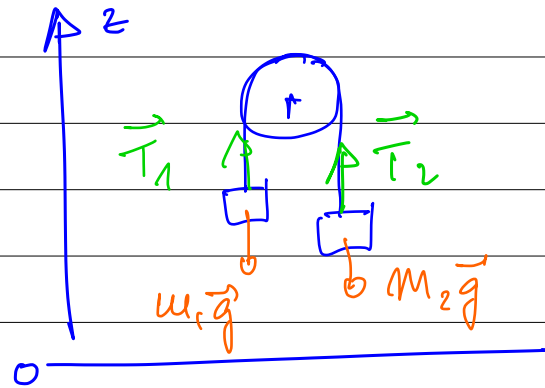


Machine d'Atwood 8 points

1a Forces

1

Forces : $m_1 : m_1 \vec{g}$ et $\vec{T}_1$ $m_2 : m_2 \vec{g}$ et $\vec{T}_2$ force : 0,1 / force listée
0,15 / force ne desir

1b

$$\vec{a}_1 = -\frac{1}{2} g \vec{e}_3 \quad 0,1$$

$$\vec{a}_2 = \frac{1}{2} g \vec{e}_3 \quad 0,1$$

[0,2 pt par vector]
note par composante

1,5

Sur m_1 : $m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1 \Rightarrow -m_1 g + T_1 = m_1 a_1 \quad (1)$

— m_2 : $m_2 \vec{g} + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2 \Rightarrow -m_2 g + T_2 = m_2 a_2 \quad (2)$

$a_1 = -a_2 \quad T_1 = T_2 \Rightarrow -m_2 g + T_1 = -m_2 a_1 \quad (3)$

(1) - (3) : $-m_1 g + T_1 + m_2 g - T_1 = (m_1 + m_2) a_1$

$$a_1 = g \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} = \frac{m - 1,1m}{2,1m} g = -\frac{1}{2,1} g$$

$$a_2 = \frac{1}{2,1} g$$

1c

1

$$t_f = \sqrt{\frac{42h_0}{g}} \quad \text{résultat 0,1}$$

on part de h_0 avec $v_0 = 0$ et $\vec{a} = a_1 \vec{e}_3$ 0,1

$$v_1 = a_1 t + v_0 \quad \Rightarrow \quad z = \frac{1}{2} a_1 t^2 + h_0 \quad \text{à } t_f \quad z = 0 \quad 0,1$$

$$\frac{1}{2} a_1 t_f^2 + h_0 = 0 \quad t_f^2 = -\frac{2h_0}{a_1} = h_0 \times \frac{2 \times 21}{g} = 42 \frac{h_0}{g}$$

calcul 0,1

1d Justification

1

Il y a de l'énergie cinétique de rotation stockée dans la pale → dans la conservation de E_m , E_{pot} initiale ne change pas → E_c final est plus faible → v + faible 999
 ⇒ temps plus long ← 0,1

1e Justification

[plusieurs formulations possibles]

1

- L'eau sort de côté → pas d'effet sur le mouvement vertical car pas de force
- L'eau sort à v relative $\neq 0$ → la "formule" de la fusée donne un effet nul.
- $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ pas de Δp relatif à l'éjection car $v = 0$

St. trucs juste pour nous faire peur à nous → 0,5

1f Accélérations

$$a_1 = -g \frac{t}{\frac{2m}{D} - t}$$

des mêmes équations que à (1) sont valables. → OK si les étudiants le voient (ou alors refont le boulot) 1

En remplace m_1 par m et m_2 par $m - Dt$ → l'accélération ne dépend du temps 0,2

$$a_1 = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = g \cdot \frac{(m - Dt) - m}{m - Dt + m} = -g \frac{Dt}{2m - Dt}$$

$$a_1 = -g \frac{t}{\frac{2m}{D} - t}$$

1g Vitesse

$$v_1 = -g \left[t + \frac{2m}{D} \ln \left(1 - \frac{t}{\frac{2m}{D}} \right) \right]$$

v_1 est la primitive de l'accélération
la primitive de $\frac{t}{\frac{2m}{D} - t}$ est $t + \frac{2m}{D} \ln \left(1 - \frac{t}{\frac{2m}{D}} \right)$

$$\text{donc } v_1(t) = -g \left[t + \frac{2m}{D} \ln \left(1 - \frac{t}{\frac{2m}{D}} \right) \right] + cte$$

$$\text{à } t=0 \quad v_1(0) = -g \left[0 + \frac{2m}{D} \ln(1) \right] + cte = 0$$

[illegible]

Spinlaunch

2a Moment

$$I_O = \frac{5}{4} m L^2 \quad (0,25)$$

$$I_O = I_{\text{bare}} + I_{\text{masses}} = \frac{1}{12} m L^2 + 2 m \left(\frac{L}{2} \right)^2 \quad (0,25)$$

$$= \frac{1}{4} m L^2 + 2 m \frac{L^2}{4} = \frac{3}{4} m L^2 + \frac{2}{4} m L^2$$

2b

$$\text{A.N: } I_O = 8 \cdot 10^5 \text{ kg m}^2$$

$$I_O = \frac{5}{4} \times 100 \times 80^2 = \frac{5}{4} \times 100 \times \frac{2}{8} \times 8 \times 100$$

$$= 8 \cdot 10^5 \text{ kg m}^2$$

2c

$$\Omega_{\text{max}} = 2\pi N_{\text{max}}$$

$$v_{\text{max}} = \pi L N_{\text{max}}$$

$$\mathcal{L}_{\text{max}} = 2\pi N_{\text{max}} \quad (0,25)$$

$$\rho_{\text{max}} = \frac{L}{2} \mathcal{L}_{\text{max}} = \frac{L}{2} \cdot 2\pi N_{\text{max}} = \pi L N_{\text{max}} \quad (0,25)$$

2d

$$A.N : v_{\max} = 2400 \text{ m.s}^{-1}$$

0,5

$$v_{\max} = \pi L N_{\max} = 3 \times 80 \times 10 = 24 \times 100 = \underbrace{2400}_{0,25} \underbrace{\text{m.s}^{-1}}_{0,25}$$

2e

$$E_c = 2\pi^2 I_0 N_{\max}^2$$

1

$$\begin{aligned} E_{c, \text{rot}} &= \frac{1}{2} I_0 \underbrace{\omega_{\max}^2}_{0,5} = \frac{1}{2} I_0 (2\pi N_{\max})^2 \\ &= \frac{1}{2} I_0 \times \cancel{4} \pi^2 N_{\max}^2 = \underbrace{2\pi^2 I_0 N_{\max}^2}_{0,5} \end{aligned}$$

2f

$$T_{\max} = \frac{2\pi N_{\max} I_0}{\Omega}$$

1,5

$$\sum \vec{J}_0 : \vec{0} \wedge m \vec{g} + \vec{0} \wedge \vec{R} + (-M \vec{e}_y) = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I_0 \vec{\Omega})}{dt}$$

$$\underbrace{-M \vec{e}_y}_{0,3} = I_0 \frac{d}{dt} (-\Omega \vec{e}_y) = -I_0 \dot{\Omega} \vec{e}_y \quad \text{The unit and sign: } 0,2$$

$$\dot{\Omega} = \frac{M}{I_0} = \text{cte} \quad \Omega(t) = \frac{M}{I_0} t + \cancel{\Omega(0)}$$

Integration: 0,2

$$T_{\max} = \frac{\underbrace{\Omega_{\max} I_0}_{0,2}}{\Omega} = \frac{2\pi N_{\max} I_0}{\underbrace{\Omega}_{0,2}}$$

2g

$$\langle P \rangle = \pi N_{\text{max}} \pi$$

$$\langle P \rangle = \frac{\Delta E_c^{\text{tot}}}{T_{\text{max}}} = \frac{\cancel{2\pi^2} \cancel{I_0} N_{\text{max}}^2}{\cancel{2\pi} \cancel{N_{\text{max}}} \cancel{I_0}} = \pi N_{\text{max}} \pi$$

0,5 0,5

2h

$$h_{\text{max}} = -R_T * - \frac{2GM_T}{V_{\text{max}}^2 - \frac{2GM_T}{R_T}}$$

la fusée part avec v_{max} conserve E_{mec} 0,25

départ $E_c^i = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2$ 0,25 $E_p^i = -\frac{GMm}{R_T}$ 0,25

arrivée $E_c^f = 0$ 0,25 $E_p^f = -\frac{GMm}{(R_T + h_{\text{max}})}$ 0,25

$$\frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 - \frac{GMm}{R_T} = -\frac{GMm}{R_T + h_{\text{max}}}$$

$$\frac{1}{R_T + h_{\text{max}}} = \frac{1}{R_T} - \frac{V_{\text{max}}^2}{2GM_T} = \frac{2GM_T - R_T V_{\text{max}}^2}{R_T \cdot 2GM_T} \quad R_T + h_{\text{max}} = \frac{R_T \cdot 2GM_T}{2GM_T - V_{\text{max}}^2 R_T}$$

$$h_{\text{max}} = -R_T * - \frac{2GM_T}{V_{\text{max}}^2 - \frac{2GM_T}{R_T}} \quad 0,25$$

$$Rq : \sum \vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow m \ddot{z} \vec{e}_3 = -\frac{GMm}{(R_T + z)^2} \vec{e}_3$$

$\Rightarrow$ équation juste mais pas soluble
 $\ddot{z} + \frac{GM}{(R_T + z)^2} = 0$ approx $z \ll R_T \Rightarrow \ddot{z} = -\frac{GM}{R_T^2} = \dots = g$
 "ballistique normale"

2h - Solution alternative, rate une partie du pb

0,2 $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

$$= - \frac{G M \cancel{M}}{(R_T + z)^2} \vec{e}_z = \cancel{M} \ddot{z} \vec{e}_z \quad 0,2$$

$$\ddot{z} = - \frac{G M}{(R_T + z)^2} \quad 0,2 \quad \leftarrow \text{équation différentielle impossible à résoudre...}$$

Seule solution négliger $z \Rightarrow \ddot{z} = - \frac{G M}{R_T^2} = \text{cte} \quad 0,2$

$$\dot{z} = - \frac{G M}{R_T^2} t + v_0 \quad 0,1 ; \quad z = - \frac{1}{2} \frac{G M}{R_T^2} t^2 + v_0 t + 0 \quad 0,1$$

$h_{\max}$ pour $\dot{z} = 0 \Rightarrow t_f = \frac{v_0 R_T^2}{G M} \Rightarrow z = - \frac{1}{2} \frac{G M}{R_T^2} \cdot \frac{v_0^2 R_T^4}{G^2 M^2} + v_0 \frac{v_0 R_T^2}{G M}$

$$h_{\max} = \frac{1}{2} v_0^2 \frac{R_T^2}{G M} \quad Rq \quad \frac{G M}{R_T^2} = g \quad \dots \text{ballistique}$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \quad 0,1$$

$\Rightarrow$ total 1,2 / 1,5 si tout ok

Ⓐ $\Rightarrow m\vec{a} = m\vec{g} = -m g \vec{e}_z \Rightarrow \ddot{z} = -g \quad 0,2 \quad (\text{au lieu de } 0,4)$

$\Rightarrow$ donne un total de 1,0 / 1,5 dans ce cas même chose si même résultat avec l'énergie

2i

$$W_{\vec{F}_F} = \frac{1}{2} m (V_1^2 - V_{\max}^2) + \frac{GM_T m h_1}{R_T (R_T + h_1)} \quad 0,3 \text{ (résultat)}$$

$$\underbrace{W_{\vec{F}_F} = E_{m,f} - E_{m,i}}_{0,3} = \frac{1}{2} m \underbrace{V_1^2}_{0,1} - \frac{GM_T m}{R_T + h_1} - \frac{1}{2} m V_{\max}^2 + \frac{GM_T m}{R_T} \quad 0,1$$

$$W_{\vec{F}_F} = \frac{1}{2} m [V_1^2 - V_{\max}^2] - GM_T m \left[\frac{1}{R_T + h_1} - \frac{1}{R_T} \right]$$

$$= \frac{1}{2} m (V_1^2 - V_{\max}^2) - GM_T m \left[\frac{R_T \cdot R_T - h_1}{R_T (R_T + h_1)} \right]$$

2j

$$E_{\text{moteurs}} = - \frac{1}{2} \frac{GM_T m}{R_T + h_2} - \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{GM_T m}{R_T + h_1}$$

Orbite circulaire avec h_2

$$\frac{GM_T m}{(R_T + h_2)^2} = m \frac{V_2^2}{(R_T + h_2)}$$

$$\underbrace{V_2^2}_{0,3} = \frac{GM_T}{R_T + h_2}$$

$$E_{\text{moteurs}} = \underbrace{E_{m,f}}_{0,3} - E_{m,i} = \frac{1}{2} m \underbrace{V_2^2}_{0,1} - \frac{GM_T m}{(R_T + h_2)} - \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{GM_T m}{(R_T + h_1)} \quad 0,1$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot \frac{GM_T}{R_T + h_2} - \frac{GM_T m}{(R_T + h_2)} - \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{GM_T m}{R_T + h_1}$$

$$= - \frac{1}{2} \frac{GM_T m}{R_T + h_2} - \frac{1}{2} m V_1^2 + \frac{GM_T m}{R_T + h_1}$$

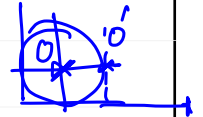
2k

$$D = \frac{\cot \beta + \sqrt{\Delta'}}{g/v_0^2 \sin^2 \beta} + \frac{L}{2} \quad \Delta' = \cot^2 \beta - \frac{gL}{v_0^2 \sin \beta}$$

Ballistique (vitesse faible $\Rightarrow$ reste à $g = \text{cte}$)

0,2

$$\vec{a} \begin{vmatrix} 0 \\ -g \end{vmatrix} \quad \vec{v} \begin{vmatrix} v_0 \sin \beta \\ -gt + v_0 \cos \beta \end{vmatrix} \quad \vec{r} \begin{vmatrix} v_0 \sin \beta t \\ -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \cos \beta t \end{vmatrix} \quad (peut de 0'') \quad 0,2$$



da fusée retombe en $(x'; -\frac{L}{2})$ 0,2

2

$$t_f = \frac{x'}{v_0 \sin \beta} \quad ; \quad 0,2$$

$$-\frac{1}{2}gt_f^2 + v_0 \cos \beta t_f = -\frac{L}{2}$$

$$\frac{1}{2}g \left[\frac{x'}{v_0 \sin \beta} \right]^2 - v_0 \cos \beta \cdot \frac{x'}{v_0 \sin \beta} - \frac{L}{2} = 0 \quad \left. \vphantom{\frac{1}{2}g} \right\} 0,4$$

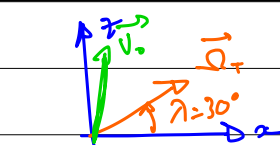
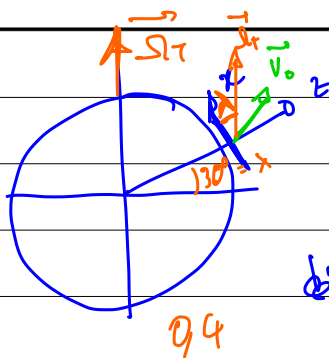
$$\frac{g}{v_0^2 \sin^2 \beta} x'^2 - 2 \cot \beta x' - L = 0$$

$$x' = \frac{\cot \beta \pm \sqrt{\cot^2 \beta + \frac{gL}{v_0^2 \sin^2 \beta}}}{g/v_0^2 \sin^2 \beta} \quad 0,2$$

seule sol $\oplus$ 0,2

$$D = x' + \frac{L}{2}$$

2l Schéma



$$\vec{F}_c = -2m \vec{S}_r \wedge \vec{v}_0 \quad 0,3$$

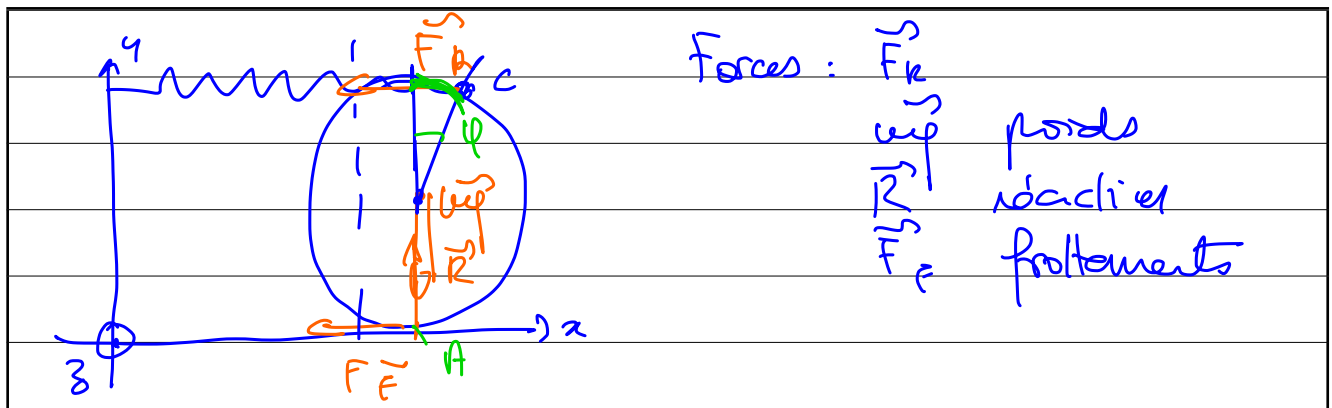
$\vec{S}_r \wedge \vec{v}_0 \odot (\parallel -\vec{e}_y)$ $\vec{F}_c$ selon $\vec{e}_y$
déviation selon $\vec{e}_y$ positif 0,3

13 pt

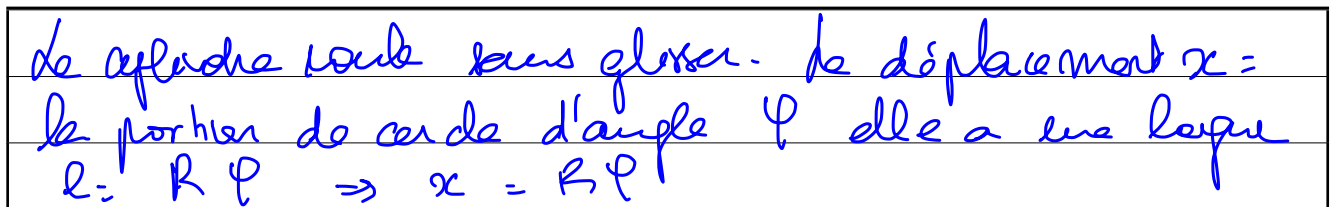
[illegible]

Ressort et cylindre 12 pt

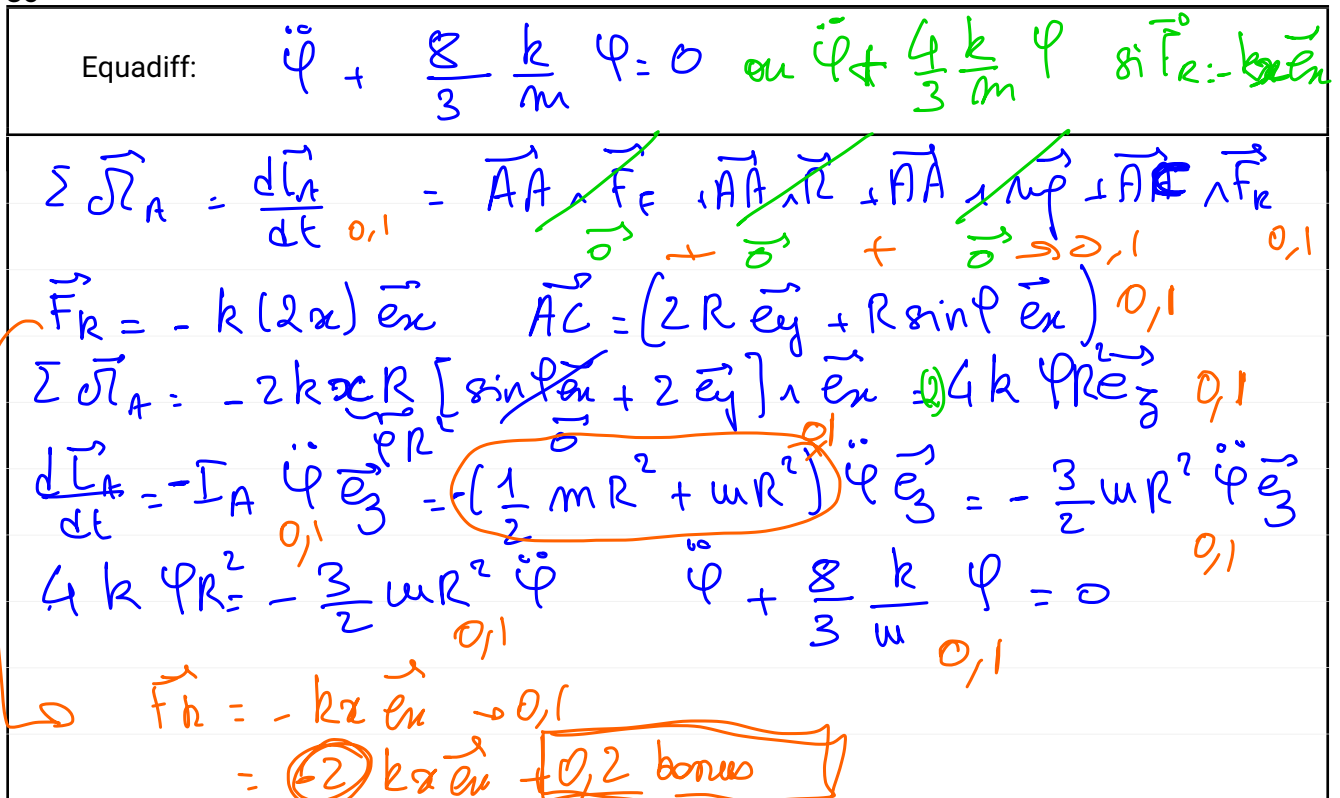
3a Forces



3b Démonstration

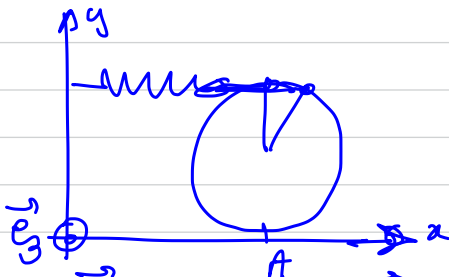


3c



Avec l'énergie d'allongement (x au lieu de $2x$)

Allongement = x



$$\begin{aligned} d\vec{L}_A &= \vec{AC} \wedge \vec{F}_R = (2R) \vec{e}_y \wedge (-kx \vec{e}_x) \\ &= -2RkR\varphi (\vec{e}_y \wedge \vec{e}_x) = 2R^2 k \varphi \vec{e}_z \end{aligned}$$

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = -I_A \ddot{\varphi} \vec{e}_z = 2R^2 k \varphi \vec{e}_z$$

$$2R^2 k \varphi + \left(\frac{3}{2} m R^2\right) \ddot{\varphi} = 0$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{4k}{3m} \varphi = 0$$

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_a = \vec{F}_F + \vec{F}_R = m \ddot{x} \vec{e}_x = m R \ddot{\varphi} \vec{e}_x$$

$$\vec{F}_F = m R \ddot{\varphi} \vec{e}_x - \vec{F}_R = (m R \ddot{\varphi} + k R \varphi) \vec{e}_x$$

$$= \left(m R \left[\frac{4k}{3m} \varphi \right] + k R \varphi \right) \vec{e}_x = \frac{k}{m} R \varphi \left[1 - \frac{4}{3} \right] = -\frac{1}{3} \frac{k R \varphi}{m}$$

$$E_m = E_c + E_r + E_k$$

$$= \frac{1}{2} m \dot{\vartheta}^2 + \frac{1}{2} I_G \omega^2 + \frac{1}{2} k x^2$$

$$= \frac{1}{2} m R^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} m R^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} k (R^2 \varphi^2)$$

$$= \frac{3}{4} m R^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} k R^2 \varphi^2 = \frac{3}{4} m R^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} k R^2 \varphi^2$$

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 = \frac{3}{2} m R^2 \cancel{\dot{\varphi}} \ddot{\varphi} + \frac{1}{2} k R^2 \cancel{\varphi} \dot{\varphi}$$

$$\frac{3m}{2} \ddot{\varphi} + k \varphi = 0$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{2k}{3m} \varphi = 0$$

↳ On ne retrouve pas la ω attendue

(Devrait normalement faire "hlt")

⇒ si il y en a qui voit ça ⇒ bon !

3d

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{8k}{3m}}$$

OK si le Ω_0 correspond à l'équation de question (c)
JPAS OK si l'équation a $\ddot{\varphi} + \dots \varphi = 0$

3e

$$\vec{F}_F = -\frac{2}{3}kR\varphi \vec{e}_x \quad \text{ou} \quad -\frac{1}{3}kR\varphi \vec{e}_x \quad \text{si } \vec{F}_k = -kx\vec{e}_x$$

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_G = m\ddot{x}\vec{e}_x = \underbrace{\vec{R} + \vec{W}}_{\vec{0}} + \vec{F}_F + \vec{F}_k \quad \leftarrow 0,2$$

$$\vec{F}_F = m\ddot{x}\vec{e}_x - \vec{F}_k = [m\ddot{x} + k(2x)]\vec{e}_x \quad 0,2$$

$$\vec{F}_F = [mR\ddot{\varphi} + 2kR\varphi]\vec{e}_x \quad \ddot{\varphi} = -\frac{8}{3}\frac{k}{m}\varphi \quad 0,2$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_F &= \left[-\cancel{mR} \frac{8k}{3m} \varphi + 2kR\varphi \right] \vec{e}_x = kR\varphi \left[2 - \frac{8}{3} \right] \vec{e}_x \\ &= kR\varphi \left[\frac{6-8}{3} \right] \vec{e}_x = -\frac{2}{3}kR\varphi \vec{e}_x \end{aligned}$$

3f

$$\varphi_{\max} = \frac{3\mu_s mg}{2kR} \quad 0,2 \quad \left[\frac{3\mu_s mg}{kR} \right]$$

On doit avoir $F_f \leq \mu_s R$ & limite $F_f = \mu_s mg$

$$\frac{2}{3} kR \varphi_{\max} = \mu_s mg \quad \varphi_{\max} = \frac{3\mu_s mg}{2kR}$$

3g

$$E_m = \frac{3}{4} mR^2 \dot{\varphi}^2 + 2kR^2 \varphi^2 \quad \frac{3}{4} mR^2 \dot{\varphi}^2 \quad \frac{1}{2} kR^2 \varphi^2$$

$$\begin{aligned} E_m &= E_{\text{rot}} + E_{\text{trans}} + E_k = \frac{1}{2} I_A \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m v_G^2 + \frac{1}{2} k (2x)^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} mR^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m (R^2 \dot{\varphi}^2) + \frac{1}{2} k \times 4 (R^2 \varphi^2) \\ &= \left[\frac{1}{4} + \frac{2}{4} \right] mR^2 \dot{\varphi}^2 + 2kR^2 \varphi^2 \\ &= \frac{3}{4} mR^2 \dot{\varphi}^2 + 2kR^2 \varphi^2 \end{aligned}$$

Alternative : $E_m = E_{\text{rot}, A} + \text{0} + E_k$

$$= \frac{1}{2} I_A \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} k (2x)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} mR^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} 4kR^2 \varphi^2$$

$$E_m = \frac{3}{4} mR^2 \dot{\varphi}^2 + 2kR^2 \varphi^2$$

lokation center de A, fixe de slide

03 explicitation

3h

Equation différentielle : $\ddot{\varphi} + \frac{8}{3} \frac{k}{m} \varphi = 0$ [$\ddot{\varphi} + \frac{2k}{3} \frac{k}{m} \varphi = 0$]

$\frac{dE_m}{dt} = 0 = \frac{3}{4} m R^2 \cancel{2\dot{\varphi}} \ddot{\varphi} + 2kR^2 \cancel{2\varphi} \dot{\varphi} = 0$ 0,4 0,3

$\frac{3}{4} m \ddot{\varphi} + 2k \varphi = 0$ $\ddot{\varphi} + \frac{8}{3} \frac{k}{m} \varphi = 0$ calcul 0,1 0,2 :]

3i

Equation différentielle : $\ddot{\varphi} + \frac{2b}{3m} \dot{\varphi} + \frac{8k}{3m} \varphi = 0$

On a en plus une force $\vec{F}_{visc} = -b \vec{\sigma}_0$ appliqué en G, e.d m 0,2

$\sum \vec{\sigma}_A = \frac{d\vec{L}_A}{dt}$ devient $\vec{AC} \wedge \vec{F}_p + \vec{AG} \wedge \vec{F}_{visc} = \frac{d\vec{L}_A}{dt}$ 0,2

$4k\varphi R^2 \vec{e}_3 + [R\vec{e}_y] \wedge [-bR\dot{\varphi} \vec{e}_x] = -\frac{3}{2} m R^2 \ddot{\varphi} \vec{e}_3$ 0,2
 $4k\varphi R^2 \vec{e}_3 - bR^2 \dot{\varphi} (-\vec{e}_3) + \frac{3}{2} m R^2 \ddot{\varphi} \vec{e}_3 = 0$ 0,2

$\frac{3}{2} m \ddot{\varphi} + b \dot{\varphi} + 4k \varphi = 0$ $\ddot{\varphi} + \frac{2b}{3m} \dot{\varphi} + \frac{8}{3} \frac{k}{m} \varphi = 0$

0,2

3i) On peut essayer avec Newton ... pas facile ...

$$\sum \vec{F} = \underbrace{m\vec{g} + \vec{N}}_{\vec{0}} + \underbrace{\vec{F}_k}_{-k(2x)\vec{e}_x} + \underbrace{\vec{F}_{\text{sec}}}_{-b\dot{x}\vec{e}_x} + \vec{F}_{\text{fluides}} = m\ddot{x}\vec{e}_x$$

0,2 0,2

frottements secs $\Rightarrow$ on ne peut en fait pas prendre
le résultat du 3e) car la valeur de $|\vec{F}_f|$ dépend
de l'accélération des glisseurs ...

3j

$$b = \sqrt{24 \text{ km}} \quad 0,2$$

$$\omega^2 = \frac{8k}{3m} \quad 0,2 \quad 2\gamma = \frac{2b}{3m} \quad 0,2 \quad \gamma = \frac{b}{3m}$$

$\omega = \gamma$ cas limite (amortissement critique)

$$\frac{b}{3m} = \sqrt{\frac{8k}{3m}} \quad 0,2 \quad b = \sqrt{8k \cdot 3m} = \sqrt{24 \text{ km}}$$

3k

Equation différentielle : $\ddot{\varphi} + \frac{2b}{3m} \dot{\varphi} + \frac{8k}{3m} \varphi = \frac{4F_e}{3mR} \cos \omega_e t \quad 0,2$

On a en plus un moment de forces en C, pour d'attache qui vaut $\vec{AC} \wedge \vec{F}_e = 2R\vec{e}_y \wedge F_e \cos(\omega_e t) \vec{e}_x$
 $= 2RF_e \cos(\omega_e t) (-\vec{e}_z) \quad 0,2$

$$4k\varphi R^2 \vec{e}_3 + bR^2 \dot{\varphi} \vec{e}_3 - 2RF_e \cos \omega_e t \vec{e}_3 = -\frac{3}{2}mR^2 \ddot{\varphi} \vec{e}_3$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{2b}{3m} \dot{\varphi} + \frac{8k}{3m} \varphi = \frac{4F_e}{3mR} \cos \omega_e t \quad 0,2$$

Réponse $\varphi \quad 0,2$

$$2\gamma = \frac{2b}{3m} \quad \gamma = \frac{b}{3m} \quad \omega^2 = \frac{8k}{3m}$$

$$\ddot{\varphi} + 2\gamma \dot{\varphi} + \omega^2 \varphi = \frac{4F_e}{3mR} \cos \omega_e t$$

3l

$$\varphi(t) = A(\omega_e) \cos(\omega_e t + \chi(\omega_e)) \quad \chi \text{ déphasage}$$

$$A(\omega_e) =$$

solution permanente $A(\omega_e) \cos(\omega_e t + \chi)$ χ déphasage

$$A(\omega_e) = \frac{4F_e / k \quad \leftarrow 0,2 \quad 0,5}{\sqrt{(\omega_e^2 - \omega_0^2)^2 + 4\gamma^2 \omega_e^2} \quad \leftarrow 0,3}$$

3m Place de secours exercice 3

[illegible]

4a Page 1

[illegible]

[illegible]