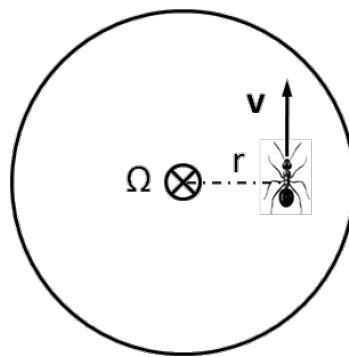
siège arrière de la moto de son amie (on considérera que la hauteur de la rampe et de la moto sont identiques) ? Quelle doit-être la norme minimum de la vitesse  $v_0$  ?



### S3E4\*(\*) (20 min) : Une fourmi sur un tourne-disque

Une fourmi se trouve à une distance  $r$  du centre d'un tourne-disque, ce dernier étant en rotation à la vitesse angulaire  $\Omega$ . Elle se déplace sur ce tourne-disque à la vitesse (relative au tourne-disque)  $v$  constante, perpendiculairement au rayon du disque, de manière à rester immobile dans le référentiel  $R$  lié au sol (schéma ci-dessous).

-  a) Calculez la vitesse  $v$  de la fourmi dans le référentiel lié au tourne-disque  $R'$ .
-  b) Calculez les forces de Coriolis et centrifuge dans  $R'$  et en déduire l'accélération relative de la fourmi dans  $R'$ .



\* \* \* \* \*

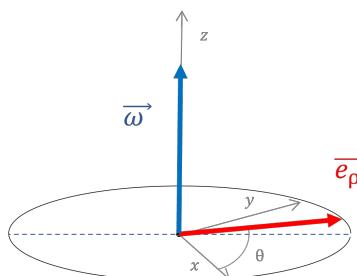
#### *Exercices supplémentaires*

## Exercice S3ES1\* (10 min) : Dérivée d'un vecteur en rotation

On considère un vecteur  $\vec{e}_\rho$  qui décrit un mouvement de rotation dont le rayon de courbure  $R_c$  est égal à 1 et dont le vecteur rotation est noté  $\vec{\omega}$ . La norme de  $\vec{e}_\rho$  est constante et égale à  $\rho$ . En utilisant les coordonnées cartésiennes, démontrez que la dérivée du vecteur  $\vec{e}_\rho$  est  $\dot{\vec{e}}_\rho = \vec{\omega} \times \vec{e}_\rho$ .

*On rappelle que le produit vectoriel de deux vecteurs  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$  s'écrit :*

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{e}_x(a_y b_z - a_z b_y) + \vec{e}_y(a_z b_x - a_x b_z) + \vec{e}_z(a_x b_y - a_y b_x)$$



## Exercice S3ES2\*\* (30 min) : Boules de neige

C'est l'hiver et le paysage a revêtu son manteau blanc. Les enfants font une bataille de boules de neige. L'un d'eux a un peu plus l'esprit d'un physicien que les autres. Il essaye de déterminer les trajectoires de ses boules de neige avant de les lancer (en négligeant les frottements).

- Il veut lancer une boule de neige avec une vitesse initiale de norme  $v_0$  faisant un angle  $\alpha$  à l'horizontale. Déterminez l'apogée et la portée de la trajectoire de la boule de neige en fonction de ces deux paramètres, donnez l'équation de la trajectoire et tracez-la.
- Il veut ensuite lancer deux boules de neige avec chacune un angle différent ( $\alpha$  et  $\beta$ ). La vitesse initiale de la première vaut  $v_0$ . Quelle doit être la vitesse initiale  $v_1$  de la deuxième boule pour que :
  - Les deux boules touchent le sol au même endroit ?
  - Les deux boules touchent le sol en même temps (si elles sont lancées en même temps) ?
- Il veut maintenant atteindre la tête de son ami avec une boule de neige. Ils sont tous les deux de même taille mais son ami est situé sur un monticule d'une hauteur  $h$  et à une distance  $d$ . Déterminez la condition sur la vitesse initiale  $v_0$  pour qu'il atteigne son but, en fonction de  $\alpha$ .

## Exercice S3ES3\* (15 min) : Le camion qui freine

Un chauffeur de poids lourd sur l'autoroute Genève-Lausanne, roulant à  $v_0$  voit brusquement une vache à une distance  $d$  devant lui. Il freine immédiatement *en appuyant de plus en plus fort sur le frein*, si bien que son accélération a la forme  $a(t) = \gamma t$  avec  $\gamma$  constante et  $t = 0$  le temps où il commence à freiner. On négligera le temps de réaction du chauffeur.

- a) Quelle est la dimension de  $\gamma$  ? Quel est son signe ?
- b) Donnez l'expression de la vitesse et de la position du camion en fonction du temps, après avoir choisi un repère adéquat.
- c) Que vaut  $\gamma$  en fonction de  $v_0$  et  $d$  si le camion s'arrête juste à la hauteur de la vache ?