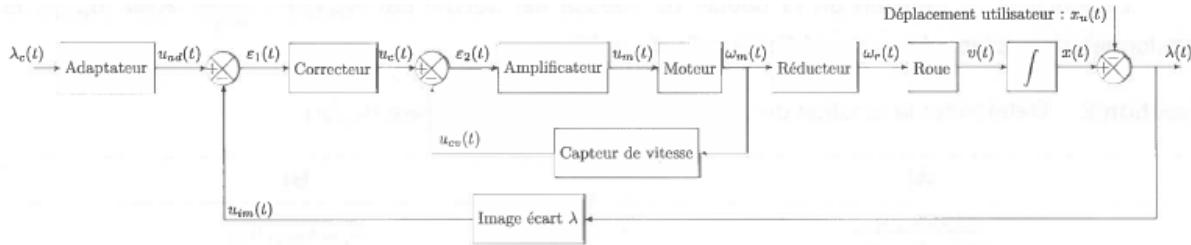


## Question 1. Réponse E

Il faut  $Kad = Klim$  pour que l'asservissement « fonctionne », c'est-à-dire que l'écart soit nul lorsque la sortie est égale à la consigne.

## Question 2. Réponse C.



$$H_{bv}(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)} = \frac{D(p)}{1 + D(p) \cdot R(p)} \text{ avec } D(p) = K_{am} \cdot \frac{K_{mot}}{1 + \frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot}} p + \frac{1}{\omega_{mot}^2} p^2} \text{ et } R(p) = K_{cv}$$

$$\text{Soit : } H_{bv}(p) = \frac{\frac{K_{am} \cdot K_{mot}}{1 + \frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot}} p + \frac{1}{\omega_{mot}^2} p^2}}{1 + \frac{K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot}}{1 + \frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot}} p + \frac{1}{\omega_{mot}^2} p^2}} = \frac{K_{am} \cdot K_{mot}}{1 + \frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot}} p + \frac{1}{\omega_{mot}^2} p^2 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot}}$$

$$= \frac{K_{am} \cdot K_{mot} / (1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})}{1 + \frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot} (1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})} p + \frac{1}{\omega_{mot}^2 (1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})} p^2}$$

## Question 3. Réponse D.

$t_{r5\%}$  minimum pour  $\xi = 0,69$

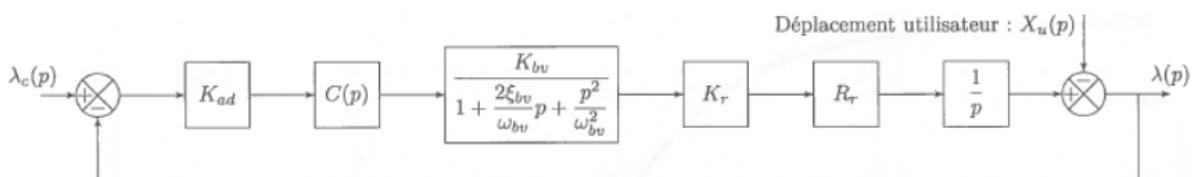
$$\omega_{bv} = \omega_{mot} \sqrt{(1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})}$$

$$\frac{2\xi_{mot}}{\omega_{mot} (1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})} = \frac{2\xi_{bv}}{\omega_{bv}} \rightarrow \xi_{bv} = \frac{\xi_{mot}}{\sqrt{(1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot})}} = 0,69$$

$$\text{Soit : } \frac{\xi_{mot}^2}{1 + K_{cv} \cdot K_{am} \cdot K_{mot}} = 0,69^2 \rightarrow K_{am} = \left( \frac{\xi_{mot}^2}{0,69^2} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_{cv} \cdot K_{mot}}$$

$$\text{Remarque : } \frac{\sqrt{2}}{2} \neq 0,69$$

## Question 4. Réponse B.



La réponse B correspond à la FTBO demandée

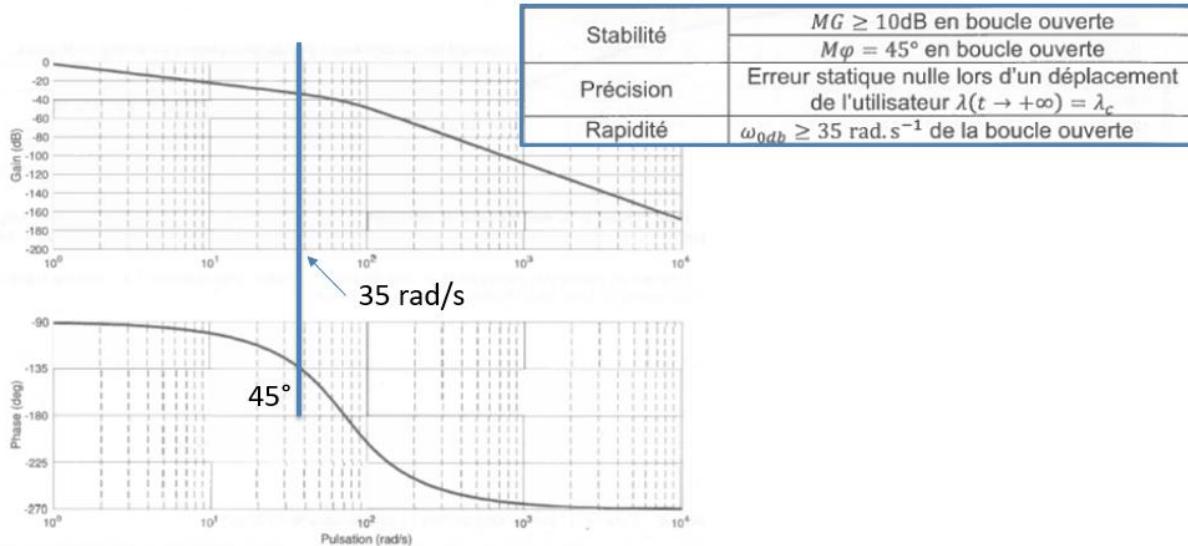
### Question 5. Réponses A et B.

La classe vaut 1 → D'après le cours, l'asservissement est précis sans perturbation.

L'intégrateur est en amont de la perturbation  $X_u(p)$  modélisée par une rampe → D'après le cours, l'erreur est non nulle mais finie.

### Question 6. Réponse D.

D'après la figure 3, si on vérifie le critère marge de phase, alors la bande passante est validée.



### Question 7. Réponse A.

$$Arg(FTBO(j\omega)) = -90^\circ - \arctan \left( \frac{\frac{2\xi_{bv}}{\omega_{bv}}\omega}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_{bv}^2}} \right)$$

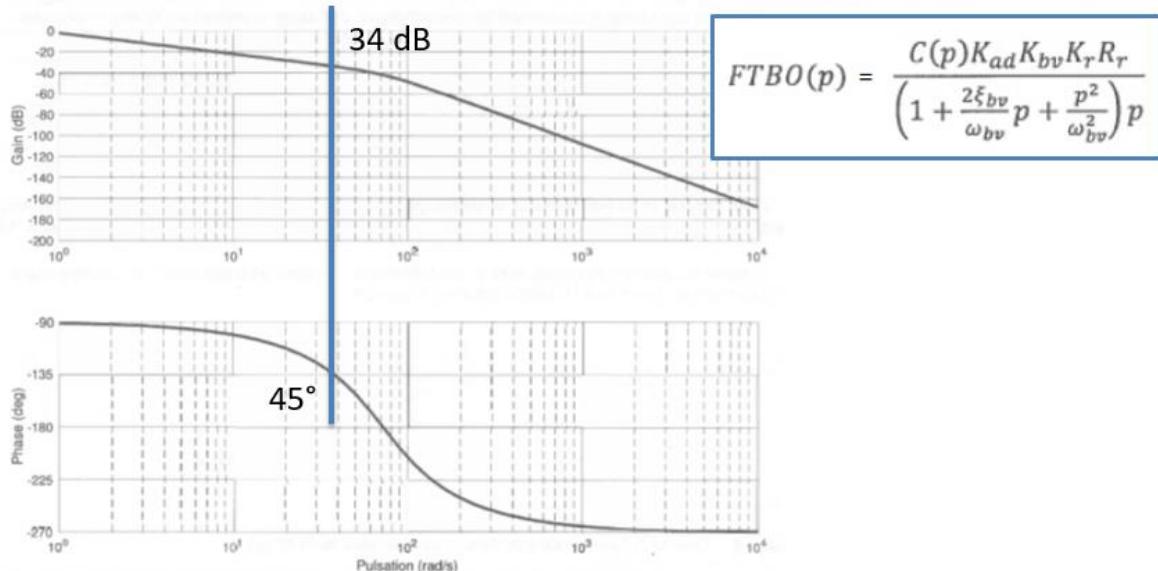
$\omega_{-135^\circ}$  est tel que  $\frac{2\xi_{bv}}{\omega_{bv}}\omega_{-135^\circ} = 1 - \frac{\omega_{-135^\circ}^2}{\omega_{bv}^2}$  soit  $\omega_{-135^\circ}^2 + \frac{2\xi_{bv}}{\omega_{bv}}\omega_{bv}^2\omega_{-135^\circ} - \omega_{bv}^2 = 0$

$$\omega_{-135^\circ} = -\xi_{bv}\omega_{bv} + \sqrt{(\xi_{bv}\omega_{bv})^2 + \omega_{bv}^2} = \left( \sqrt{\xi_{bv}^2 + 1} - \xi_{bv} \right) \omega_{bv}$$

### Question 8. Réponse B

Exigence	Critères	Niveaux
Suivre un utilisateur à une distance imposée	Stabilité	$MG \geq 10\text{dB}$ en boucle ouverte
		$M\varphi = 45^\circ$ en boucle ouverte
	Précision	Erreur statique nulle lors d'un déplacement de l'utilisateur $\lambda(t \rightarrow +\infty) = \lambda_c$
		$\omega_{0db} \geq 35 \text{ rad.s}^{-1}$ de la boucle ouverte

## Question 9. Réponses A et D.



L'expression littérale D et la valeur numérique A correspondent à un gain  $K_p$  permettant de vérifier le critère marge de phase.

## Question 10. Réponse C.

$$\begin{aligned} \frac{S(p)}{E(p)} &= K_p + \frac{K_i}{p} = \frac{K_p \cdot p + K_i}{p} = \frac{K_i \left(1 + \frac{K_p}{K_i} p\right)}{p} \\ &= \frac{K_p \left(p + \frac{K_i}{K_p}\right)}{p} = \frac{K_p \left(\frac{K_p}{K_i} p + 1\right)}{\frac{K_p}{K_i} p} \end{aligned}$$

## Question 11. Réponse A.

$$\frac{S(p)}{E(p)} = \frac{K_p \left(\frac{K_p}{K_i} p + 1\right)}{\frac{K_p}{K_i} p} = \frac{K_p (T_i p + 1)}{T_i p}$$

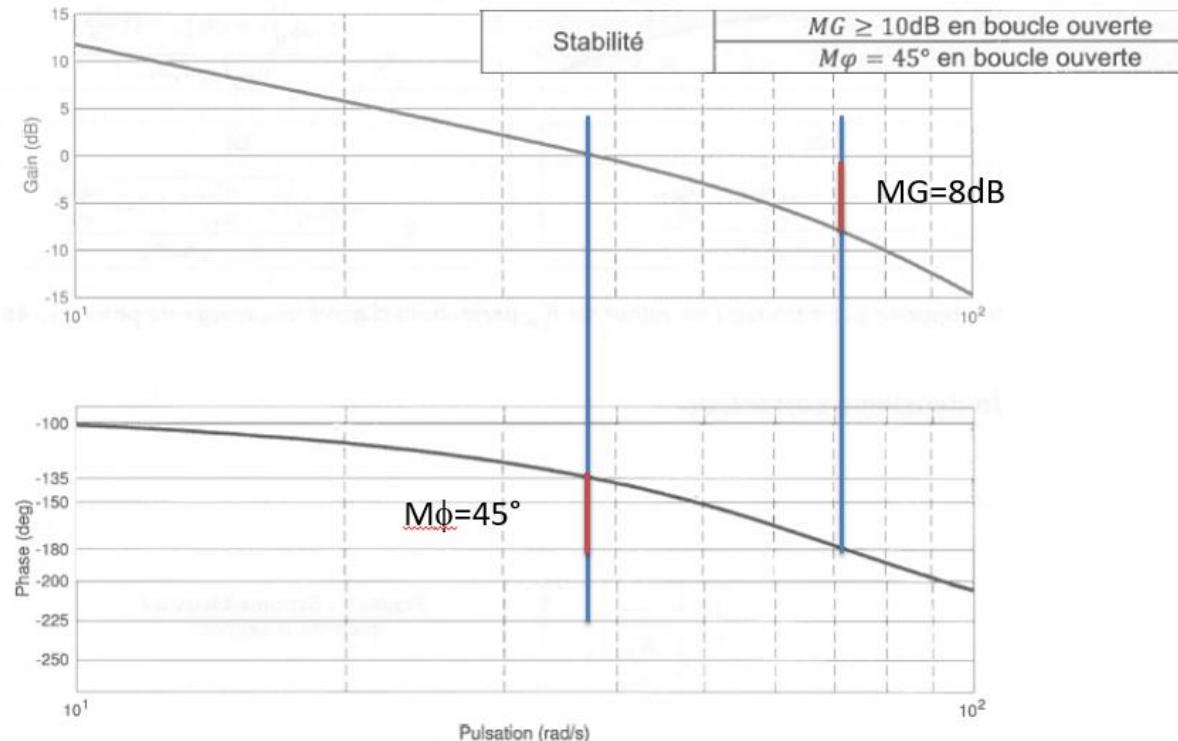
$$K_p = 10^{34/20} \approx 50$$

$$\omega_{0dB} \approx 35 \text{ rad/s}$$

$K_p$  permet d'avoir une marge de phase de  $45^\circ$ .

Il faut choisir  $T_i$  ne modifiant pas trop cette marge de phase, c'est-à-dire  $1/T_i$  très petit devant  $\omega_{0dB}$ .

## Question 12. Réponse B.



Le critère de marge de phase n'est pas vérifié mais elle est néanmoins positive donc le système est stable en boucle fermée.

## Question 13. Réponse D.

Un correcteur de fonction  $K \cdot \frac{1+aTp}{1+Tp}$  avec  $a>1$  permettra de conserver la marge de phase tout en augmentant la marge de gain si  $K$ ,  $a$  et  $T$  sont bien choisis.

## Question 14. Réponse D.

Phénomène de saturation

## Question 15. Réponse C .

$$\left. \begin{aligned} \tan(\phi) &= \frac{MF}{\rho} \\ \tan(q\phi) &= \frac{RM}{\rho} \end{aligned} \right\} \rightarrow RM = MF \cdot \frac{\tan(q\phi)}{\tan(\phi)}$$

## Question 16. Réponses B et D.

$$\tan(\phi) = \frac{MF}{\rho} \quad \tan(q\phi) = \frac{RM}{\rho} \quad RM + MF = L \rightarrow MF = L \frac{\tan(\phi)}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)} \text{ et } RM = L \frac{\tan(q\phi)}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)}$$

$$RM = L \frac{\tan(q\phi)}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)} = L \frac{\frac{\sin(q\phi)}{\cos(q\phi)}}{\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} + \frac{\sin(q\phi)}{\cos(q\phi)}} = L \frac{\frac{\sin(q\phi)}{\cos(q\phi)} \cos(q\phi) \cos(\phi)}{\sin(q\phi) \cos(\phi) + \cos(q\phi) \sin(\phi)} = L \frac{\sin(q\phi) \cos(\phi)}{\sin(\phi + q\phi)}$$

$$MF = L \frac{\tan(\phi)}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)} = L \frac{\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)}}{\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} + \frac{\sin(q\phi)}{\cos(q\phi)}} = L \frac{\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} \cos(q\phi) \cos(\phi)}{\sin(q\phi) \cos(\phi) + \cos(q\phi) \sin(\phi)} = L \frac{\cos(q\phi) \sin(\phi)}{\sin(\phi + q\phi)}$$

Question 17. Réponse B.

$$\left. \begin{array}{l} \tan(\phi) = \frac{MF}{\rho} \\ MF = L \frac{\tan(\phi)}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)} \end{array} \right\} \rightarrow \rho = L \frac{1}{\tan(\phi) + \tan(q\phi)}$$

Question 18. Réponse A.

$$\left. \begin{array}{l} \tan(\Phi_g^{th}) = \frac{L/2}{\rho - v_a/2} \\ \tan(\Phi_d^{th}) = \frac{L/2}{\rho + v_a/2} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \rho = \frac{v_a}{2} + \frac{L/2}{\tan(\Phi_g^{th})} \\ \rho = -\frac{v_a}{2} + \frac{L/2}{\tan(\Phi_d^{th})} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \tan(\Phi_g^{th}) = \frac{L/2}{-\frac{v_a}{2} + \frac{L/2}{\tan(\Phi_d^{th})} - \frac{v_a}{2}} = \frac{L \tan(\Phi_d^{th})}{L - 2v_a \tan(\Phi_d^{th})} \\ \tan(\Phi_d^{th}) = \frac{L/2}{\frac{v_a}{2} + \frac{L/2}{\tan(\Phi_g^{th})} + \frac{v_a}{2}} = \frac{L \tan(\Phi_g^{th})}{L + 2v_a \tan(\Phi_g^{th})} \end{array} \right.$$

Question 19. Réponse B.

$$\overrightarrow{OI} + \overrightarrow{IB_d} + \overrightarrow{B_d C_d} + \overrightarrow{C_d D_d} + \overrightarrow{D_d O} = \vec{0}$$

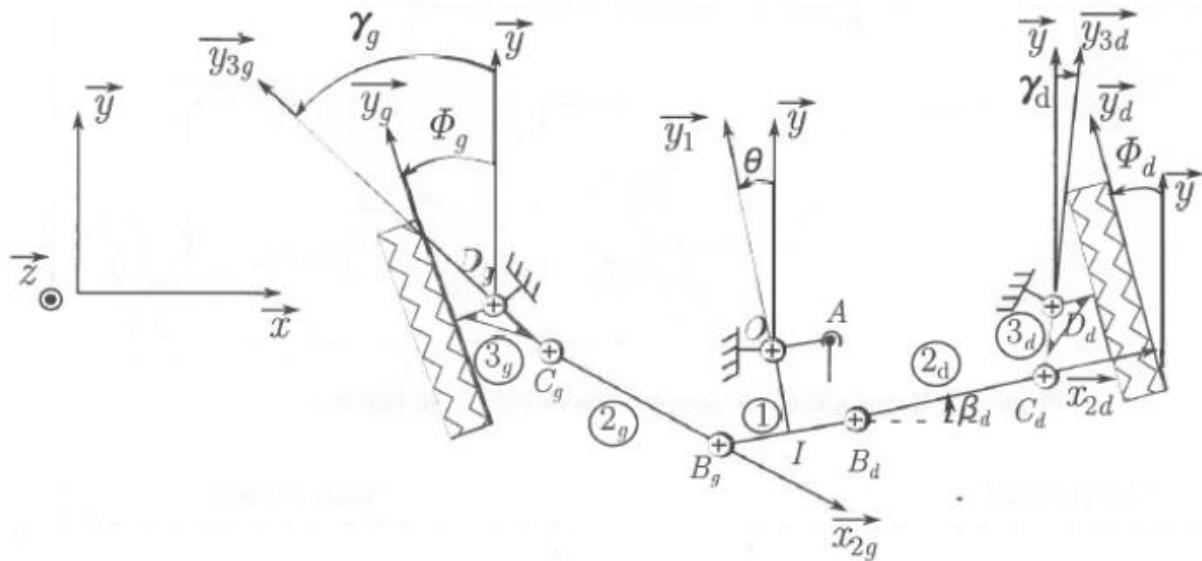
$$-r\vec{y}_1 + b\vec{x}_1 + c\vec{x}_{2d} + d\vec{y}_{3d} - \frac{v_a}{2}\vec{x} - e\vec{y} = \vec{0}$$

$$\left. \begin{array}{l} proj / \vec{x} : r \sin \theta + b \cos \theta + c \cos \beta_d - d \sin \gamma_d - \frac{v_a}{2} = 0 \\ proj / \vec{y} : -r \cos \theta + b \sin \theta + c \sin \beta_d + d \cos \gamma_d - e = 0 \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \beta_d = \arcsin \left( \frac{r \cos \theta - b \sin \theta - d \cos \gamma_d + e}{c} \right) \\ r \sin \theta + b \cos \theta + c \cos \left( \arcsin \left( \frac{r \cos \theta - b \sin \theta - d \cos \gamma_d + e}{c} \right) \right) - d \sin \gamma_d - \frac{v_a}{2} = 0 \end{array} \right.$$

$$\overrightarrow{OI} + \overrightarrow{IB_g} + \overrightarrow{B_g C_g} + \overrightarrow{C_g D_g} + \overrightarrow{D_g O} = \vec{0}$$

$$-r\vec{y}_1 - b\vec{x}_1 - c\vec{x}_{2g} + d\vec{y}_{3g} + \frac{v_a}{2}\vec{x} - e\vec{y} = \vec{0}$$

$$\left. \begin{array}{l} proj / \vec{x} : r \sin \theta - b \cos \theta - c \cos \beta_g - d \sin \gamma_g + \frac{v_a}{2} = 0 \\ proj / \vec{y} : -r \cos \theta - b \sin \theta - c \sin \beta_g + d \cos \gamma_g - e = 0 \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \beta_g = \arcsin \left( \frac{-r \cos \theta - b \sin \theta + d \cos \gamma_g - e}{c} \right) \\ r \sin \theta - b \cos \theta - c \cos \left( \arcsin \left( \frac{-r \cos \theta - b \sin \theta + d \cos \gamma_g - e}{c} \right) \right) - d \sin \gamma_g + \frac{v_a}{2} = 0 \end{array} \right.$$



Question 20. Réponse B.

$$\phi_g = \gamma_g + \delta_g$$

$$\gamma_g = \phi_g - \delta_g \text{ avec } \delta_g < 0$$

$$\phi_d = \gamma_d + \delta_d$$

$$\gamma_d = \phi_d - \delta_d \text{ avec } \delta_d > 0$$

$$\phi_g = \vec{y}, \vec{y}_g = \vec{y}, \vec{y}_{3g} + \vec{y}_{3g}, \vec{y}_g = \gamma_g + \delta_g$$

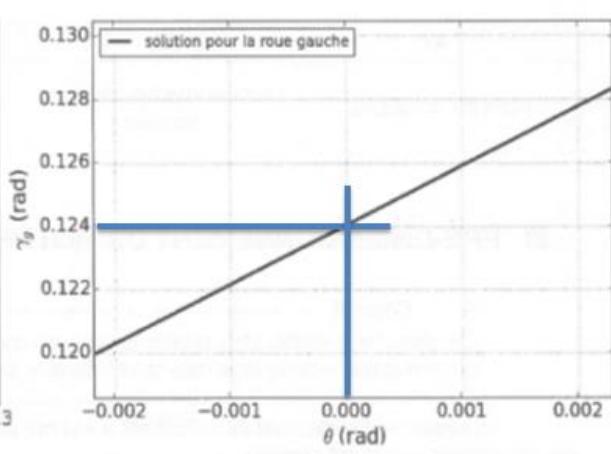
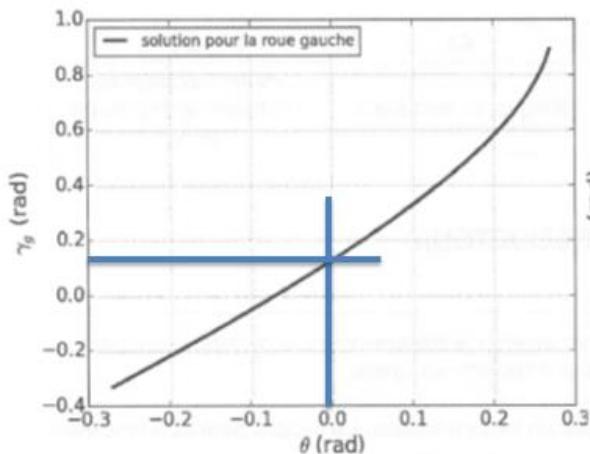
$$\phi_d = \vec{y}, \vec{y}_d = \vec{y}, \vec{y}_{3d} + \vec{y}_{3d}, \vec{y}_g = \gamma_d + \delta_d$$

$$\theta = 0 \rightarrow \phi_g = 0 \rightarrow \gamma_g = -\delta_g \text{ avec } \delta_g < 0$$

$$\theta = 0 \rightarrow \phi_d = 0 \rightarrow \gamma_d = -\delta_d \text{ avec } \delta_d > 0$$

$$\phi_g = \gamma_g - 0,124$$

$$\phi_d = \gamma_d + 0,124$$



Question 21. Réponse C.

Risque de dérapage

## Question 22. Réponse D

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{react} ds \vec{z} - f p_{react} ds \vec{e}_\alpha \\ -r_{SC} p_{react} ds \vec{e}_\alpha - f p_{react} r_{SC} ds \vec{z} \end{array} \right\}_{O_{SC}}$$

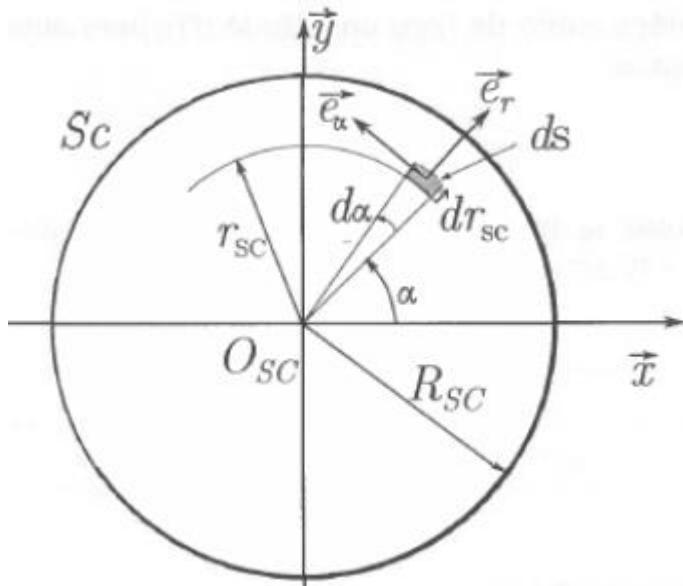
## Question 23. Réponses B et D.

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{react} ds \vec{z} - f p_{react} ds \vec{e}_\alpha \\ -r_{SC} p_{react} ds \vec{e}_\alpha - f p_{react} r_{SC} ds \vec{z} \end{array} \right\}_{O_{SC}}$$

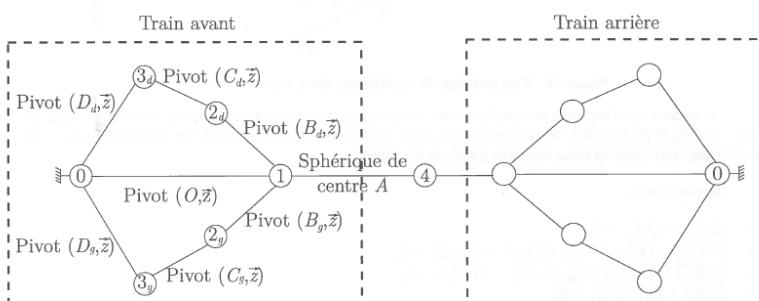
Modèle local :

Un calcul intégral classique sur le disque donne la réponse D ou la réponse B (réponses identiques) :

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{react} = p_{react} \pi R_{SC}^2 \vec{z} \\ C_{react} = -2f p_{react} \frac{R_{SC}^3}{3} \pi \vec{z} \end{array} \right\}_{O_{SC}} \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{react} = p_{react} \pi R_{SC}^2 \vec{z} \\ C_{react} = -\frac{2}{3} f R_{SC} F_{react} \vec{z} \end{array} \right\}_{O_{SC}}$$



## Question 24. Réponse D.

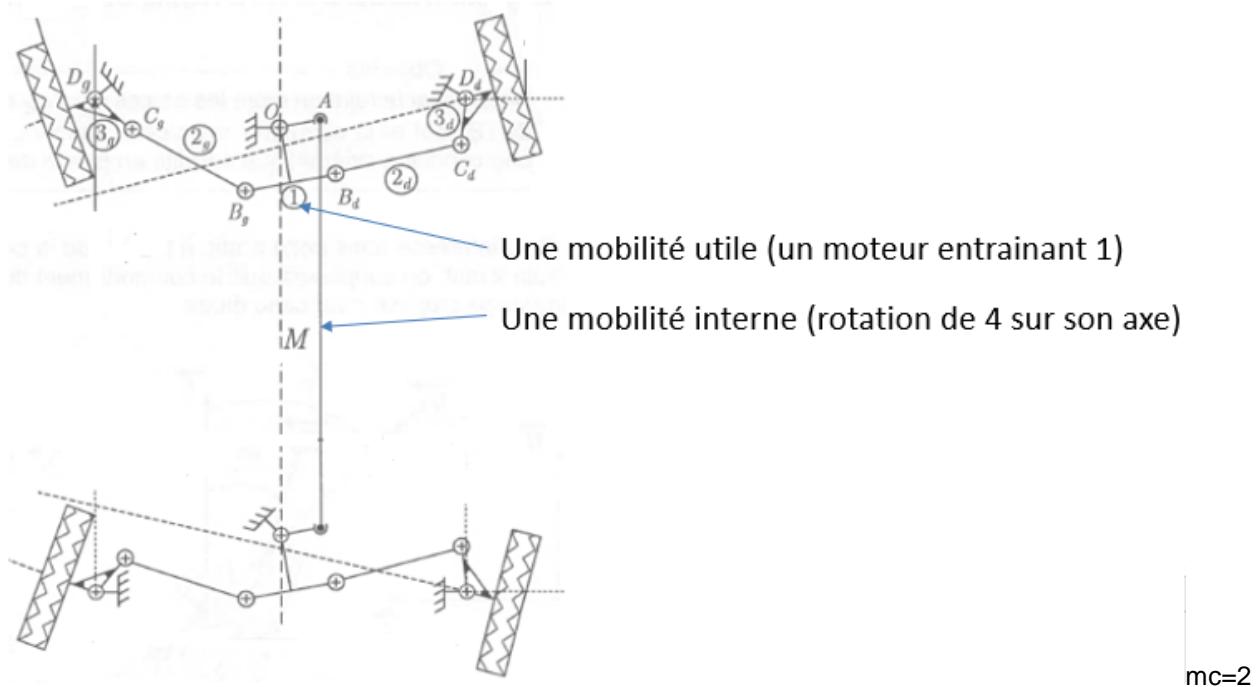


$$2*7 \text{ pivots} + 2 \text{ rotules}$$

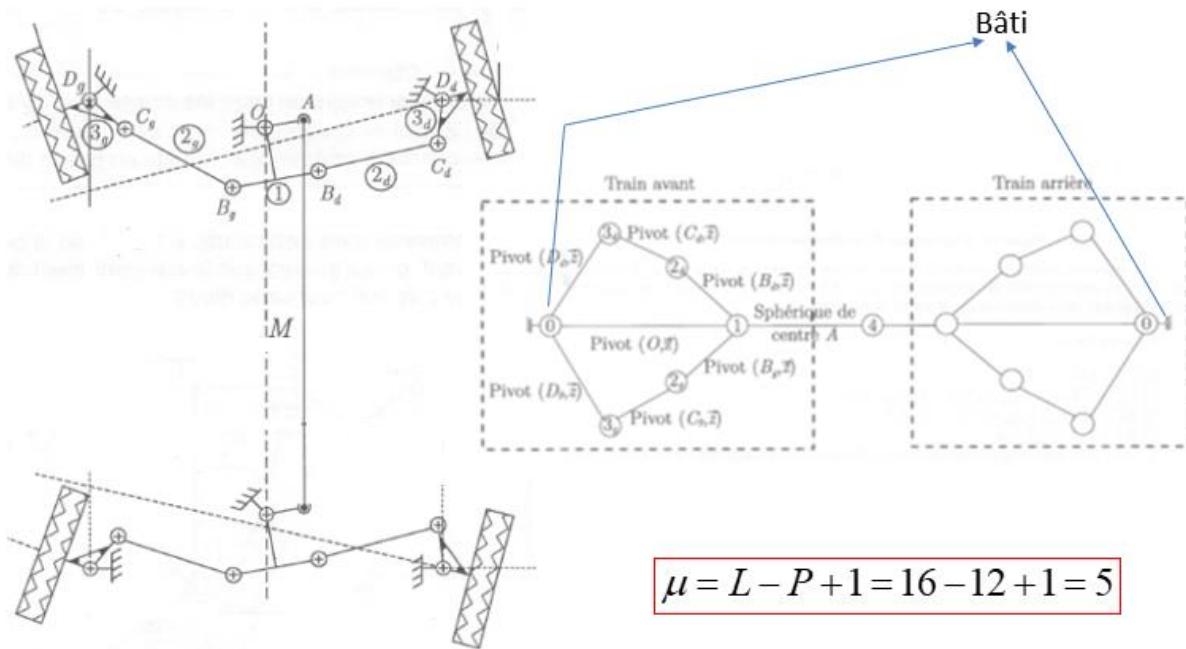
$$2*7 + 2*3 = 20$$

$$I_C = 20$$

## Question 25. Réponse B.



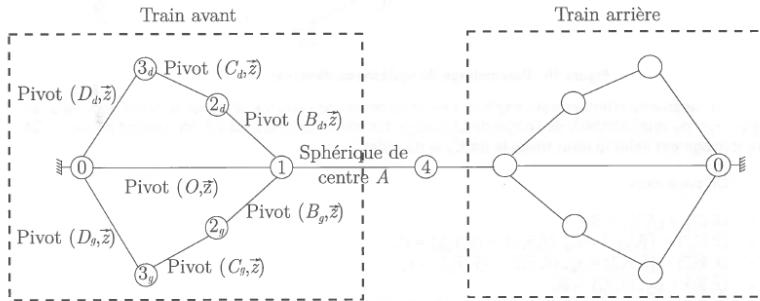
## Question 26. Réponse C.



## Question 27. Réponse B

$$h = m + 6\mu - Ic = 2 + 30 - (14 + 6) = 12$$

14 pivots + 2 rotules  $\rightarrow Ic = 14 + 6$



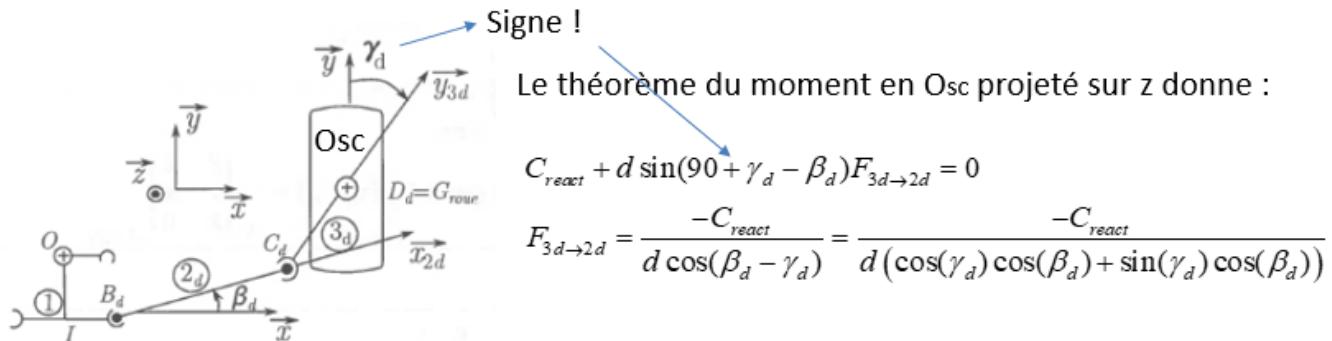
### Question 28. Réponses A et D.

La biellette 2d est soumise à deux glisseurs en Bd et Cd et est supposée à l'équilibre par rapport à un repère galiléen. D'après le PFS, les résultantes de ces glisseurs sont portées par la droite BdCd.

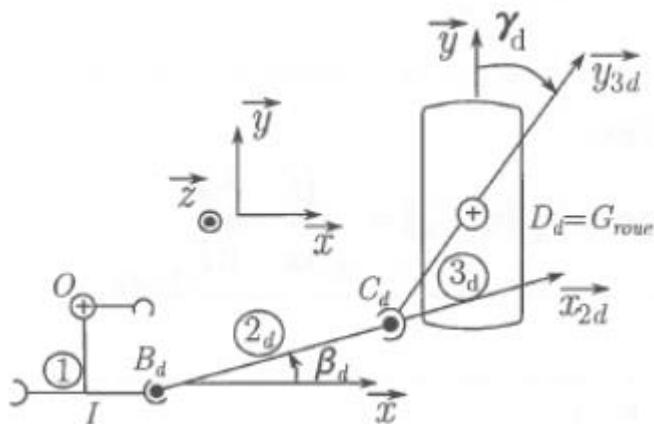
### Question 29. Réponses C et D.

L'ensemble isolé est soumis à trois actions. La réponse à la question précédente donne les réponses C ou D suivant le choix du repère de projection du torseur de l'action de la biellette 2d. ( $F_{2z}$  est nul d'après la question 28)

### Question 30. Réponse A



### Question 31. Réponse A.



$$\overrightarrow{OI} = -r \overrightarrow{y_1} \quad (\text{Le point O est le centre de rotation de la pièce 1 par rapport au bâti})$$

$$\overrightarrow{IB_g} = -b \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{IB_d} = b \overrightarrow{x_1}$$

Le rapport de transmission entre l'arbre moteur et le pignon de la pièce 1 (voir figure 7) est noté  $k_{trans} < 1$ . De ce fait,  $\frac{\dot{\theta}}{\omega} = k_{trans}$  avec  $\omega$  vitesse de rotation du moteur et  $\dot{\theta}$  vitesse de rotation de la pièce 1.

Couple induit par  $F_2$  en 0 :  $C_o = (r \cos(\beta_d) + b \sin(\beta_d))F_2$

$$\frac{C_o}{C_{rd}} = \frac{1}{k_{trans}}$$

## Question 32. Réponse C

$$E = \{1, 2_d, 3_d, \text{roue}\}$$

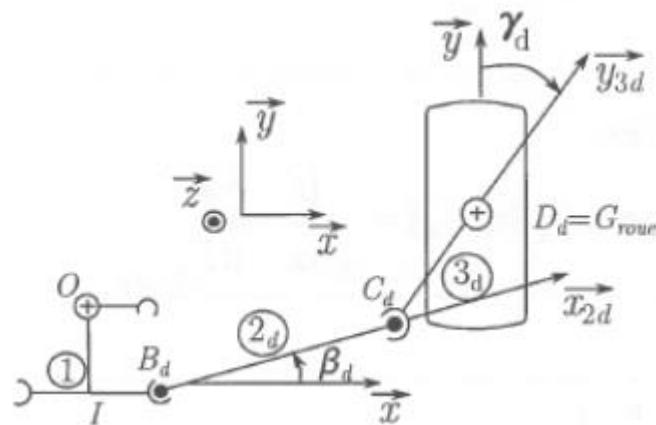
$$\frac{dE_c(E / R_0)}{dt} = P(\bar{E} \rightarrow E / R_0) + P_i(E)$$

$$\frac{dE_c(E / R_0)}{dt} = 0 \text{ car les effets dynamiques (accélérations) sont négligeables}$$

$$P_i(E) = 0 \text{ car les liaisons sont supposées parfaites}$$

$$k = \frac{\dot{\phi}_d}{\dot{\theta}} = \frac{\dot{\gamma}_d}{\dot{\theta}}$$

$$\frac{\dot{\theta}}{\omega} = k_{trans} \quad \longrightarrow \quad \dot{\gamma}_d = k \cdot k_{trans} \cdot \omega$$



$$P(\bar{E} \rightarrow E / R_0) = P_{mot} \rightarrow 1 / R_0 + P_{sol} \rightarrow roue / R_0 = C_{rd} \cdot \omega + C_{react} \cdot \dot{\gamma}_d = C_{rd} \cdot \omega + C_{react} \cdot k \cdot k_{trans} \cdot \omega$$

## Question 33. Réponse D.

Les quatre moments de pivotement ramenés à l'arbre moteur s'additionnent car les quatre roues pivotent.

## Question 34. Réponse C.

$$J_{eq} \frac{d\omega(t)}{dt} = k_c i(t) - C_r(t)$$

$$i(t) = \frac{u(t) - k_e \omega(t)}{R}$$

$$J_{eq} \frac{d\omega(t)}{dt} = k_c \frac{u(t) - k_e \omega(t)}{R} - C_r(t)$$

$$\omega(t) + \frac{RJ_{eq}}{k_e k_c} \frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{k_e k_c}{R} \left( k_c \frac{u(t)}{R} - C_r(t) \right)$$

$$\text{Premier ordre} \rightarrow t_{r5\%} = 3\tau = 3 \frac{RJ_{eq}}{k_e k_c} = 3 \frac{RJ_{eq}}{k_e^2}$$

## Question 35. Réponse D.

$$\overrightarrow{\Omega_{2d/0}} = \dot{\beta}_d \vec{z} = k' \dot{\theta} \vec{z}$$

$$\begin{aligned}\overrightarrow{V_{B_d \in 2d/0}} &= \overrightarrow{V_{B_d \in 2d/1}} + \overrightarrow{V_{B_d \in 1/0}} = \overrightarrow{V_{O \in 1/0}} + \overrightarrow{B_d O} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/0}} \\ &= \dot{\theta} \vec{z} \wedge (-r \vec{y}_1 + b \vec{x}_1) = r \dot{\theta} \vec{x}_1 + b \dot{\theta} \vec{y}_1\end{aligned}$$

**Question 36. Réponses A et B.**

$$\overrightarrow{V_{G_2 \in 2d/0}} = \overrightarrow{V_{B_d \in 2d/0}} + \overrightarrow{G_2 B_d} \wedge \overrightarrow{\Omega_{2/0}}$$

$$\text{et } \overrightarrow{\Omega_{2/0}} = k' \dot{\theta} \vec{z}$$

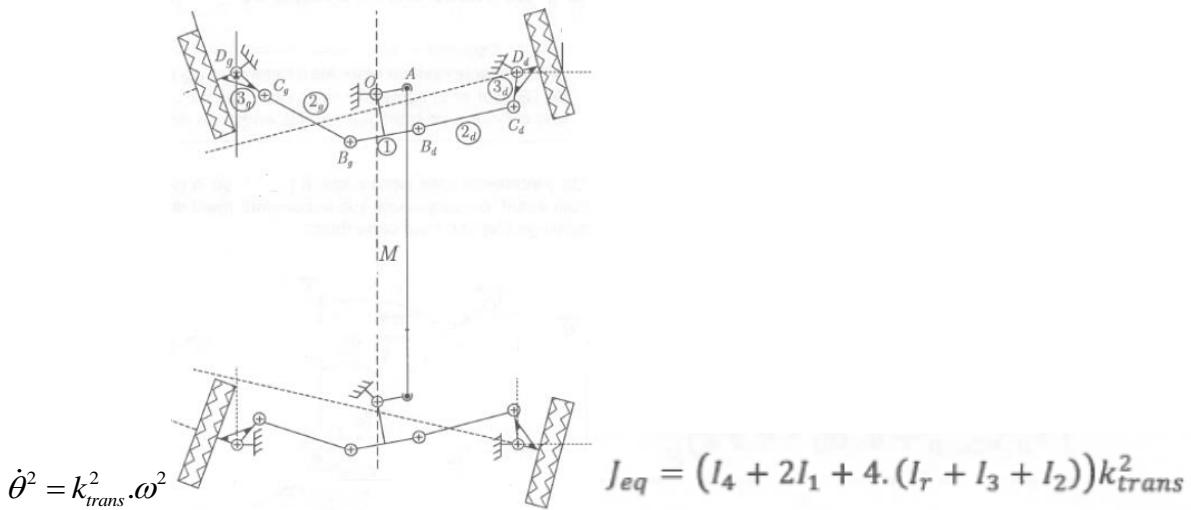
**Question 37. Réponse C.**

$$\left\{ C_{2d/0} \right\}_{G_2} = \left\{ \frac{m_2 \overrightarrow{V_{G_2 \in 2d/0}}}{\sigma_{G_2, 2d/0}} \right\}_{G_2} = \left\{ \frac{m_2 \dot{\theta} (c_x \vec{x}_{2d} + c_y \vec{y}_{2d})}{\bar{I}_{2d/G_2} \overrightarrow{\Omega_{2d/0}}} \right\}_{G_2} = \left\{ \frac{m_2 \dot{\theta} (c_x \vec{x}_{2d} + c_y \vec{y}_{2d})}{B_2 k' \dot{\theta} \vec{z}} \right\}_{G_2}$$

**Question 38. Réponse A.**

$$Ec_{2d/0} = \frac{1}{2} \left( m_2 \overrightarrow{V_{G_2 \in 2d/0}} \cdot \overrightarrow{V_{G_2 \in 2d/0}} + \overrightarrow{\sigma_{G_2, 2d/0}} \cdot \overrightarrow{\Omega_{2d/0}} \right) = \frac{1}{2} \left( m_2 \dot{\theta}^2 (c_x^2 + c_y^2) + B_2 k'^2 \dot{\theta}^2 \right)$$

**Question 39. Réponse A.**



**Question 40. Réponse C.**

A la limite du basculement, (N1=N2=0)

On pourrait retenir également la proposition (T1=T2=0) mais il manque certaines hypothèses sur la répartition des actions du sol sur les 4 roues...

**Question 41. Réponse D.**

Propriété du centre d'inertie d'un ensemble de solides.

**Question 42. Réponse A.**

$$(O, \vec{y}, \vec{z}) \text{ plan de symétrie} \rightarrow E_{\Sigma} = F_{\Sigma} = 0$$

**Question 43. Réponse D.**

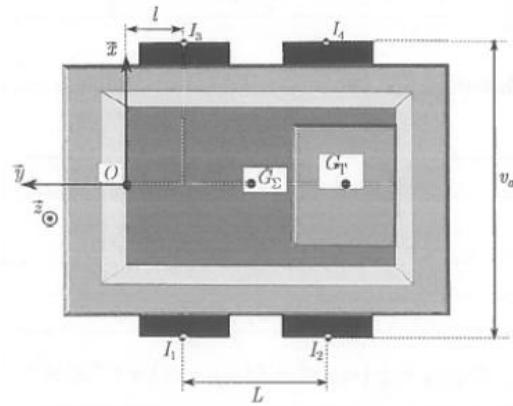
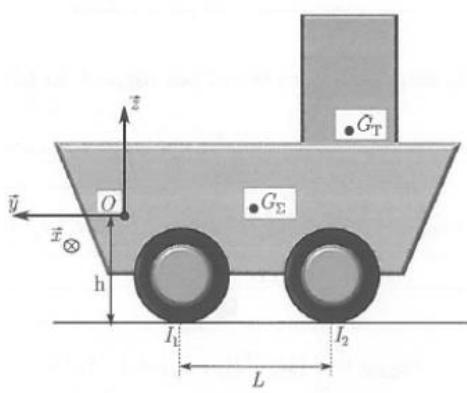
Propriétés des matrices vues en cours

**Question 44. Réponse B.**

Théorème du moment dynamique appliqué à  $\{\Sigma, T\}$  en projection sur y.

**Question 45. Réponse C.**

$$\left\{ C_{\{\Sigma, T\}/0} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{l} (m_\Sigma + m_T) \overrightarrow{V_{G_{\{\Sigma, T\}/0}}} \\ \overrightarrow{\sigma_{G_{\{\Sigma, T\}/0}}} \end{array} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{l} (m_\Sigma + m_T) \rho \dot{\theta} \vec{y} \\ \overline{\overline{I_{\{\Sigma, T\}/G} \Omega_{\{\Sigma, T\}/0}}} \end{array} \right\}_{G_2} = \left\{ \begin{array}{l} (m_\Sigma + m_T) \rho \dot{\theta} \vec{y} \\ -D \dot{\theta} \vec{y} + C \dot{\theta} \vec{z} \end{array} \right\}_{G_2}$$

**Question 46. Réponse B**

$$\overrightarrow{\sigma_{I_3, \{\Sigma, T\}/0}} = \overrightarrow{\sigma_{G, \{\Sigma, T\}/0}} + \overrightarrow{I_3 G} \wedge m \overrightarrow{V_{G_{\{\Sigma, T\}/0}}} = \overrightarrow{\sigma_{G, \{\Sigma, T\}/0}} + \left( -\frac{v_a}{2} \vec{x} + (l + y_G) \vec{y} + (h + z_G) \vec{z} \right) \wedge m \overrightarrow{V} \vec{y}$$

$$\overrightarrow{\sigma_{I_3, \{\Sigma, T\}/0}} = \overrightarrow{\sigma_{G, \{\Sigma, T\}/0}} - m \overrightarrow{V} \left( \frac{v_a}{2} \vec{z} + (h + z_G) \vec{x} \right)$$

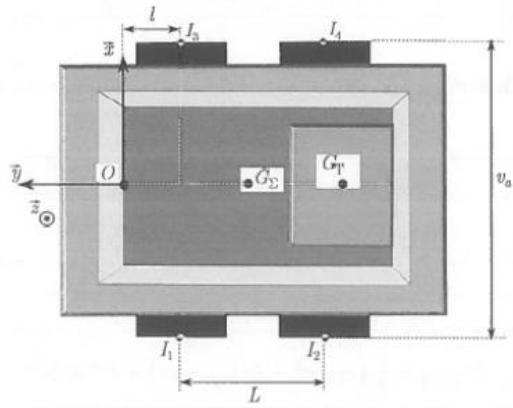
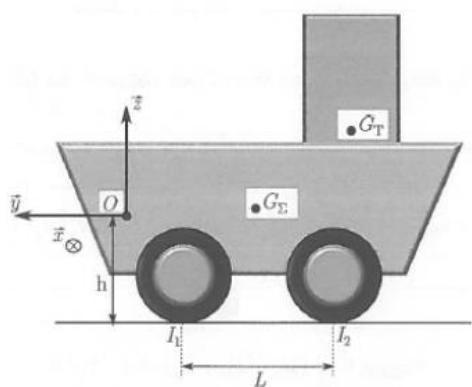
**Question 47. Réponses A et B.**

Relation du cours

**Question 48. Réponse A.**

$$\begin{aligned} \overrightarrow{\delta_{I_3, \{\Sigma, T\}/R_0} \cdot \vec{u}} &= \frac{d \overrightarrow{\sigma_{I_3, \{\Sigma, T\}/0}}}{dt} \Bigg|_0 \cdot \vec{u} - m \left( \overrightarrow{V_{I_3/R_0}} \wedge \overrightarrow{V_{G/R_0}} \right) \vec{u} = \frac{d \overrightarrow{\sigma_{I_3, \{\Sigma, T\}/0}}}{dt} \Bigg|_0 \cdot \vec{y} - \overrightarrow{\sigma_{I_3, \{\Sigma, T\}/0}} \cdot \frac{d \vec{y}}{dt} \Bigg|_0 - m \left( \overrightarrow{V_{I_3/R_0}} \wedge \rho \dot{\theta} \vec{y} \right) \cdot \vec{y} \\ &= B_{Gy} \ddot{\theta} - m V \dot{\theta} (h + z_G) \end{aligned}$$

## Question 49. Réponse A.



## Question 50. Réponse D.

$$B_{Gy} \ddot{\theta} - mV\dot{\theta}(h + z_G) = v_a(N_1 + N_2 - \frac{mg}{2})$$

$\ddot{\theta} = 0$  et  $N_1 + N_2 = 0$  à la limite du basculement

$$\text{Soit : } mV\dot{\theta}(h + z_G) = v_a \frac{mg}{2} \rightarrow z_G = -h + \frac{v_a g}{2V\dot{\theta}}$$