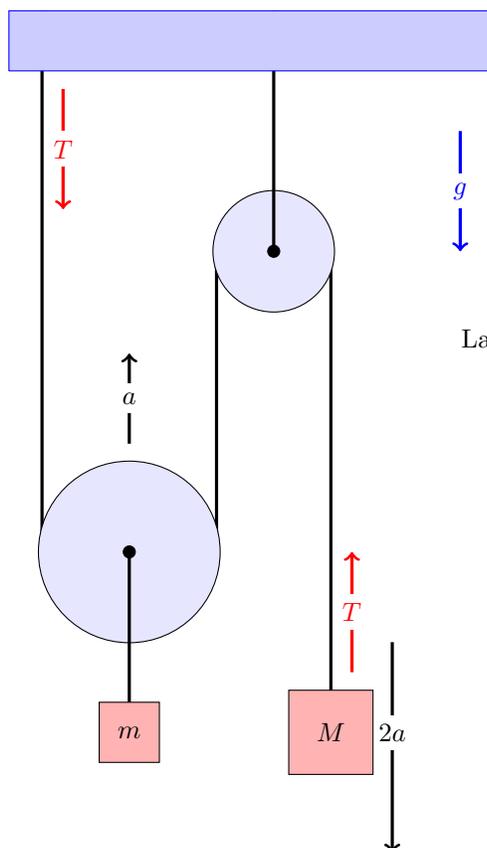


<b>KINE11-EDPH11</b>	
<b>Janvier 2025</b>	<i>Introduction à la mécanique</i>
<b>LFSM1105 -Bleu-</b>	<i>Vous pouvez conserver cet énoncé !</i>

## 1 Un bloc qui descend et une poulie qui monte...



Une corde est attachée au plafond à gauche.  
 Cette corde s'enroule sur une première poulie à gauche.  
 Puis la corde s'enroule sur une seconde poulie à droite.  
 A l'extrémité de la corde, une masse  $M = 8 \text{ kg}$  est attachée.  
 Un second bloc de masse  $m = 4 \text{ kg}$  est attaché à la première poulie.

A l'instant  $t = 0$ , le système est libéré du repos.  
 Le bloc  $M$  descend avec une accélération constante  $2a$ .  
 Les deux poulies se mettent à tourner.  
 La poulie et le bloc de gauche montent avec une accélération constante  $a$ .  
 Par contre, la poulie de droite reste à la même hauteur.  
 Les deux accélérations ne sont pas indépendantes entre elles,  
 car il existe une condition géométrique sur le mouvement.

En  $t = t_*$ , le bloc  $M$  est descendu d'une hauteur  $d = 0.25 \text{ m}$ .

Les masses et les inerties des deux poulies sont négligeables.  
 La masse de la corde est évidemment négligeable.  
 La norme  $T$  de la tension dans la longue corde est donc constante.  
 Dans les calculs, on utilisera  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- Dessiner l'ensemble des forces qui s'appliquent sur la poulie de gauche.  
 Y indiquer clairement le nom et la notation habituelle pour chacune des forces.
- Ecrire les équations du mouvement pour la poulie de gauche et la masse de droite.  
 En déduire l'accélération  $a$  et la tension  $T$  dans la corde.
- Que vaut l'instant  $t_*$  ?
- Que devrait valoir  $m$  pour que le système reste immobile ?
- Tracer l'évolution temporelle de l'énergie cinétique et potentielle du système pour  $t \in [0, t_*]$ .  
 On supposera que l'énergie potentielle est nulle en  $t_*$ .
- Pourquoi la norme de l'accélération de la masse  $m$  est la moitié de celle de la masse  $M$  ?  
 Expliquer la condition cinématique ou géométrique qui permet de déduire cela !

*Répondez à chaque sous-question et uniquement à ce qui est demandé.*

*Soyez précis dans les graphes.*

*Chaque sous-question peut être résolue de manière symbolique, si les résultats précédents font défaut !*

*Détaillez vos calculs afin de clairement montrer votre démarche.*

*Pensez à encadrer les résultats principaux pour les mettre en évidence.*

## 2 Questions à choix multiples

Attention !

Il y a toujours une et une seule bonne réponse !

Ne pas répondre ou cocher une réponse erronée ne fait rien perdre.

Par contre, il faut répondre correctement à six questions pour réussir cette partie.

Les données des questions sans valeurs numériques sont supposées être dans des unités cohérentes :-)

Remplir la feuille pour lecture optique avec un crayon noir bien taillé !

Gommer pour les corrections !

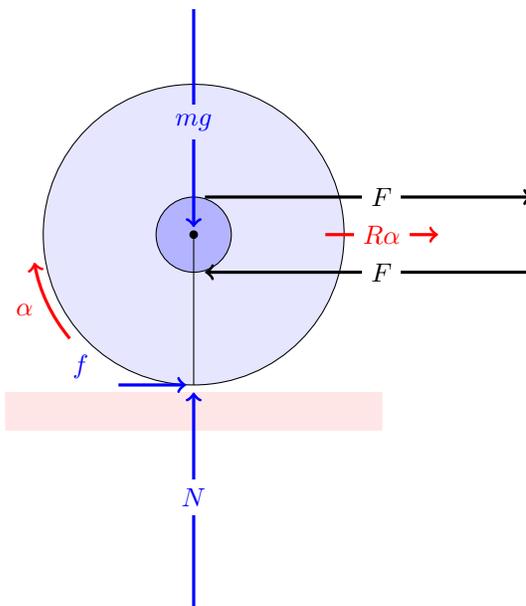
N'utiliser en aucun cas un correcteur liquide (TypeX) pour corriger !

Q1	Que se passe-t-il lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu transparent à un autre avec un indice de réfraction différent (par exemple de l'air à l'eau) ?	
	A Le rayon lumineux change de direction selon une règle appelée loi de Snell-Descartes.	A <input type="checkbox"/>
	B Le rayon lumineux est toujours entièrement réfléchi et ne pénètre pas dans le second milieu (réflexion totale).	B <input type="checkbox"/>
	C Le rayon lumineux change de couleur, passant du rouge au bleu.	C <input type="checkbox"/>
	D Le rayon lumineux continue tout droit, quelle que soit la nature des milieux traversés.	D <input type="checkbox"/>
	E Le rayon lumineux se divise en plusieurs couleurs, formant un arc-en-ciel (phénomène de dispersion).	E <input type="checkbox"/>

Q2	La valeur de la puissance d'une usine hydro-électrique exprimée en $N\ m/s$ est estimée par l'expression :	
	$P = \rho Q^a g^b h^b$	
	où $\rho$ est la masse volumique de l'eau exprimée en $kg/m^3$ , $Q$ est un débit exprimé $m^3/s$ , $g$ est l'accélération de la gravité exprimée $m/s^2$ et $h$ est une hauteur exprimée en mètres.	
	Calculer les valeurs des exposants $a$ et $b$ .	
	A $a = 3/2$ et $b = 1/4$	A <input type="checkbox"/>
	B $a = 1/2$ et $b = 5/4$	B <input type="checkbox"/>
C $a = 2$ et $b = 1$	C <input type="checkbox"/>	
D $a = 1$ et $b = 1$	D <input type="checkbox"/>	
E $a = 1$ et $b = 2$	E <input type="checkbox"/>	

Q3	Pourquoi un peigne chargé par frottement sur des cheveux secs peut-il attirer de petits morceaux de papier ?	
	A Le peigne génère un champ magnétique.	A <input type="checkbox"/>
	B Le peigne est devenu un conducteur d'électricité	B <input type="checkbox"/>
	C Le papier est polarisé par le champ électrique du peigne.	C <input type="checkbox"/>
	D Le papier contient des charges négatives en excès.	D <input type="checkbox"/>
	E Le peigne émet des ondes électromagnétiques.	E <input type="checkbox"/>

Considérons une roue de vélo de rayon  $R$  entraînée par le mouvement de la chaîne avec un pignon de rayon  $r$ . Par convention, une valeur positive des accélérations et forces représentées correspond à la donnée telle qu'elle est représentée sur le dessin.



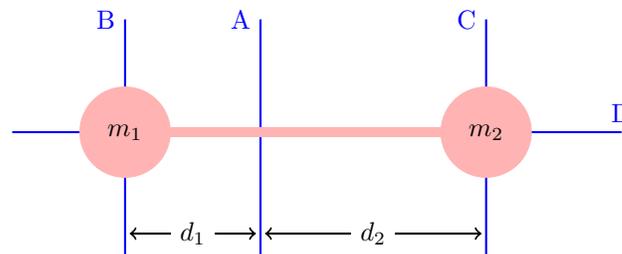
Q4

Avec la convention choisie, l'équilibre de rotation s'écrit :

- A  $I\alpha = 2rF + Rf$
- B  $I\alpha = 2rF - Rf$
- C  $I\alpha = rF - Rf$
- D  $I\alpha = rF + 2Rf$
- E  $I\alpha = 2RF - rf$

- A
- B
- C
- D
- E

Considérons un haltère composé de deux sphères de même rayon  $r = 0.01$  m et des masses  $m_1 = 3$  kg et  $m_2 = 5$  kg et d'une barre de masse négligeable. On calcule les moments d'inertie  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  et  $I_D$  par rapport aux quatre axes indiqués sur la figure. Les distances sont  $d_1 = 0.1$  m et  $d_2 = 0.2$  m



Q5

Quelle est l'unique affirmation exacte?

- A  $I_D < I_C < I_B < I_A$
- B  $I_C < I_B < I_D < I_A$
- C  $I_B < I_D < I_A < I_C$
- D  $I_D < I_A < I_C < I_B$
- E  $I_B = I_C$

- A
- B
- C
- D
- E

Un bateau se déplace à une vitesse constante  $v = 8 \text{ m/s}$ . Un marin situé sur le bateau lance une balle vers le haut perpendiculairement au mouvement du bateau. Après deux secondes, la balle retombe sur le bateau. La force de trainée est supposée totalement négligeable !

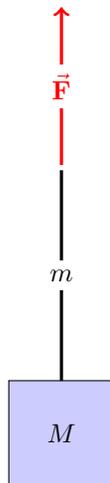
Q6

- A** Le point de chute se trouve à 8 m du marin vers l'avant du bateau .  
**B** Le point de chute se trouve à 16 m du marin vers l'avant du bateau.  
**C** Le point de chute se trouve à 8 m du marin vers l'arrière du bateau.  
**D** Le point de chute se trouve à 16 m du marin vers l'arrière du bateau.  
**E** La balle tombe sur la tête du marin :-)

- A**   
**B**   
**C**   
**D**   
**E**

Une corde a une masse  $m$  et est reliée à un bloc de masse  $M$ . On tire vers le haut sur la corde afin que le bloc se soulève avec une accélération  $a$ . La norme de l'accélération de la gravité est  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Attention, on ne néglige pas la masse de la corde !

Q7



La tension au milieu de la corde est :

- A**  $T = (m + M/2) (g + a)$   
**B**  $T = \frac{(m/2 + M)}{M} mg + \frac{(m + M/2)}{M} ma$   
**C**  $T = (m/2 + M) (g + a)$   
**D**  $T = mg + Ma$   
**E**  $T = M (g + a)$

- A**   
**B**   
**C**   
**D**   
**E**

Q8	<p>Comment fonctionne un défibrillateur ?</p> <p><b>A</b> Il délivre un courant continu constant au coeur pour le stimuler.</p> <p><b>B</b> Il stocke de l'énergie électrique dans un condensateur, puis la libère en un court instant sous forme de choc électrique.</p> <p><b>C</b> Il utilise une bobine électromagnétique pour attirer les cellules cardiaques.</p> <p><b>D</b> Il génère une série d'impulsions électriques de faible intensité pour ralentir le rythme cardiaque.</p> <p><b>E</b> Il produit une décharge mécanique qui compresse le coeur pour rétablir le rythme cardiaque.</p>	<p><b>A</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>B</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>C</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>D</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>E</b> <input type="checkbox"/></p>
Q9	<p>Quelle technique utilise un champ magnétique puissant et permet d'imager les tissus du cerveau ?</p> <p><b>A</b> La stimulation magnétique transcrânienne (TMS).</p> <p><b>B</b> L'électroencéphalographie (EEG).</p> <p><b>C</b> La mesure de la profondeur de pénétration des ondes (PTB).</p> <p><b>D</b> La magnétoencéphalographie (MEG).</p> <p><b>E</b> L'imagerie par résonance magnétique (IRM)</p>	<p><b>A</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>B</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>C</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>D</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>E</b> <input type="checkbox"/></p>
Q10	<p>Quelles sont les unités de la constante de raideur <math>k</math> d'un ressort ?</p> <p><b>A</b> <math>kg/s^2</math></p> <p><b>B</b> <math>Nm</math></p> <p><b>C</b> <math>W</math></p> <p><b>D</b> <math>N/s</math></p> <p><b>E</b> Aucune de quatre réponses précédentes.</p>	<p><b>A</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>B</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>C</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>D</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>E</b> <input type="checkbox"/></p>

*N'oubliez pas de reporter vos réponses sur la feuille pour lecture optique.*

# Formulaire

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}(m \vec{v}) &= \sum \vec{F}_i \\ \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m v^2 + \frac{1}{2}I \omega^2\right) &= \sum \vec{F}_i \cdot \vec{v}_i \\ \frac{d}{dt}(I \omega) &= \sum M_i\end{aligned}$$

Lorsque les forces sont **constantes**,

$$\begin{aligned}\Delta(m \vec{v}) &= \sum \vec{F} \Delta t \\ \Delta\left(\frac{1}{2}m v^2\right) &= \sum \vec{F} \cdot \Delta \vec{x}\end{aligned}$$

## Mouvement d'un projectile

$$\begin{aligned}\vec{x}(t) &= \begin{bmatrix} u_0 t + x_0 \\ -gt^2/2 + v_0 t + y_0 \end{bmatrix} \\ \vec{v}(t) &= \begin{bmatrix} u_0 \\ -gt + v_0 \end{bmatrix} \\ \vec{a}(t) &= \begin{bmatrix} 0 \\ -g \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Mouvement horizontal = MRU (vitesse constante)  
Mouvement vertical = MRUA (accélération constante)

## Mouvement circulaire uniformément accéléré : $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$

$$\begin{aligned}\vec{v}(t) &= \begin{bmatrix} v_r \\ v_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ r\omega \end{bmatrix} \\ \vec{a}(t) &= \begin{bmatrix} a_r \\ a_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r\omega^2 \\ r\alpha \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Vitesse :  $v = r\omega$

Accélération :  $a = \sqrt{(r\omega^2)^2 + (r\alpha)^2}$

Vitesse angulaire  $\omega$  et accélération angulaire  $\alpha$

### Bilan d'énergie

$$\begin{aligned}\Delta \overbrace{\left(\frac{1}{2} m v^2\right)}^K &= \sum \overbrace{\vec{\mathbf{F}} \cdot \Delta \vec{\mathbf{x}}}^W \\ &= \underbrace{\sum \vec{\mathbf{F}}_{nc} \cdot \Delta \vec{\mathbf{x}}}_{W_{nc}} - \Delta \left( \underbrace{mg h}_{U_g} + \underbrace{\frac{1}{2} k x^2}_{U_r} \right)\end{aligned}$$

### Moment d'une force dans le plan

$$\underbrace{\vec{\mathbf{r}} \times \vec{\mathbf{F}}}_{\vec{\mathbf{M}}} = \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ r_x F_y - r_y F_x \end{bmatrix}$$

$$M = r_x F_y - r_y F_x = F r_{\perp} = F_{\perp} r = F r \sin(\theta)$$

### Ensemble de particules : un corps !

$$m = \sum m_i$$

$$m \vec{\mathbf{x}}(t) = \sum (m_i \vec{\mathbf{x}}_i(t))$$

$$m \vec{\mathbf{v}}(t) = \sum (m_i \vec{\mathbf{v}}_i(t))$$

### Moment d'inertie

$$I = \sum m_i r_i^2$$

### Rayon de giration

$$m k^2 = \sum m_i r_i^2$$

### Théorème des axes parallèles

$$I_h = m h^2 + I$$

### Moments d'inertie de corps rigides homogènes

Cylindre creux tournant autour de l'axe de révolution  $I = m R^2$

Cylindre plein tournant autour de l'axe de révolution  $I = m \frac{R^2}{2}$

Barre tournant autour d'un axe perpendiculaire central  $I = m \frac{L^2}{12}$