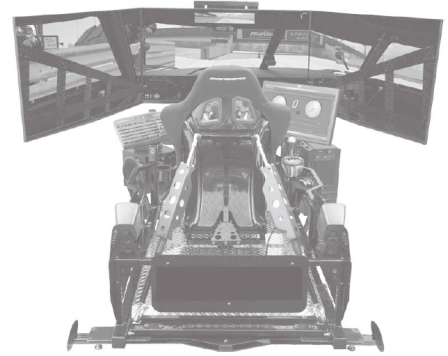


## Dynamique : Simulateur de conduite (CCP PSI 2014)

Un simulateur est un dispositif dont la fonction principale est de reproduire le plus fidèlement possible le comportement d'un système de référence (réel).

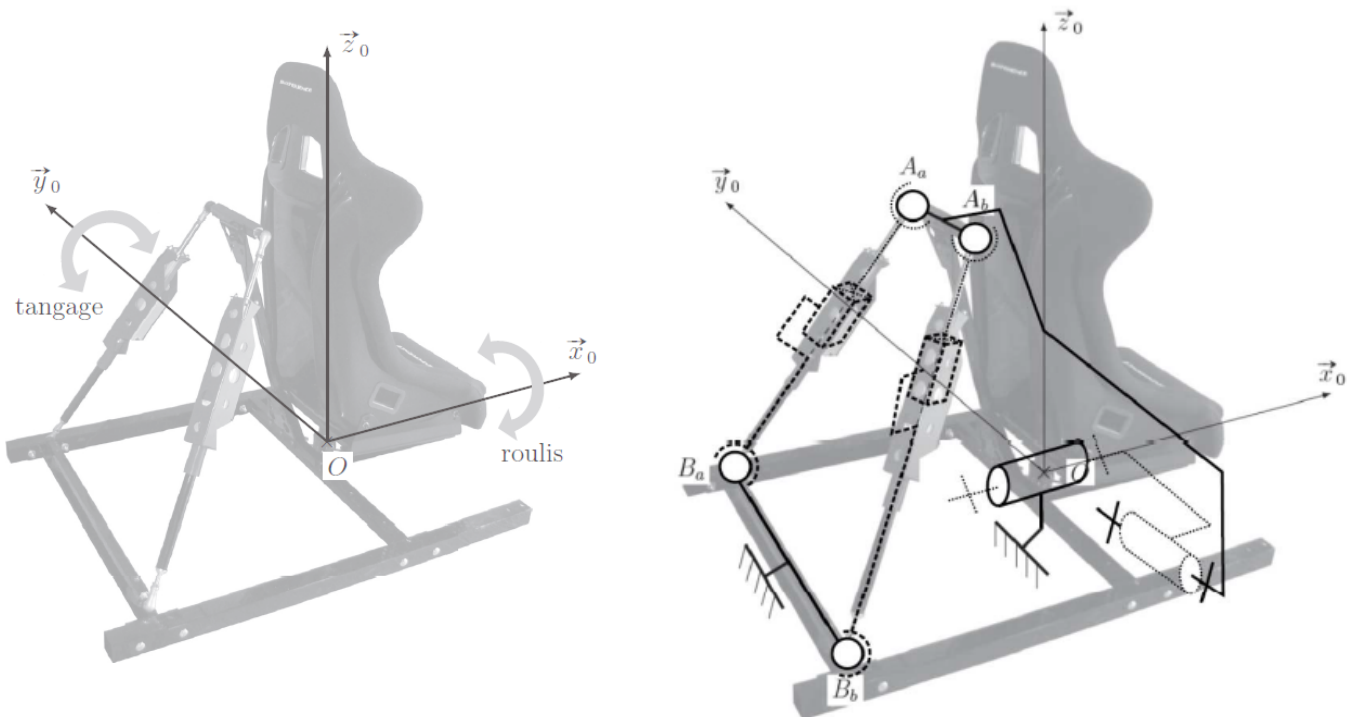
Par rapport à la conduite sur route, les simulateurs de conduite offrent trois avantages majeurs :

- ✓ Ils présentent un environnement sans danger pour le conducteur (par exemple pour tester des accidents virtuels).
- ✓ Une même expérience peut être répétée aussi souvent que nécessaire dans des conditions identiques.
- ✓ Ils permettent une économie considérable.



Ainsi, les simulateurs de conduite sont utilisés dans de nombreux domaines : Travaux de recherche sur le comportement humain, étude et amélioration de la sécurité, aide à la conception de véhicule ou de l'environnement routier, apprentissage à moindre coût, loisir...

Le simulateur étudié dans ce sujet est un simulateur de course automobile à deux degrés de liberté (roulis et tangage) utilisé par des particuliers dans le domaine du loisir.



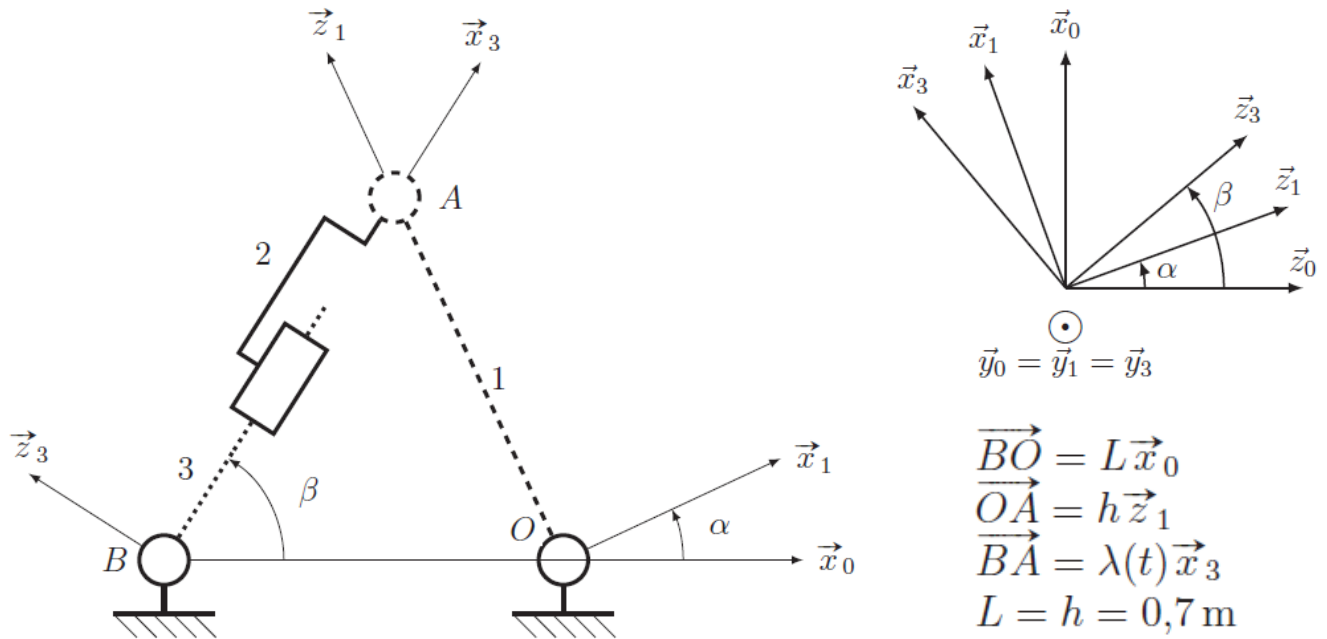
On s'intéresse au mouvement de tangage (rotation autour de  $(O, \vec{y}_0)$ ).

Dans ces conditions, il est possible de trouver un modèle plan équivalent du mécanisme. Le vérin est alors appelé vérin équivalent.

$\alpha$  : angle de tangage du siège par rapport au châssis,  $\lambda$  : longueur du vérin.

### Question 1

Par une fermeture géométrique, exprimer  $\lambda$  en fonction de  $\alpha$  ainsi que des dimensions constantes du système puis exprimer  $\beta$  en fonction de  $\alpha$  et des mêmes dimensions.



### Critère de masse admissible

D'après les données du constructeur, le vérin équivalent peut développer un effort maximal de  $\pm 200\text{N}$  environ. On cherche dans cette partie à vérifier si le vérin est capable de mettre en mouvement le siège sur lequel serait assis un conducteur ayant la masse définie dans le cahier des charges.

On définit les grandeurs suivantes :

- ✓  $J = 10\text{kg.m}^2$ , moment d'inertie de l'ensemble {conducteur + siège} selon l'axe  $(O, \vec{y}_0)$ .
- ✓  $m = 100\text{kg}$ , masse de l'ensemble {conducteur + siège}.
- ✓  $\vec{OG} = d.\vec{z}_1$  avec  $d = 0,35\text{m}$ , position du centre de gravité de l'ensemble {conducteur + siège} (position simplifiée pour limiter les calculs).
- ✓  $-g.\vec{z}_0$  avec  $d = 9,81\text{m.s}^{-2}$ , accélération de la pesanteur.
- ✓  $F.\vec{x}_3$ , l'action mécanique de la tige du vérin équivalente (2) sur le siège (1) se modélise par un glisseur en A.

### Question 2

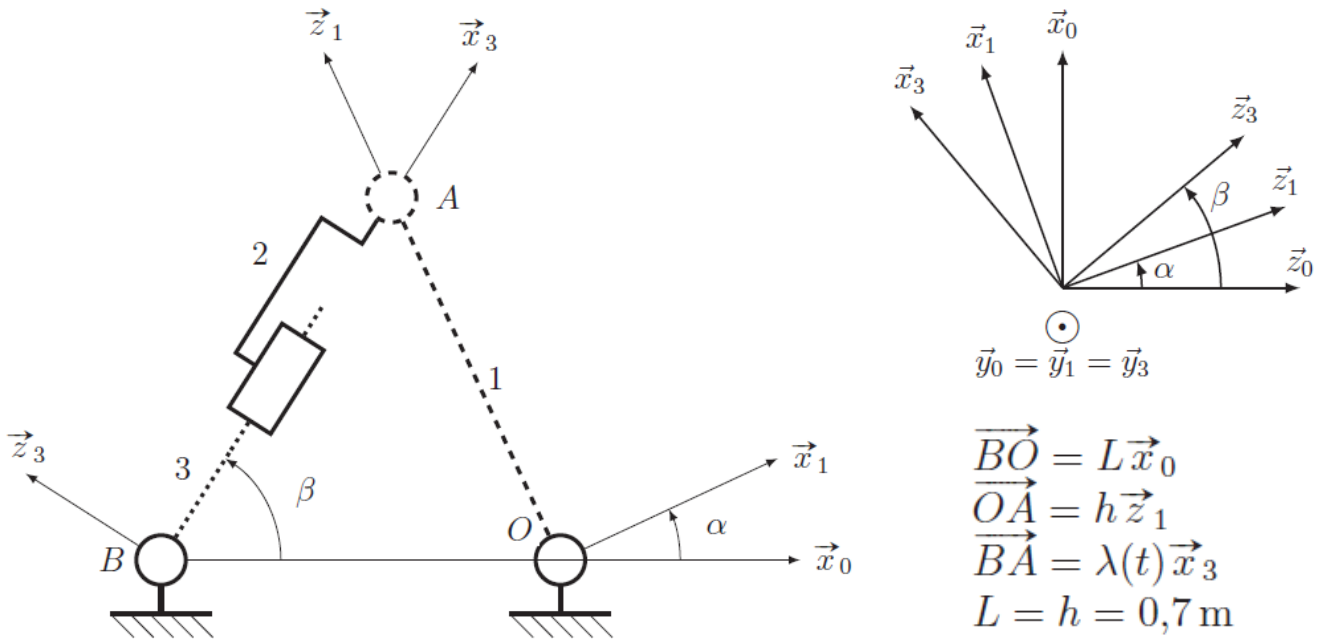
En isolant le vérin équivalent {tige (2) + corps (3)}, justifier que l'effort exercé par ce vérin équivalent est dirigé selon  $\vec{x}_3$ . La masse du vérin et ses caractéristiques inertielles sont supposées négligeables.

### Question 3

Déterminer une équation reliant les quantités définies ci-dessus et l'angle  $\alpha$  ainsi que ses

dérivées sous la forme :  $A_s \cdot \frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} = B_s \cdot F \cdot \cos(\beta - \alpha) + C_s \cdot \sin(\alpha)$

Donner l'expression de  $A_s$ ,  $B_s$  et  $C_s$  en fonction des paramètres constants.



Le cahier des charges définit un angle maximal de  $\pm 13^\circ$ .

L'accélération  $a_{Tx}$  ressentie par le conducteur indiquée dans ce cahier des charges de  $\pm 2,2 \text{ m.s}^{-2}$  est égale à  $a_{Tx} = h \cdot \ddot{\alpha} - g \cdot \sin(\alpha)$ .

On prend les valeurs suivantes :  $A_s = 10 \text{ kg.m}^2$ ,  $B_s = 0,7 \text{ m}$  et  $C_s = 350 \text{ N.m}$

#### Question 4

En déduire l'expression de la force du vérin  $F$  en fonction de  $a_{Tx}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $g$ ,  $A_s$ ,  $B_s$  et  $C_s$ . Effectuer l'application numérique dans les conditions les plus défavorables ( $\alpha = 13^\circ$ , accélération  $a_{Tx} = -2 \text{ m.s}^{-2}$ ,  $\beta = -38^\circ$ ).

#### Modèle de l'ensemble en mouvement

- ✓ Le vérin électrique est constitué d'un moteur électrique dont le rotor est lié à la vis d'un dispositif vis-écrou de pas  $p_v = 3 \text{ mm/tr}$ .
- ✓ L'écrou est solidaire de la tige du vérin.
- ✓ Le moteur exerce un couple  $C_{mot}$  sur la vis.
- ✓ On note  $\omega_{mot}$  la vitesse angulaire de la vis solidaire du rotor du moteur noté ( $\theta_{mot}$  est l'angle de rotation de la vis).
- ✓ On admet la relation :  $\lambda = \lambda_0 + K_\alpha \cdot \alpha$  avec  $\lambda$  en mm et  $\alpha$  en radian

#### Question 5

Donner le coefficient  $k_T$  tel que  $\dot{\alpha} = \omega_{mot} \cdot k_T$  en fonction de  $p_v$  et  $K_\alpha$ .

## Hypothèses :

- ✓ On suppose dans la suite que :  $\alpha = \theta_{mot} \cdot k_T$  .
- ✓ On isole tout le simulateur {siège + conducteur et vérin}.
- ✓ On garde le modèle cinématique de la figure, composé d'un unique vérin.
- ✓ Le moment d'inertie de l'ensemble {rotor + vis du vérin} autour de son axe est  $J_{mot} = 4.10^{-6} kg.m^2$  .
- ✓ Le moment d'inertie de l'ensemble (1) {siège + conducteur} est noté  $J = 10kg.m^2$  .
- ✓ Les autres quantités inertielles sont négligées.
- ✓ On suppose de plus que  $\dot{\beta} = 0$  .
- ✓ Les frottements visqueux sont modélisés par un couple  $C_v(t) = -f_v \cdot \omega_{mot}(t)$  appliqué sur le rotor du moteur du vérin équivalent.
- ✓ On suppose que les liaisons sont parfaites.
- ✓ L'action de la pesanteur n'est prise en compte que sur l'ensemble {siège + conducteur} de masse  $m$  .

**Question 6**

Déterminer l'expression de l'énergie cinétique  $EC$  du simulateur dans le référentiel galiléen (0) et en déduire l'inertie équivalente  $J_e$  de ce système ramenée sur l'arbre moteur, telle que

$$EC = \frac{1}{2} \cdot J_e \cdot \omega_{mot}^2 . \text{ Faire l'application numérique.}$$

**Question 7**

Déterminer l'expression des puissances extérieures et intérieures qui s'appliquent sur le simulateur.

Montrer que la relation obtenue par l'application du théorème de l'énergie cinétique après linéarisation (angle  $\alpha$  petit) et simplification est :  $J_e \cdot \dot{\omega}_{mot} = C_{mot} - f_v \cdot \omega_{mot} + K \cdot \theta_{mot}$  où l'on précisera l'expression de  $K$  en fonction de  $K_T$ ,  $m$ ,  $d$  et  $g$  .

Le moteur est commandé en courant de telle sorte que  $C_{mot}(t) = k_i \cdot i(t)$ , où  $i(t)$  est l'intensité dans le moteur.

**Question 8**

Déterminer la fonction de transfert de la chaîne d'énergie en supposant les conditions de

$$H_{mot}(p) = \frac{\theta_{mot}(p)}{I(p)} .$$