

(écrire lisiblement s.v.p.)

Nom :

Prénom :

Question	Barème	Points
1	4	
2	$6\frac{1}{2}$	
3	4	
4	$5\frac{1}{2}$	
Total	20	

Note :

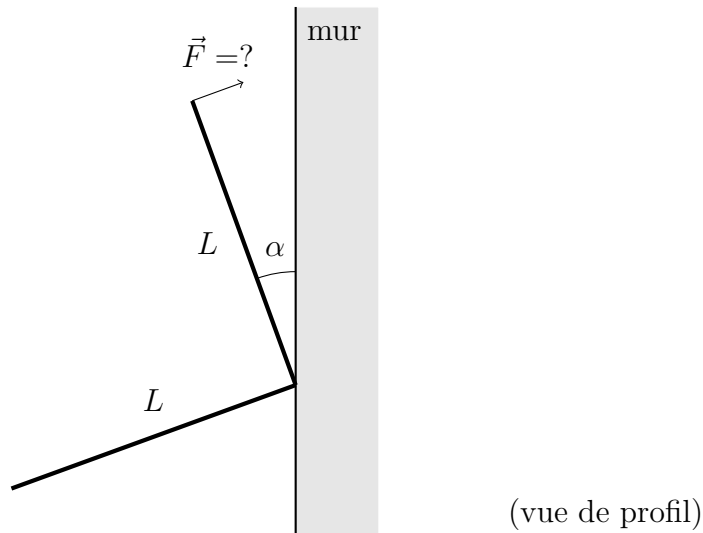
Indications

- Durée de l'examen : **105 minutes**.
- Posez votre **carte d'étudiant** sur la table.
- La réponse à chaque question doit être rédigée **à l'encre** sur la place réservée à cet effet à la suite de la question.
Si la place prévue ne suffit pas, vous pouvez demander des feuilles supplémentaires aux surveillants ; chaque feuille supplémentaire doit porter **nom, prénom, n° du contrôle, branche, groupe, ID et date**. Elle ne peut être utilisée que pour **une seule question**.
- Les feuilles de brouillon ne sont pas à rendre : elles **ne seront pas** corrigées ; des feuilles de brouillon supplémentaires peuvent être demandées en cas de besoin auprès des surveillants.
- Les feuilles d'examen doivent être rendues **agrafées**.

Question 1 (à 4 points)

Points obtenus: (laisser vide)

On considère une équerre formée de deux tiges homogènes identiques de masse m et de longueur L et maintenue en équilibre contre un mur vertical. En exerçant une force perpendiculaire à la tige sur l'extrémité supérieure de l'équerre, on observe un équilibre pour un angle α avec la verticale :



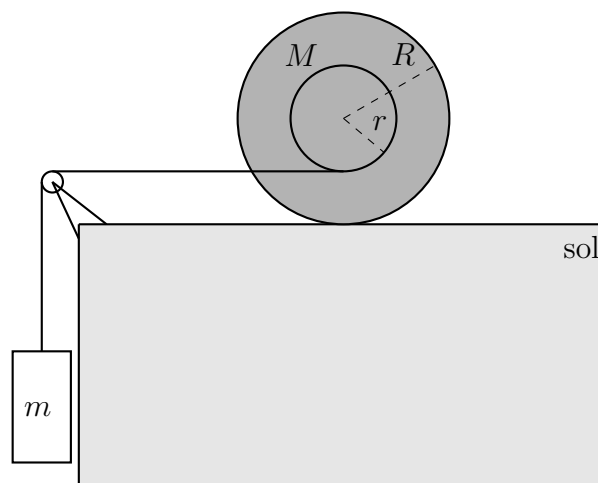
Déterminer l'expression de l'intensité de la force \vec{F} , ainsi que le soutien et le frottement exercés par le mur.

Réponses : $F = \frac{mg}{2}(\sin \alpha + \cos \alpha)$, $S = \frac{mg}{2}(\sin \alpha + \cos \alpha) \cos \alpha$ et $f = mg \left(2 - \frac{(\sin \alpha + \cos \alpha) \sin \alpha}{2} \right)$.

Question 2 (à 6½ points)

Points obtenus: (laisser vide)

Un cylindre de rayon R et de masse M , plein et homogène, peut rouler sans glisser sur le sol. Ce cylindre est relié à un contrepoids de masse m par l'intermédiaire d'un fil. Ce fil est enroulé sur un anneau de rayon $r = R/2$ fixé sur le cylindre et il passe sur une poulie avant de rejoindre le contrepoids. L'anneau, le fil et la poulie sont de masse négligeable.



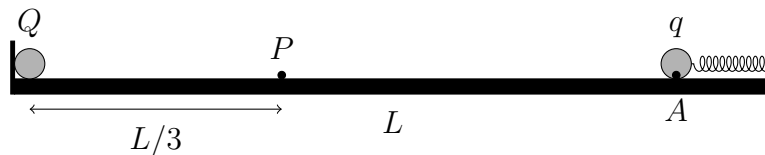
Déterminer les accélérations du cylindre et du contrepoids.

Réponses : $a_M = \frac{2mg}{m+6M}$ et $a_m = \frac{mg}{m+6M}$.

Question 3 (à 4 points)

Points obtenus: (laisser vide)

Une petite boule chargée (masse m , charge $Q < 0$) est fixée sur le bord gauche d'une table horizontale de longueur L . Sur le bord droit de la table, on attache un ressort de constante k et de longueur au repos $l_0 = L/4$. On comprime ce ressort jusqu'à un point A et on met une seconde petite boule chargée (masse M , charge $q < 0$) en contact avec son extrémité libre (figure). Cette seconde boule est alors lâchée et on observe que sa vitesse est nulle lorsqu'elle arrive au point P , à une distance $L/3$ de la première boule.



Tous les frottements sont supposés négligeables.

- (a) Déterminer complètement (direction, sens et norme) l'accélération de la boule en P .

Réponse : Selon un repère \vec{e}_x horizontal vers la droite, $\vec{a} = a_x \vec{e}_x$ avec $a_x = \frac{9qQ}{4\pi\epsilon_0 L^2 M}$.

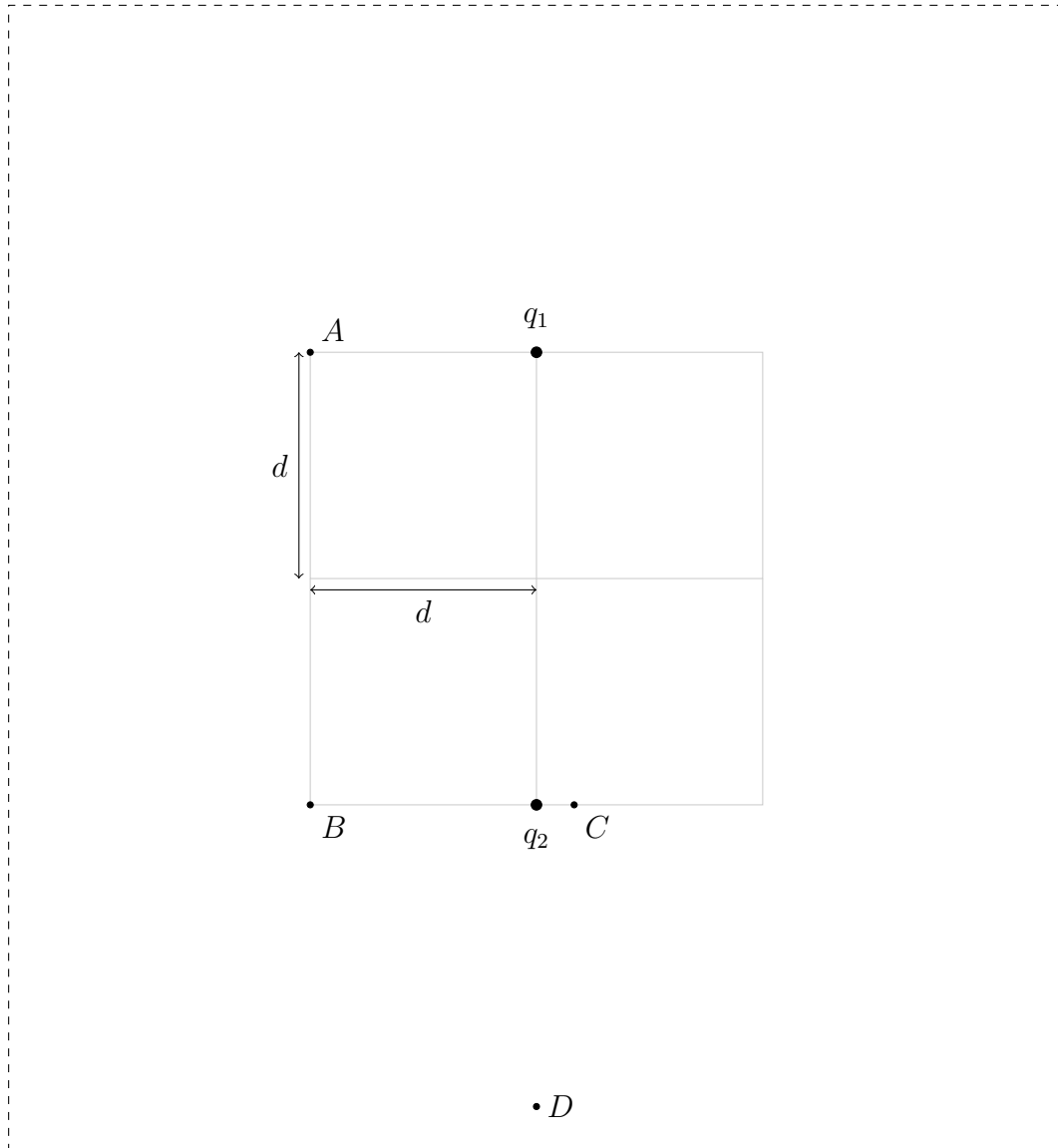
- (b) Déterminer, sans la résoudre, l'équation donnant la déformation du ressort au moment de l'envoi de la boule.

Réponse : $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{L-L/4+x} - \frac{1}{L/3} \right) + \frac{1}{2} kx^2 = 0$, où x représente la déformation ($x > 0$) du ressort à l'instant de l'envoi.

Question 4 (à 5½ points)

Points obtenus: (laisser vide)

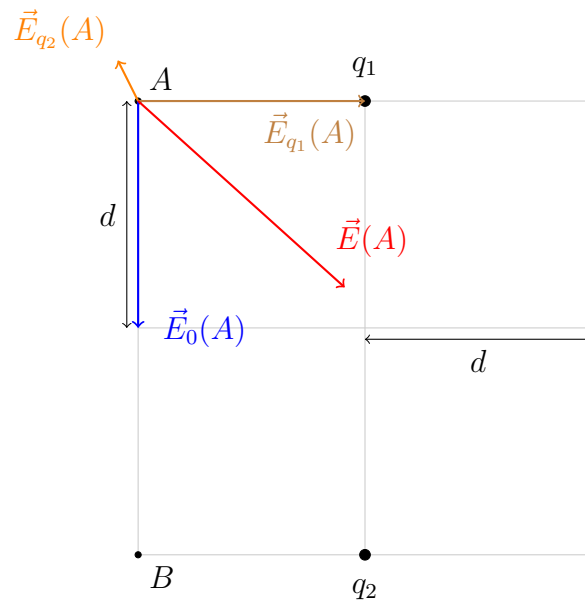
On fixe deux charges électriques ponctuelles, $q_1 = -Q$ et $q_2 = Q$, $Q > 0$, dans un plan horizontal en les espaçant d'une distance $2d$ (figure). En un point A , on observe que le champ produit par q_1 est d'intensité E_{1A} . On enclenche également un champ électrique uniforme \vec{E}_0 parallèle à \overrightarrow{AB} , de même sens que \overrightarrow{AB} et de norme $E_0 = E_{1A}$.



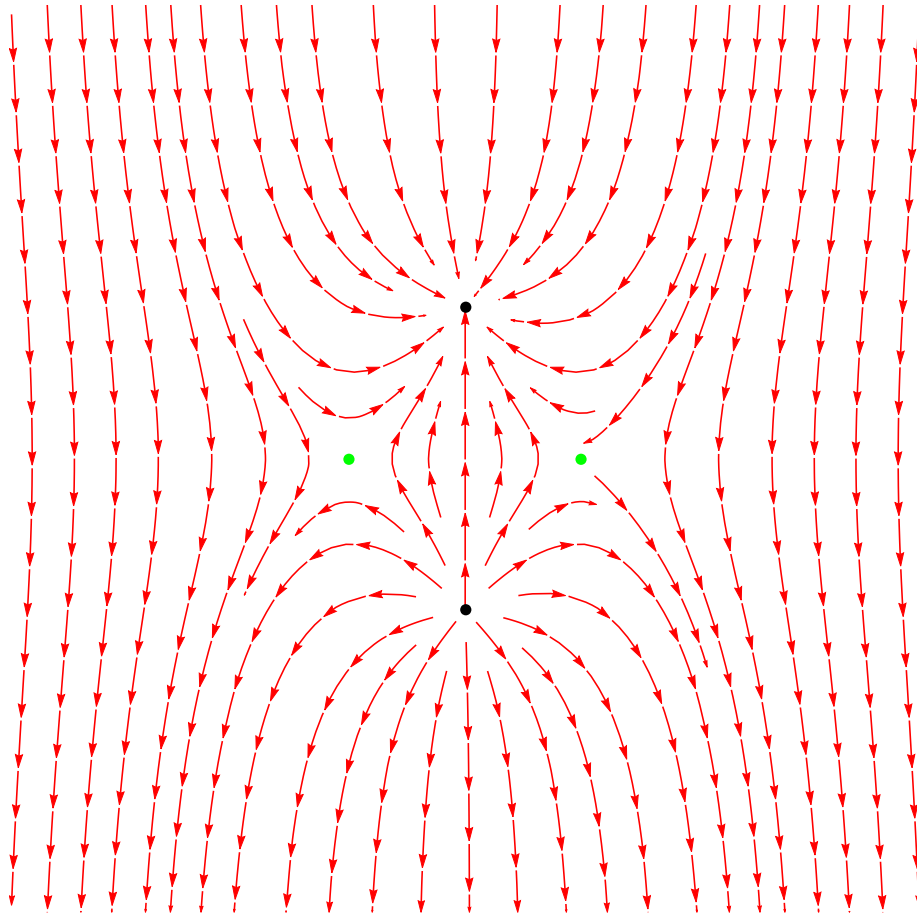
On prend comme échelle du champ électrique 3 cm pour l'intensité E_{1A} du champ électrique produit par q_1 en A .

- Représenter avec précision le champ électrique résultant au point A .
- Esquisser les lignes du champ électrique résultant dans la zone délimitée par le traitillé.
- Déterminer avec précision le lieu du (ou des) point(s) où le champ résultant est nul.
- Esquisser au mieux les équipotentielles passant par les points A , B , C et D .

(a) Représentation de $\vec{E}(A)$:



(b) Esquisse des lignes du champ \vec{E} et points où le champ résultant s'annule (en vert) :



(c) Lieu des points où le champ résultant s'annule :

Les deux points où le champ électrique s'annule, indiqués en vert ci-dessus, se trouvent à une distance

$$x = \pm \sqrt{2^{2/3} - 1} d$$

du centre de la figure.

(d) Les équipotentiels sont perpendiculaires aux lignes du champ électrique :

