Lois de Newton

Triporteur "Tri-Ode"

TD

Le transport de matériel lourd en scooter peut s'avérer délicat, notamment à basse vitesse lorsque le risque de basculement sur le côté est important.

L'étude suivante va permettre de vérifier deux conditions :

- le Tri'Ode équipé de mallettes ne doit pas se renverser sur le côté même en cas de défaut du système de blocage du parallélogramme ;
- l'effort nécessaire pour relever le véhicule de sa position d'arrêt ne doit pas dépasser 100 N afin de limiter les risques musculo-squelettiques dus à cette manipulation.

La configuration retenue pour l'étude est la suivante : le Tri'Ode est équipé de trois mallettes de 36 litres chacune (2 latérales et 1 sur le porte-bagages) transportant chacune une masse de 20 kg.

La figure 6 indique la position du centre de gravité G_T du Tri'Ode sans mallette dans le repère $(O, \vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ lié au Tri'Ode ainsi que la position du centre de gravité G_C de l'ensemble des trois mallettes. L'ensemble est supposé symétrique par rapport au plan $(O, \vec{v}, \vec{w})$.

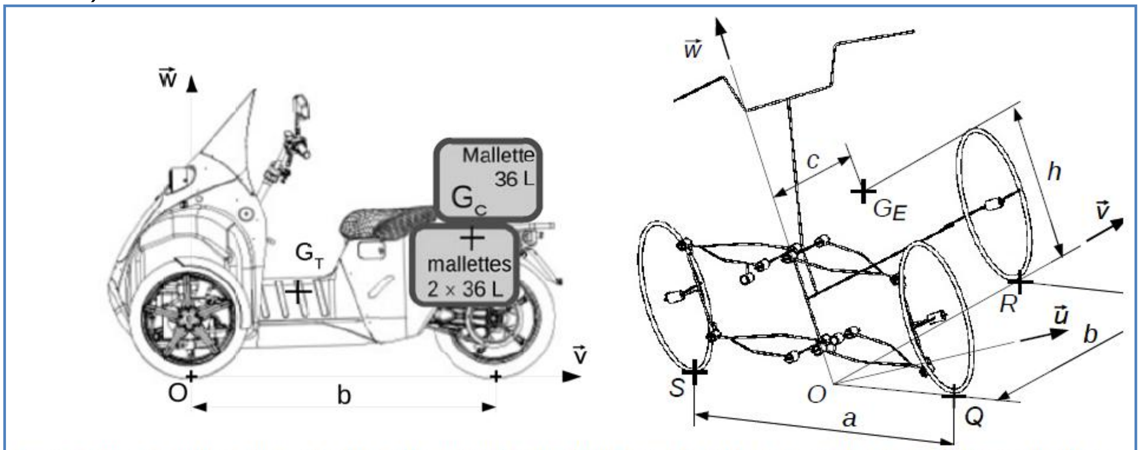

Figure 6 : position des centres de gravité du Tri'Ode et de l'ensemble des trois mallettes

Données:

- masse à vide du Tri'Ode = 170 kg ;
- position en mm du centre de gravité du Tri'Ode sans mallette, $\overrightarrow{OG_T} = \begin{pmatrix} 0 \\ 471 \\ 264 \end{pmatrix}_{(O,\vec{u},\vec{v},\vec{w})}$
- masse de l'ensemble des trois mallettes = 60 kg ;
- position en mm du centre de gravité des mallettes, $\overrightarrow{OG_C} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1359 \\ 581 \end{pmatrix}_{(O,\vec{u},\vec{v},\vec{w})}$.

La position du centre de gravité GE de l'ensemble (Tri'Ode + mallettes) noté E est définie par $\overrightarrow{OG_E}=\begin{pmatrix}0\\c\\h\end{pmatrix}_{(O,\vec{u},\vec{v},\vec{w})}$.

Les hypothèses retenues pour vérifier la condition de non renversement sont :

- le repère (O, $\vec{x}$, $\vec{y}$, $\vec{z}$) est lié à la terre ;
- le système isolé est le Tri'Ode avec les mallettes sans le conducteur. Il est considéré incliné d'un angle θ, à l'arrêt;
- l'action mécanique de la pesanteur sur le Tri'Ode est modélisée par une force appliquée au point G_E, centre de gravité de l'ensemble E. Elle est notée $\vec{P}_{pes\rightarrow E}$
- le contact des roues sur le sol est supposé ponctuel aux points S, Q et R. L'action mécanique du sol sur le Tri'Ode sera modélisée en chaque point de contact par une force normale au sol.

Ces actions de contact sont notées $\vec{S}_{sol\rightarrow E}$, $\vec{Q}_{sol\rightarrow E}$ et $\vec{R}_{sol\rightarrow E}$.

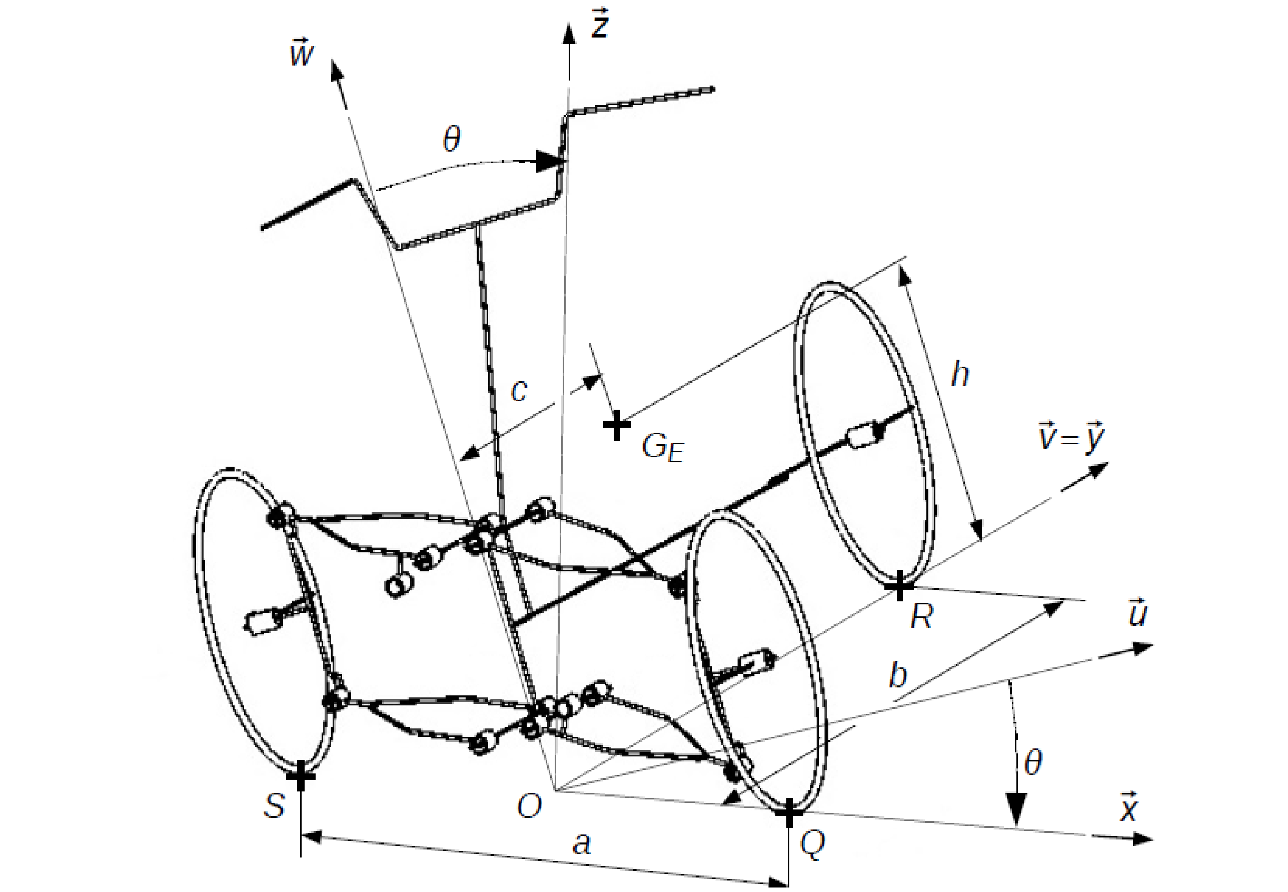

Figure 20 : efforts extérieurs au Tri'Ode (système de pivotement des roues non représenté, Tri'Ode incliné vers la droite pour le pilote)

Q1. **Compléter** la figure 20, ci-dessus, en indiquant aux différents points, la direction et le sens des différentes actions mécaniques extérieures qui s'appliquent au Tri'Ode.

Une étude statique a permis de déterminer l'expression des forces de contact aux points S, Q et R :

$$\vec{S}_{sol \rightarrow E} = -\frac{h}{a} \cdot P_{pes \rightarrow E} \cdot \sin(\theta) \cdot \vec{z} - \frac{(c-b) \cdot P_{pes \rightarrow E}}{2 \cdot b} \cdot \vec{z}$$

$$\vec{Q}_{sol \rightarrow E} = \frac{h}{a} \cdot P_{pes \rightarrow E} \cdot \sin(\theta) \cdot \vec{z} - \frac{(c-b) \cdot P_{pes \rightarrow E}}{2 \cdot b} \cdot \vec{z}$$

$$\vec{R}_{sol \rightarrow E} = \frac{c}{b} \cdot P_{pes \rightarrow E} \cdot \vec{z}$$

Lorsque le Tri'Ode est sur le point de se renverser sur la droite pour le pilote, la roue gauche du train avant est à la limite de ne plus toucher le sol.

Q2. Indiquer dans ce cas la valeur de la norme de $\vec{Q}_{sol \rightarrow E}$ et **en déduire** l'expression de sin(θ) en fonction des dimensions *a*, *b*, *c* et *h*.

Q3. Calculer la valeur de l'angle θ à ne pas dépasser pour éviter tout risque de basculement si *a* = 800 mm, *b* = 1 398 mm, *c* = 703 mm et *h* = 347 mm. **Vérifier** que les butées mécaniques, limitant l'angle d'inclinaison à 35°, permettent d'éviter le basculement, à l'arrêt en cas de défaillance du système de blocage, de la version professionnelle du Tri'Ode.

Les hypothèses d'étude pour vérifier que l'effort exercé par le conducteur pour relever le véhicule ne dépasse pas 100 N sont :

– l'action mécanique exercée par le conducteur est modélisée par une force appliquée sur le guidon au point *J* suivant $\vec{u}$; la résultante est notée $\vec{J}_{pilote \rightarrow E} = J_{pilote \rightarrow E} \cdot \vec{u}$. Cette action mécanique engendre une rotation uniforme autour de l'axe (*O*, $\vec{y}$) ;
– le train avant est débloqué et le Tri'Ode est libre de pivoter autour de l'axe (*O*, $\vec{y}$) ;
– le contact des roues sur le sol se fait avec adhérence ; par conséquent, l'action du sol sur une roue sera représentée au point de contact par une force ayant une composante normale sur $\vec{z}$ et une composante tangentielle sur $\vec{x}$ due à l'adhérence.
  Pour exemple, la représentation de l'action du sol sur la roue au point S est donnée: $\vec{S}_{sol \rightarrow E} = N_S \cdot \vec{z} + T_S \cdot \vec{x}$;
– pour relever le Tri'Ode, le pilote est descendu du véhicule ; le poids du pilote n'est donc pas pris en compte dans l'étude.

Q4. Compléter la figure 21 en représentant aux points *J*, G_E, *R* et *Q*, les actions mécaniques extérieures qui s'appliquent à l'ensemble E ; **représenter** les composantes normales et tangentielles des actions aux points *Q* et *R*. En appliquant le théorème du moment dynamique, **exprimer** l'équation algébrique qui traduit l'équilibre de l'ensemble E autour de l'axe $(O, \vec{y})$.

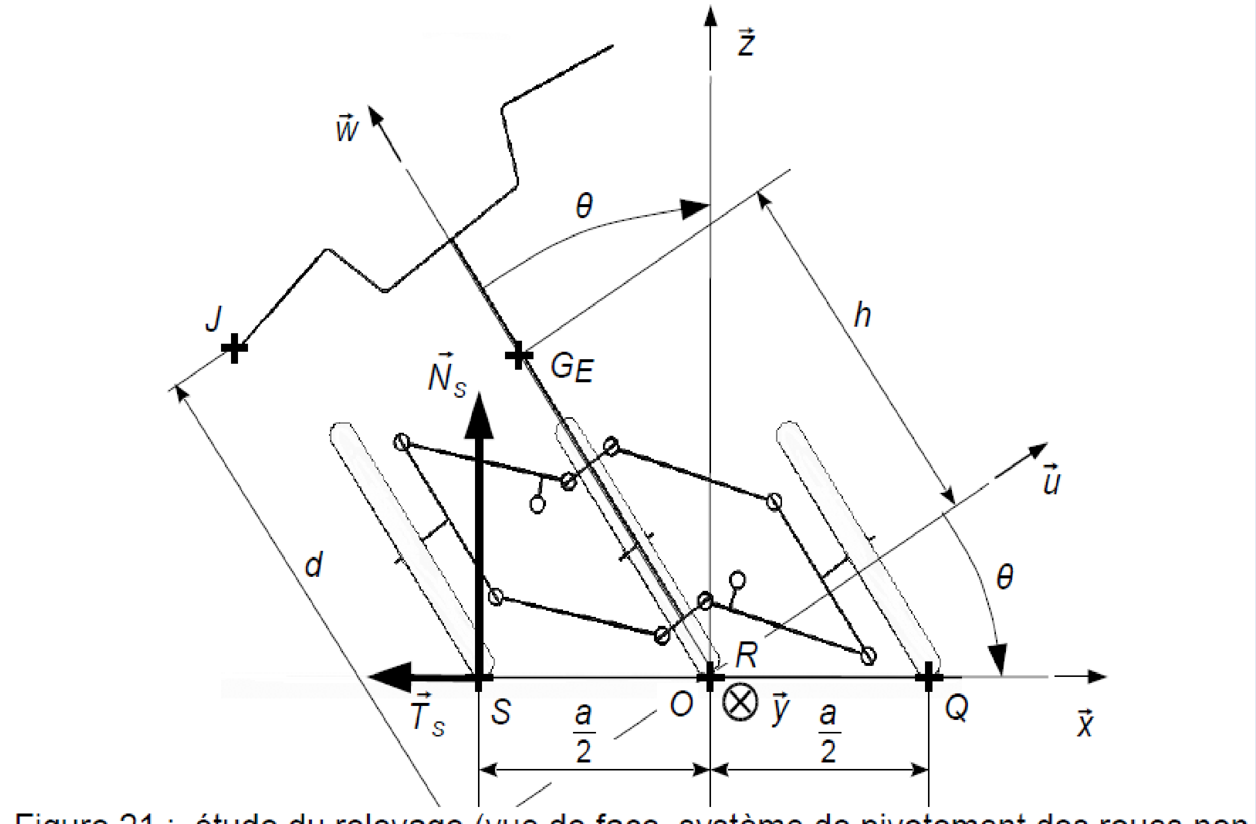

Figure 21 : étude du relevage (vue de face, système de pivotement des roues non représenté, Tri'Ode incliné vers la droite pour le pilote)