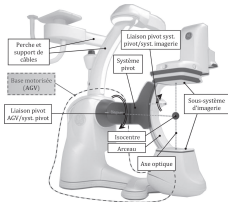


## Colle 01



### Système mobile d'imagerie interventionnelle Discovery IGS 730

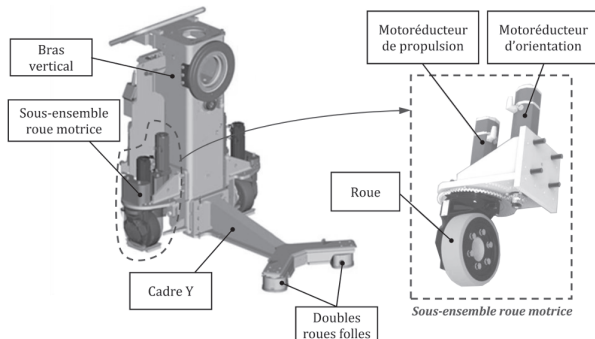
CCP MP 2017

#### Savoirs et compétences :

Le Discovery IGS 730 est le premier système mobile d'imagerie interventionnelle. embarquant un ensemble de logiciels de traitement d'images pour les applications vasculaires, l'oncologie et la cardiologie et permettant un accès complet au patient, il guide les gestes de l'équipe médicale tout au long de l'intervention chirurgicale. Le Discovery IGS 730 dispose d'une base motorisée guidée par laser qui transporte l'arceau d'imagerie.

La base motorisée AGV est constituée :

- d'une structure support, ou châssis, composée du bras vertical et du cadre Y ;
- de deux sous-ensembles roue motrice et motorisation associée (un motoréducteur d'orientation et un motoréducteur de propulsion pour chaque roue) ;
- de deux doubles roues « folles » non motorisées.



**Objectif** Déterminer les valeurs de décélérations maximales en cas d'arrêt d'urgence garantissant la sécurité du patient et du personnel lors d'une manœuvre de translation.

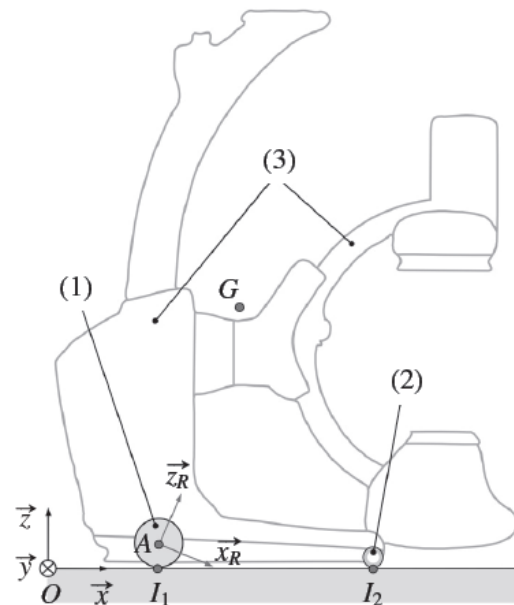
Une procédure de freinage d'urgence est prévue pour immobiliser le système au plus tôt lorsqu'un problème est rencontré au cours de son déplacement. Pour des raisons évidentes de sécurité, le système doit s'arrêter le plus rapidement possible sans toutefois que la décélération n'entraîne le basculement de l'engin ou encore du glissement au niveau des roues motrices.

#### Modèle retenu pour l'étude et paramétrage associé

Le problème est supposé plan et se ramène à l'étude du système composé des éléments :

- (1) : roue motrice ;
- (2) : roue folle ;
- (3) : cadre et arceau d'imagerie.

Le repère  $\mathcal{R}$  ayant pour origine le point  $O$  et muni de la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est attaché à la salle d'intervention (0). Le référentiel associé est supposé galiléen. Le système est animé d'un mouvement de translation suivant  $\vec{x}$  (sens 1) tel que  $\vec{V}(G \in \Sigma / \mathcal{R}) = u(t) \vec{x}$ , avec  $u(t) > 0$ . Lors de ce mouvement, les roues sont animées d'un mouvement de rotation. L'angle de rotation d'une roue par rapport à  $\mathcal{R}$  est défini par :  $\theta_R = (\vec{x}, \vec{x}_R) = (\vec{z}, \vec{z}_R)$ .



**Hypothèse(s)** La roue motrice (1) roule sans glisser sur le sol (0) au point  $I_1$ . La résistance au roulement est négligée.

#### Caractéristiques géométriques et d'inertie des solides

- Ensemble du système  $\Sigma$  : centre d'inertie  $G$  tel que  $\vec{I}_1 G = x_G \vec{x} + z_G \vec{z}$ , avec  $x_G = 450 \text{ mm}$  et  $z_G = 950 \text{ mm}$ , masse :  $m_\Sigma = 840 \text{ kg}$ .
- Roue motrice (1) : rayon  $r = 115 \text{ mm}$ ,  $J$  représente le moment d'inertie par rapport à l'axe  $(A, \vec{y})$ .
- Empattement du système :  $I_1 I_2 = \ell = 1 \text{ m}$ .

## Actions mécaniques

Le système  $\Sigma$  est soumis aux actions mécaniques suivantes :

- action du sol sur la roue motrice (1) :  

$$\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{R(0 \rightarrow 1)} = -X_{01} \overrightarrow{x} + Z_{01} \overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{I_1}$$
 et sur la roue folle (2) :  

$$\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{R(0 \rightarrow 2)} = Z_{02} \overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{I_2} ;$$
- action de la pesanteur :  

$$\{\mathcal{T}(\text{pes} \rightarrow \Sigma)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{R(\text{pes} \rightarrow \Sigma)} = -m_{\Sigma} g \overrightarrow{z} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_G ;$$
- action de freinage sur la roue motrice (1) :  

$$\{\mathcal{T}(\text{frein} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{0} \\ \overrightarrow{\mathcal{M}(A, \text{frein} \rightarrow 1)} = -C_f \overrightarrow{y} \end{array} \right\}_A .$$

## Condition de non basculement

Au cours du freinage, le système subit une décélération  $\overrightarrow{\Gamma}(G \in \Sigma/\mathcal{R}) = -\gamma \overrightarrow{x} = r \ddot{\theta} \overrightarrow{x}$ , avec  $\ddot{\theta} < 0$ . Afin de s'assurer du non-basculement du système, il est nécessaire de déterminer la valeur de décélération limite  $\gamma_{NB}$  pour laquelle apparaît un décollement de la roue motrice.

**Question 1** Par application du théorème de la résultante dynamique à l'ensemble  $\Sigma$  suivant l'axe en mouvement, déterminer l'expression de la composante tangentielle  $X_{01}$  appliquée à la roue motrice (1) en fonction de la décélération  $\gamma$ .

**Question 2** Par application du théorème du moment dynamique à la roue motrice (1) suivant l'axe  $(A, \overrightarrow{y})$  et en utilisant la relation établie à la question précédente, déterminer l'expression du couple de freinage  $C_f$  en fonction de la décélération  $\gamma$ .

Dans la suite, le moment d'inertie  $J$  est négligé devant

le terme  $m_{\Sigma} r^2$  associé à la masse de l'ensemble.

**Question 3** Simplifier alors l'expression établie à la question précédente.

**Question 4** Déterminer l'expression du moment dynamique de l'ensemble  $\Sigma$  par rapport à  $\mathcal{R}$  au point  $I_2$ .

**Question 5** Par application du théorème de la résultante dynamique en  $I_2$ , déterminer la relation liant l'accélération  $\gamma$  et la composante normale  $Z_{01}$ . En déduite l'expression de la décélération limite  $\gamma_{NB,1}$  pour laquelle  $Z_{01} = 0$ . Réaliser l'application numérique.

## Condition de non-glissement

L'exigence de sécurité conduit également à prévenir le glissement au niveau des roues motrices. Il est pour cela nécessaire de déterminer la valeur de la décélération limite  $\gamma_{NG}$  correspondant à une perte d'adhérence. Le facteur d'adhérence au niveau du contact roue motrice/sol (assimilé ici au facteur de frottement) est noté  $\mu$ .

**Question 6** En se plaçant à la limite du glissement, déterminer à partir des expressions établies aux 5 questions précédentes (avant la simplification  $Z_{01} = 0$ ) l'expression de la décélération limite  $\gamma_{NG,1}$ . Réaliser l'application numérique pour un facteur d'adhérence  $\mu = 0,5$ .

## Synthèse

Une étude similaire à celle qui vient d'être menée conduit dans le cas d'une translation suivant  $\overrightarrow{-x}$  (sens 2) aux valeurs limites  $\gamma_{NB,2} 4,5 \text{ m s}^{-2}$  et  $\gamma_{NG,2} 5,5 \text{ m s}^{-2}$ .

**Question 7** En réalisant la synthèse de l'ensemble de ces résultats, conclure sur la valeur de décélération limite à retenir pour satisfaire l'exigence de sécurité lors d'un mouvement de translation du système.

**Q25.** Par application du théorème de la résultante dynamique à l'ensemble  $\Sigma$  suivant l'axe du mouvement, déterminer l'expression de la composante tangentielle  $X_{01}$  appliquée à la roue motrice (1) en fonction de la décélération  $\gamma$ .

On isole  $\Sigma$ , le bilan des actions mécaniques extérieures est donné dans l'énoncé, on applique le principe fondamental de dynamique à  $\Sigma$  dans son mouvement par rapport à 0 supposé galiléen et on écrit le théorème de la résultante dynamique projeté sur  $\vec{x}$  :  $\boxed{m_{\Sigma}\gamma = X_{01}}$

**Q26.** Par application du théorème du moment dynamique à la roue motrice (1) suivant l'axe  $(A\vec{y})$  et en utilisant la relation établie à la question précédente, déterminer l'expression du couple de freinage  $C_f$  en fonction de la décélération  $\gamma$ .

On isole la roue 1, on effectue le bilan des actions mécaniques extérieures :

- Action de 3 sur 1 par l'intermédiaire d'une liaison pivot d'axe  $A, \vec{x}$  :  $\overrightarrow{M_{A,3 \rightarrow 1}} \cdot \vec{y} = 0$
- Couple de freinage :  $-C_f$
- Action de 0 sur 1 :  $\overrightarrow{M_{A,0 \rightarrow 1}} \cdot \vec{y} = +r \cdot X_{01}$

On applique le principe fondamental de dynamique à  $\Sigma$  dans son mouvement par rapport à 0 supposé galiléen et on écrit le théorème du moment dynamique en A en projection sur  $\vec{y}$ .

Moment dynamique  $\overrightarrow{\delta_{A,1/0}} = J\ddot{\theta}\vec{y}$

$$\text{On en déduit : } J\ddot{\theta} = -C_f + r \cdot X_{01} \quad -\frac{J\gamma}{r} = -C_f + r \cdot m_{\Sigma}\gamma \quad \boxed{C_f = \left(\frac{J}{r} + r \cdot m_{\Sigma}\right)\gamma}$$

**Q27.** Simplifier alors l'expression établie à la question précédente.

$J$  est négligeable devant  $m_{\Sigma}r^2$  donc  $\frac{J}{r}$  est négligeable devant  $r \cdot m_{\Sigma}$ , ce qui donne :  $\boxed{C_f = (r \cdot m_{\Sigma})\gamma}$

**Q28.** Déterminer l'expression du moment dynamique de l'ensemble  $\Sigma$  par rapport à R au point  $I_2$ .

Hypothèse : on néglige les moments d'inertie des roues, ainsi  $\Sigma$  est en translation.

$$\boxed{\overrightarrow{\delta_{I_2,\Sigma/0}} = \overrightarrow{\delta_{G,\Sigma/0}} + \overrightarrow{I_2G} \wedge m_{\Sigma} \overrightarrow{\Gamma_{G \in \Sigma/0}} = -z_g \cdot m_{\Sigma} \cdot \gamma \cdot \vec{y}}$$

**Q29.** Par application du théorème du moment dynamique en  $I_2$ , déterminer la relation liant l'accélération  $\gamma$  et la composante normale  $Z_{01}$ . En déduire l'expression de la décélération limite  $\gamma_{NB,1}$  pour laquelle  $Z_{01} = 0$ . Réaliser l'application numérique.

On isole  $\Sigma$ , le bilan des actions mécaniques extérieures est donné, le théorème du moment dynamique en  $I_2$  projeté sur  $\vec{y}$  donne :

$$\boxed{-z_g \cdot m_{\Sigma} \cdot \gamma = -(l - x_g)m_{\Sigma} \cdot g + Z_{01} \cdot l + 0}$$

$$\frac{-z_g \cdot m_{\Sigma} \cdot \gamma + (l - x_g)m_{\Sigma} \cdot g}{l} = Z_{01} \text{ (pour question 30)}$$

À la limite du basculement, on a  $Z_{01} = 0$  (rupture du contact en  $I_1$ ), on en déduit :

$$\boxed{\gamma_{NB,1} = \frac{(l - x_g)g}{z_g} = \frac{(1 - 0.45)9.81}{0.95} = 5.68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

**Q30.** En se plaçant à la limite du glissement, déterminer à partir des expressions établies aux questions Q25 et Q29 (avant la simplification  $Z_{01} = 0$ ), l'expression de la décélération limite  $\gamma_{NG,1}$ . Réaliser l'application numérique pour un facteur d'adhérence  $\mu = 0.5$ .

À la limite du glissement en  $I_1$ ,  $X_{01} = -\mu \cdot Z_{01}$  ce qui donne en reprenant les résultats des question 25 et 29 :

$$m_{\Sigma}\gamma_{NG,1} = \mu \left( \frac{-z_g \cdot m_{\Sigma} \cdot \gamma_{NG,1} + (l - x_g)m_{\Sigma} \cdot g}{l} \right)$$

$$\boxed{\gamma_{NG,1} = \frac{\mu(l - x_g)}{l - z_g \cdot \mu} = 0.5 \cdot \frac{(1 - 0.45)}{1 - 0.95 \cdot 0.5} = 5.13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

**Q31.** En réalisant la synthèse de l'ensemble de ces résultats, conclure sur la valeur de décélération limite à retenir pour satisfaire l'exigence de sécurité lors d'un mouvement de translation du système

Pour ne pas avoir de basculement ou de glissement dans les deux sens, il faut limiter la décélération à  $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .