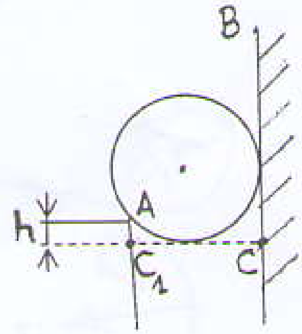
fb/ mehda abderrahmane

2èmeAnnée ST, Université de Béjaïa 2010/2011

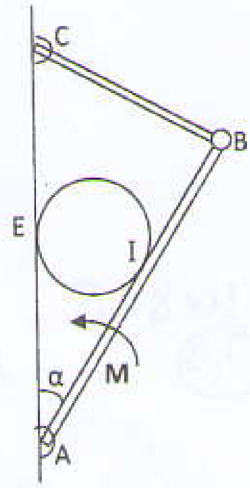
Examen de Rattrapage de Physique 4



Exercice N°1: (04pts)

Un cylindre lisse et homogène, de rayon R = 80cm et de poids P = 7KN, est posé entre un mur vertical BC et l'arête A telle que schématisé sur la figure ci-contre.
Si la distance AC_1 est h = 10cm, déterminer les forces d'appui du cylindre sur le mur BC et sur l'arête A.

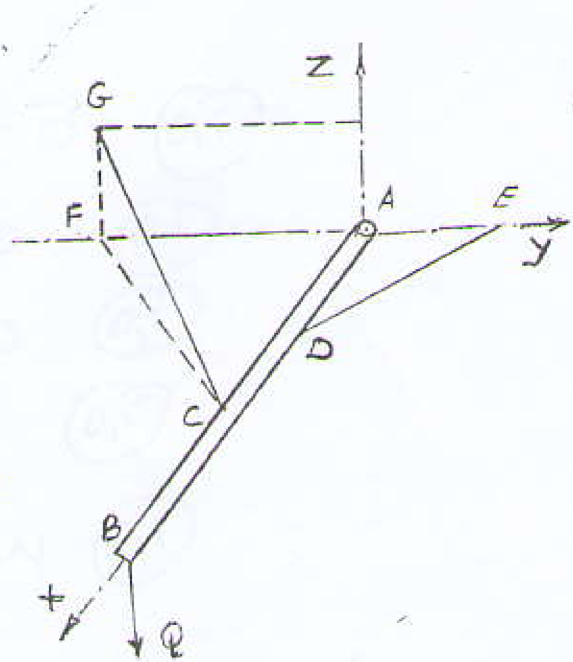
Exercice N°2 : (08pts)



Une boule d'acier de poids P=400N est maintenue en équilibre entre un mur vertical et une tige AB, de poids négligeable. La tige est articulée à son extrémité A au mur alors que l'extrémité B est articulée à une tige BC, de poids négligeable, laquelle de son côté est articulée au mur en C. La tige AB fait un angle α avec le mur et un angle droit avec la tige BC. La boule s'appuie sur le mur au point E et repose sur la tige au point I. Un couple M est appliqué sur la tige AB (voir figure ci-contre). On donne : AB=3m, AI=2m, α=30° et M = 100 N.m ~~BC=2m~~

1) Isoler et représenter les forces extérieures qui agissent sur le système composé (boule + tigeAB+tige BC) en équilibre.
2) Isoler la boule seule, la tige AB seule et la tige BC seule en représentant les forces extérieures qui s'exercent sur chaque système.
3) Ecrire, sous forme vectorielle, les équations d'équilibre pour chaque système seul.
4) Déduire les équations d'équilibre projetées
5) Déterminer les réactions R_A et R_c .

Exercice N°3 (08pts)



Une barre homogène AB de poids P et de longueur 4a est fixée à un mur vertical par une rotule sphérique en A. La barre est maintenue en position perpendiculaire au mur par des câbles DE et CG, le câble DE est en position horizontale alors que le câble CG est légèrement relevé par rapport à l'horizontal. A l'extrémité B de la barre est attachée une charge de poids Q. On donne : AE=AD=DC=a, AF=4a, FG=a

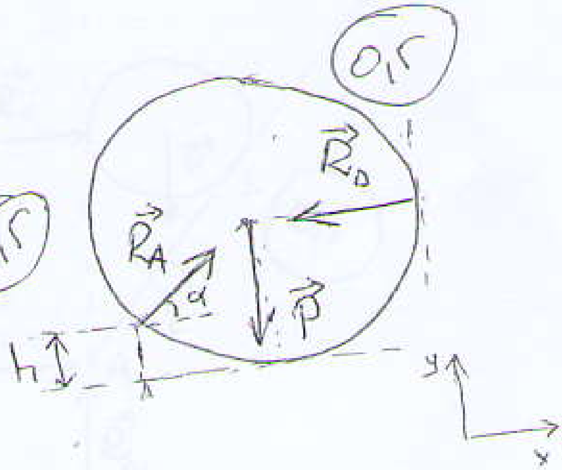
1) Isoler le système et représenter les forces extérieures.
2) Ecrire les conditions d'équilibre du système sous forme vectorielle.
3) Déterminer l'expression vectorielle de chaque force dans le système d'axes (**i, j, k**). Déduire les trois équations d'équilibre projetées.
4) Déterminer les vecteurs moments par rapport à A. Déduire les équations d'équilibre des moments projetées.
5) Si l'on donne : P=50N, Q=3KN et Calculer les tensions des câbles T_{DE} et T_{CG}. Déduire la réaction en A.

Exo 1 : /4

On isole le cylindre :

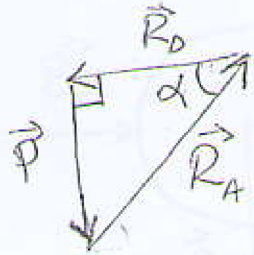
On a : $\boxed{\sin\alpha = \frac{R-h}{R}}$ 0,5

$\Rightarrow \sin\alpha = 0{,}875 \Rightarrow \boxed{\alpha = 61°}$ 0,5



Méthode ① : Triangle des forces

$$\frac{P}{\sin\alpha} = \frac{R_D}{\sin(90-\alpha)} = \frac{R_A}{\sin 90°}$$ 0,5 0,5



$$\Rightarrow R_D = P\,\frac{\sin(90-\alpha)}{\sin\alpha} \Rightarrow R_D = P\,\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{P}{tg\alpha} = 3{,}88\ kN$$ 0,5

$$\Rightarrow R_A = \frac{P}{\sin\alpha} = 8\ kN$$ 0,5

Méthode ② : $\vec{R}_A + \vec{R}_D + \vec{P} = \vec{0}$ 0,5

Projection :

ox : $R_A\cos\alpha - R_D = 0$ 0,5

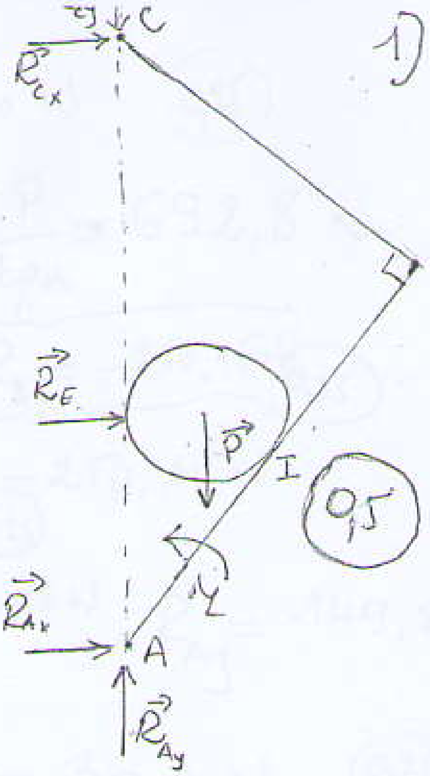
oy : $R_A\sin\alpha - P = 0$ 0,5

$$\Rightarrow R_A = \frac{P}{\sin\alpha} = 8\ kN$$ 0,5

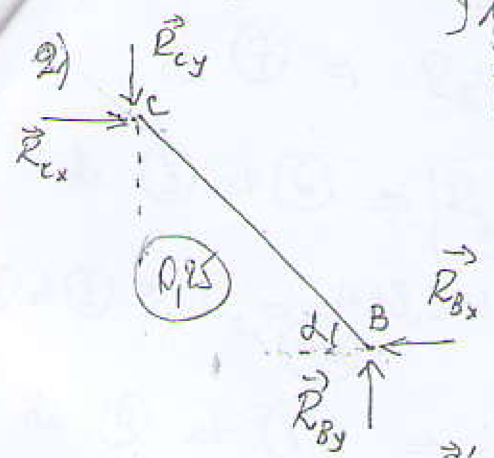
$$R_D = \frac{P}{tg\alpha} = 3{,}88\ kN$$ 0,5

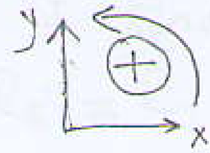
Exo 2 : 8

1)

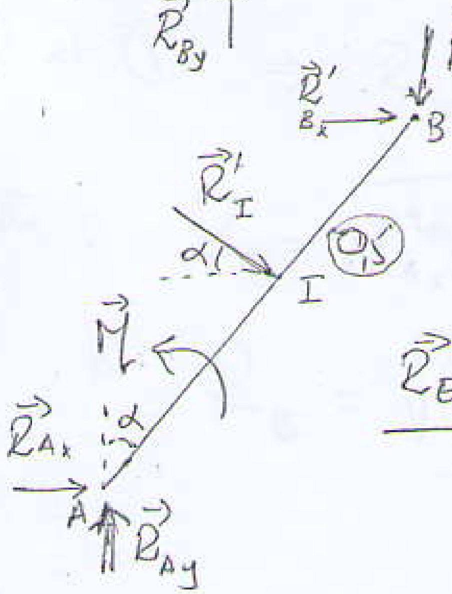


2)

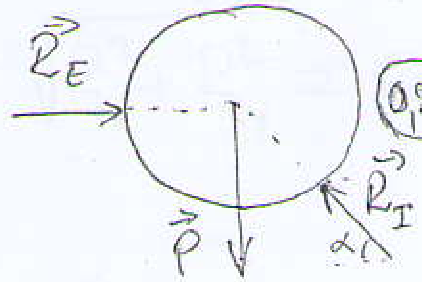




$\vec{R}'_B = -\vec{R}_B$



0,5



0,25

$\vec{R}'_I = -\vec{R}_I$

fb/ mehda abderrahmane

3) Tige BC

0,25 $\begin{cases} \vec{R}_B + \vec{R}_c = \vec{0} \\ \vec{M}_{/c}(\vec{R}_B) = \vec{0} \end{cases}$

Tige AB

$\begin{cases} \vec{R}'_B + \vec{R}'_I + \vec{R}_A = \vec{0} & 0,25 \\ \vec{M}_{/A}(\vec{R}'_B) + \vec{M}_{/A}(\vec{R}'_I) + \vec{M} = \vec{0} & 0,25 \end{cases}$

Boule : $\vec{R}_E + \vec{R}_I + \vec{P} = 0$ 0,25

4) $R'_{Bx} = R_{Bx}$ (0,25), $R'_{By} = R_{By}$ (0,25), $R'_I = R_I$ (0,25)

Tige BC

$\begin{cases} R_{cx} - R_{Bx} = 0 \quad \cdots (1) & 0,25 \\ -R_{cy} + R_{By} = 0 \quad \cdots (2) & 0,25 \\ R_{By} \cdot BC \cos\alpha - R_{Bx} \cdot BC \cdot \sin\alpha = 0 \quad (3) & 0,5 \end{cases}$

Boule

0,25 $R_E - R_I \cos\alpha = 0 \quad \cdots (7)$

0,25 $-P + R_I \sin\alpha = 0 \quad (8)$

, $tg\alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow BC = \sqrt{3}$ m

Tige AB.

$\begin{cases} R'_{Bx} + R_{Ax} + R'_I \cos\alpha = 0 \quad \cdots (4) & 0,25 \\ -R'_{By} - R'_I \sin\alpha + R_{Ay} = 0 \quad \cdots (5) & 0,25 \end{cases}$

$-R'_I \cdot AI - R'_{Bx} AB \cos\alpha - R'_{By} AB \sin\alpha + M = 0 \quad (6)$ 0,5

) de (8) $\Rightarrow R_I = \frac{P}{\sin\alpha} = 800\,N$ (0,25)

de (7) $\Rightarrow R_E = R_I \cos\alpha = \frac{P}{tg\alpha} = 692{,}8\,N$

de (3) et (6) $\Rightarrow \boxed{R_{Bx} = -433{,}3\,N}$ (0,25), $\boxed{R_{By} = -250{,}15\,N}$ (0,25)

(1) et (2) $\Rightarrow R_{cx} = -433{,}3\,N$ (0,25), $R_{cy} = -250{,}15\,N$ (0,25)

de (4) et (5) $\Rightarrow R_{Ax} = -259{,}53\,N$ (0,25), $R_{Ay} = 149{,}85\,N$ (0,25)

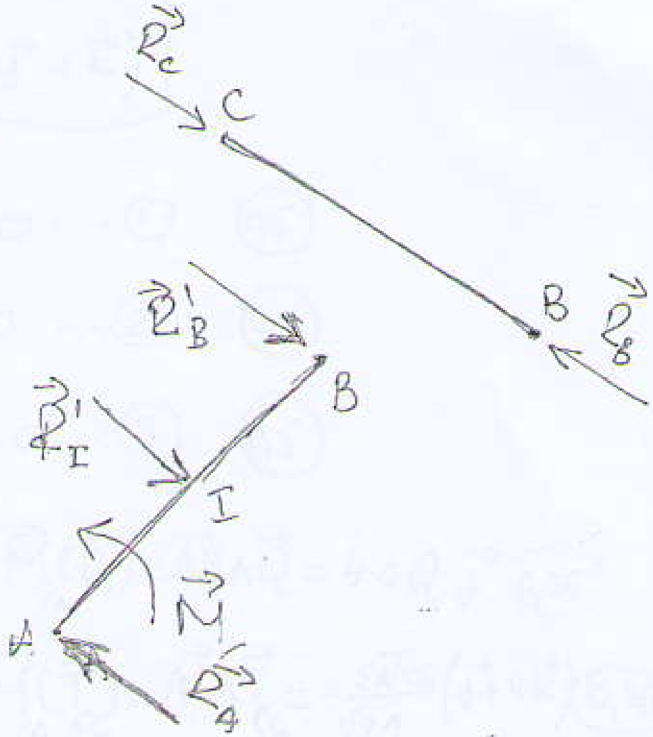
D'où : $R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} \simeq 300\,N$ (0,25)

et $R_B = \sqrt{R_{cx}^2 + R_{cy}^2} = 500{,}3\,N$ (0,25)

Autre méthode : Tige AB et BC

BC. $\vec{R}_c + \vec{R}_B = 0 \Rightarrow R_c = R_B$

$\vec{R}'_B = -\vec{R}_B \Rightarrow R'_B = R_B$



AB: $\vec{R}_A + \vec{R}'_I + \vec{R}'_B = \vec{0}$

$\Rightarrow R_A = R_I + R_B$

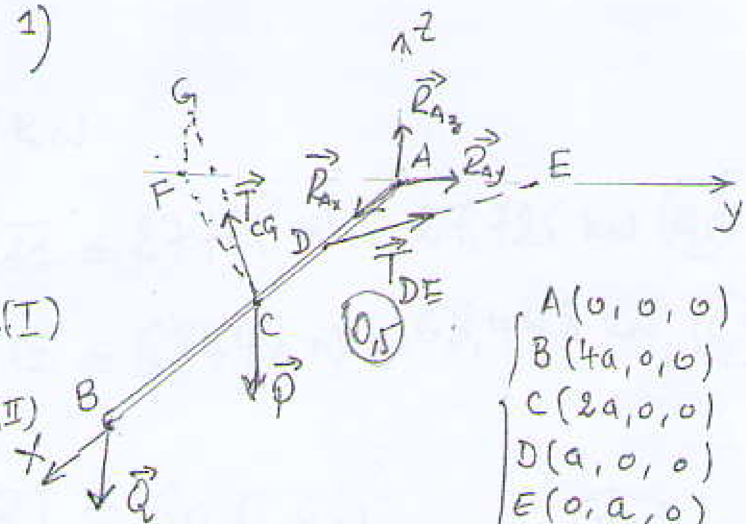
$\vec{M} + \vec{M}_{/B}(\vec{R}_A) + \vec{M}_{/B}(\vec{R}'_I) = \vec{0}$

$+ M - R_A \cdot AB + R_I \cdot IB = 0$

fb/ mehda abderrahmane

Exo 3 (18)

1)



$A(0,0,0)$
$B(4a,0,0)$
$C(2a,0,0)$
$D(a,0,0)$
$E(0,a,0)$
$F(0,-4a,0)$
$G(0,-4a,a)$

2) Conditions d'équilibre :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} : \vec{R}_A + \vec{T}_{DE} + \vec{T}_{CG} + \vec{P} + \vec{Q} = \vec{0} \quad \ldots (I)$$

$$\sum \vec{M}_{/A} = \vec{0} : \vec{M}_{/A}(\vec{T}_{DE}) + \vec{M}_{/A}(\vec{T}_{CG}) + \vec{M}_{/A}(\vec{P}) + \vec{M}_{/A}(\vec{Q}) = \vec{0} \quad (II)$$

3) Expressions des vecteurs forces :

$\boxed{\vec{P} = -P\vec{k}}$ (0,25), $\boxed{\vec{Q} = -Q\vec{k}}$ (0,25), $\boxed{\vec{R}_A = R_{A_x}\vec{i} + R_{A_y}\vec{j} + R_{A_z}\vec{k}}$

(0,5) $\vec{T}_{DE} = T_{DE}\dfrac{\vec{DE}}{\|\vec{DE}\|}$ avec : $\vec{DE} = -a\vec{i} + a\vec{j}$, $\|\vec{DE}\| = \sqrt{2}\,a$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{T}_{DE} = \frac{T_{DE}}{\sqrt{2}}\left(-\vec{i} + \vec{j}\right)}$$

$\vec{T}_{CG} = T_{CG}\dfrac{\vec{CG}}{\|\vec{CG}\|}$ avec : $\vec{CG} = -2a\vec{i} - 4a\vec{j} + a\vec{k}$, $\|\vec{CG}\| = \sqrt{21}\,a$

(0,5) $$\Rightarrow \boxed{\vec{T}_{CG} = \frac{T_{CG}}{\sqrt{21}}\left(-2\vec{i} - 4\vec{j} + \vec{k}\right)}$$

$$(I) \Rightarrow \begin{cases} R_{A_x} - \dfrac{T_{DE}}{\sqrt{2}} - \dfrac{2T_{CG}}{\sqrt{21}} = 0 \quad \ldots (1) & (0,5) \\ R_{A_y} + \dfrac{T_{DE}}{\sqrt{2}} - \dfrac{4T_{CG}}{\sqrt{21}} = 0 \quad \ldots (2) & (0,5) \\ R_{A_z} + \dfrac{T_{CG}}{\sqrt{21}} - P - Q = 0 \quad \ldots (3) & (0,5) \end{cases}$$

4) $\vec{M}_{/A}(\vec{P}) = \vec{AC} \wedge \vec{P} = 2aP\,\vec{j}$ (0,25), $\vec{M}_{/A}(\vec{Q}) = \vec{AB} \wedge \vec{Q} = 4aQ\,\vec{j}$ (0,25)

$\vec{M}_{/A}(\vec{T}_{DE}) = \vec{AD} \wedge \vec{T}_{DE} = \dfrac{a}{\sqrt{2}}T_{DE}\,\vec{k}$ (0,25) $\vec{M}_{/A}(\vec{T}_{CG}) = \vec{AC} \wedge \vec{T}_{CG} = -\dfrac{2aT_{CG}}{\sqrt{21}}\left(\vec{j} + 4\vec{k}\right)$ (0,25)

$$(II) \Rightarrow \begin{cases} 2aP + 4aQ - \dfrac{2a}{\sqrt{21}}T_{CG} = 0 \\ \dfrac{a}{\sqrt{2}}T_{DE} - \dfrac{8a}{\sqrt{21}}T_{CG} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P + 2Q - \dfrac{T_{CG}}{\sqrt{21}} = 0 \quad \ldots (4) & (0,5) \\ \dfrac{T_{DE}}{\sqrt{2}} - \dfrac{8}{\sqrt{21}}T_{CG} = 0 \quad \ldots (5) & (0,5) \end{cases}$$

(4)

fb/ mehda abderrahmane

5) $P = 50\ N$, $Q = 3\ kN$

De (4) $\Rightarrow T_{CG} = (P+2Q)\sqrt{21} \simeq 27725\ N = 27{,}725\ kN$ (0,5)

(5) $\Rightarrow T_{DE} = (P+2Q)8\sqrt{2} \simeq 68448\ N = 68{,}448\ kN$ (0,5)

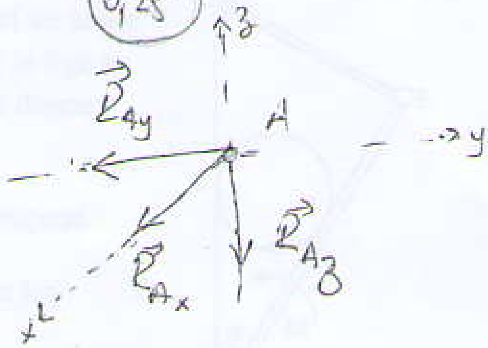
D'où :

$R_{Ax} = 10(P+2Q) = 60{,}5\ kN$ (0,25)

$R_{Ay} = -4(P+2Q) = -24{,}2\ kN$ (0,25)

$R_{Az} = -Q = -3\ kN$ (0,25)

D'où : $R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2 + R_{Az}^2} = 65{,}23\ kN$ (0,125)



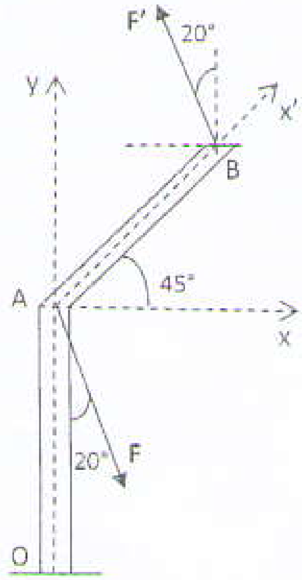
Université de Béjaïa –Faculté de technologie
Département de Technologie- 2ème Année

Année 2012/2013

Examen Final de Physique 4

Durée : 2 heures

Exercice N°1: (05pts)

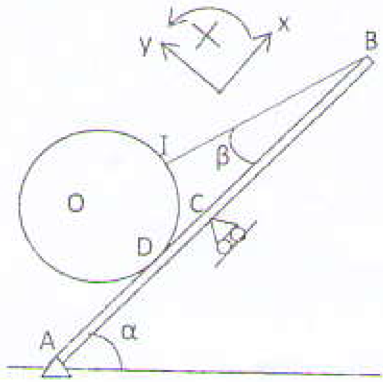


Deux forces parallèles F et F', ayant la même intensité, sont appliquées sur la barre OAB comme indiqué sur la figure ci-contre. On donne : F=40N, AB=50cm

1) Représenter la décomposition de la force F selon :
a) les axes (Ax) et (Ax'). b) les axes (Ax') et (Ay).
Déterminer, dans les deux cas, le module F_{AB} de la composante selon (Ax').
2) Déterminer le moment de couple M_F produit par les deux forces F et F'.
3) On veut remplacer le couple M_F par un autre couple M_p équivalent produit par deux forces horizontales P et P' appliquées en A et B. Déterminer le sens et le module de P et P'.

Exercice N°2 : (07pts)

Une barre AB, de masse négligeable, articulé en A, est maintenue en équilibre comme indiqué sur la figure ci-contre. Une boule d'acier de poids P=150N et de rayon r est posée sur la barre et retenue par un câble BI faisant un angle β avec la barre. On donne : AB=5r, AC=BC, AD=2r, α=45°.

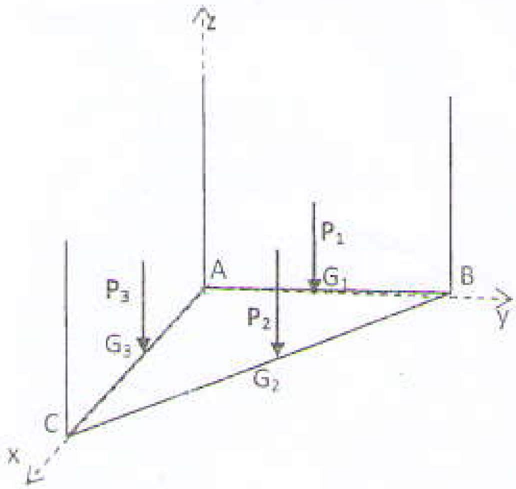


1) a) Isoler et représenter les forces extérieures qui agissent sur la boule en équilibre. Justifier pourquoi la ligne d'action de la tension T du câble appliquée en I doit passer par le centre O de la boule.
b) Déduire la valeur de l'angle β.
c) Ecrire la condition d'équilibre de la boule puis déterminer la tension T et la réaction en D. (Indication : utiliser le triangle des forces ou bien la projection selon le système d'axes (x) et (y) indiqué sur la figure)

2) a) Isoler la barre AB en représentant les forces extérieures
b) A partir de l'équation d'équilibre des moments déterminer la valeur de la réaction en C de la tige sur la barre AB.
c) Déterminer alors la réaction de l'articulation en A.

Exercice N°3 (06pts)

Un plaque triangulaire ABC de masse négligeable est maintenue dans le plan horizontal (x,y) par trois câbles verticaux attachés aux points A, B et C. Trois charges verticales P_1, P_2, et P_3 sont appliquées respectivement aux milieux de AB, BC et AC. On donne : AB=AC=4m et P_1=P_3=100N , P_2=145N.



1) Déterminer les vecteurs moments par rapport à A des forces extérieures s'exerçant sur la plaque.
2) Déterminer les tensions T_A , T_B et T_C .

Questions de Cours : (02pts)

1) Dans le cas d'une échelle AB en équilibre reposant sur un sol et un mur vertical rugueux de même coefficient de frottement f : a) indiquer par un schéma le lieu où apparaît la force de frottement ainsi que la direction et le sens de cette force. b) Donner l'expression du module de cette force.
2) Si le sol et le mur étaient parfaitement lisses, l'échelle peut il être en équilibre ?

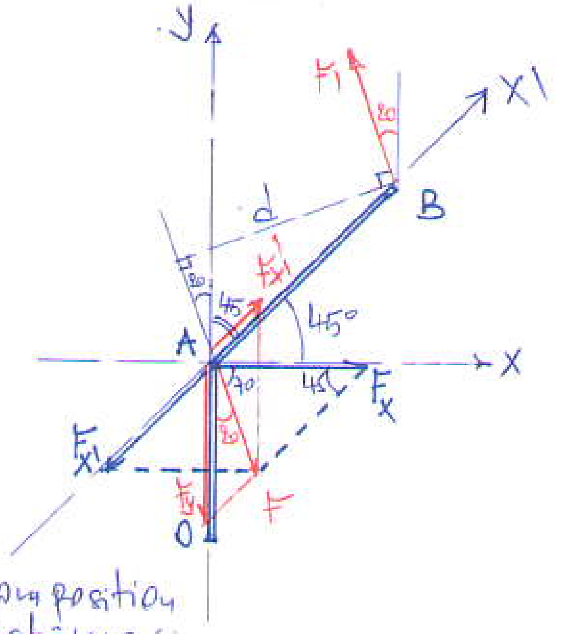
fb/ mehda abderrahmane

Exo1

(5 points)

$\vec{F}, \vec{F'}$ = couple ; $F = F' = 40N$

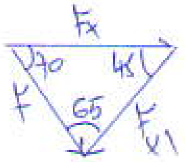
$AB = 0,5m$.



① Décomposition de $\vec{F}$ selon :

ⓐ syst d'axes obliques (Ax, Ax') :
→ par le ~~parallélépipède~~ parallélogramme des forces :

(0,25) $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_{x1}$: voir la décomposition sur le schéma :



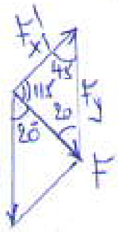
(0,25)

règle des sinus : $\frac{F}{\sin 45} = \frac{F_x}{\sin 65} = \frac{F_{x1}}{\sin 70}$. (0,5)

$\Rightarrow F_x = \frac{\sin 65}{\sin 45} \cdot F$ = pas demandé

$F_{x1} = \frac{\sin 70}{\sin 45} \cdot F \equiv F_{AB} = \underline{53,16N}$. (0,25)

ⓑ Syst d'axes obliques (Ax', Ay) :
par le parallélogramme des forces
et règle des sinus :



(0,25)

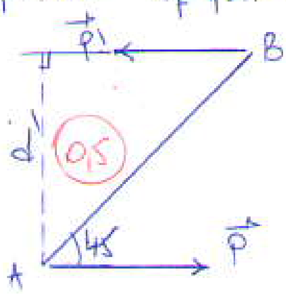
(0,25) $\vec{F} = \vec{F'}_{x1} + \vec{F}_y$:

(0,5) $\frac{F}{\sin 45} = \frac{F_y}{\sin 115} = \frac{F'_{x1}}{\sin 20}$ $\Rightarrow F'_{x1} \equiv F'_{AB} = \frac{\sin 20}{\sin 45} \cdot F = \underline{19,35N}$ (0,25)

② Le moment de couple $(\vec{F}, \vec{F_1})$: $M_F \equiv d \cdot F$ avec $d = AB \cdot \sin(20+45)$ (0,25)

∴ $d = 0,45m \Rightarrow M_F = \underline{18 N.m}$ (0,25), Sens antihoraire.

③ remplacer M_F par M_P équivalent composé de 2 forces $(\vec{P}, \vec{P'})$ horizontales



(0,5) $M_P \equiv M_F \equiv (AB \cdot \sin 45) \cdot P$.

$\Rightarrow P = \frac{M_F}{AB \cdot \sin 45} = \frac{18}{0,5 \sin 45} = \underline{50,9 N.}$ (0,5)

{0,5} pour la direction et sens de $\vec{P}$ et $\vec{P'}$.

2,5

0,5

2

②

Exo2 :

7,5

Données :

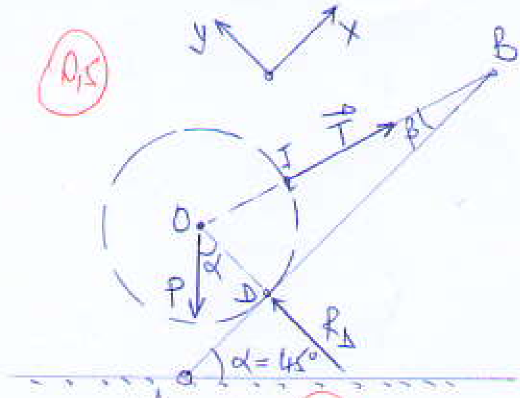
$\overline{OD} = r$; $\alpha = 45°$

$\overline{AB} = 5r$; $P = 150N$.

$\overline{AD} = 2r$

$\overline{AC} = \overline{BC} = 2,5r$.

0,5



① (a) : La boule est en équilibre sous L'action de 3 forces : $\vec{P}$, $\vec{R_D}$ et $\vec{T}$. Celles-ci doivent être concourantes 0,25

$\vec{P}$, $\vec{R_D}$ passent par "O" $\Rightarrow$ (0,25) $\vec{T}$ doit être orientée ~~vers de~~ O vers B.

(b) : La valeur de L'angle β : $tg\,\beta = \frac{\overline{OD}}{\overline{DB}} = \frac{r}{3r} \Rightarrow \boxed{\beta = 18,4°}$ 0,25 0,25

(c) : Condition d'équilibre de La boule : $\Sigma \vec{F}_{ex} = \vec{0}$

c.a.d : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R_D} = \vec{0}$ 0,5

3,5

* méthode Analytique :

1,5

$$\begin{cases} \Sigma F_x = T\cos\beta - P\sin\alpha = 0 \quad ---① & 0,5 \\ \Sigma F_y = R_D - T\sin\beta - P\cos\alpha = 0 \quad - ② & 0,5 \end{cases}$$

de ① $\Rightarrow T = \frac{\sin\alpha}{\cos\beta} \cdot P = \underline{111,78N}$ 0,25

de ② $\Rightarrow R_D = P\cos\alpha + T\sin\beta = \underline{141,35N}$ 0,25

* méthode graphique : Triangle des forces + règle des sinus :

1,5

0,5

$\gamma = \frac{\pi}{2} - \beta = 71,6°$

$\theta = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \beta) = 63,4°$

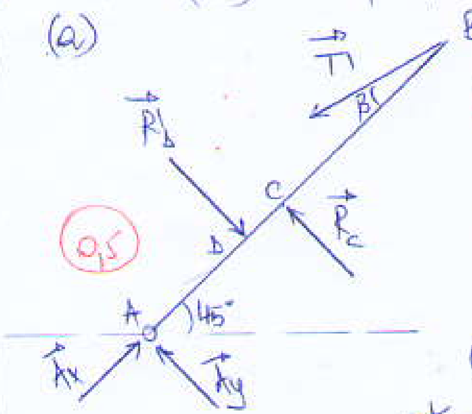
$$\frac{T}{\sin 45} = \frac{P}{\sin 71,6°} = \frac{R_D}{\sin 63,4°} \quad 0,5$$

$\Rightarrow T = \frac{\sin 45}{\sin 71,6°} \cdot P = \underline{111,78N}$ 0,25

$R_D = \frac{\sin 63,4}{\sin 71,6°} \cdot P = \underline{141,35N}$ 0,25

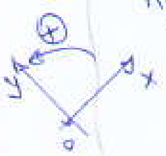
② Barre (AB) en Equilibre :

(a)



0,5

4



0,5

- Articulation en A : Appui double : $\vec{R_A} = \vec{A_x} + \vec{A_y}$
- Appui Simple en A : $\vec{R_C} \perp (AB)$.
- $\vec{R'_D} = -\vec{R_D}$; $\vec{T'} = -\vec{T}$.

(b) : $\Sigma M_A = 0 \Rightarrow (T\sin\beta).\overline{AB} - \overline{AD}.R_D + \overline{AC}.R_C = 0$ 0,75

$\Rightarrow R_C = 0,8 R_D - 2T\sin\beta = \underline{42,51\ N}$. 0,25

(c) : $\Sigma \vec{F}_{ex} = \vec{0} = \vec{R_A} + \vec{T'} + \vec{R'_D} + \vec{R_C}$. 0,25

$$\begin{cases} \Sigma F_x = A_x - T\cos\beta = 0 & 0,5 \\ \Sigma F_y = A_y + T\sin\beta - R_D + R_C = 0 & 0,5 \end{cases}$$

$\Rightarrow A_x = T\cos\beta = \underline{106,1N}$ 0,25

$A_y = R_D - T\sin\beta - R_C = \underline{63,56N}$ 0,25

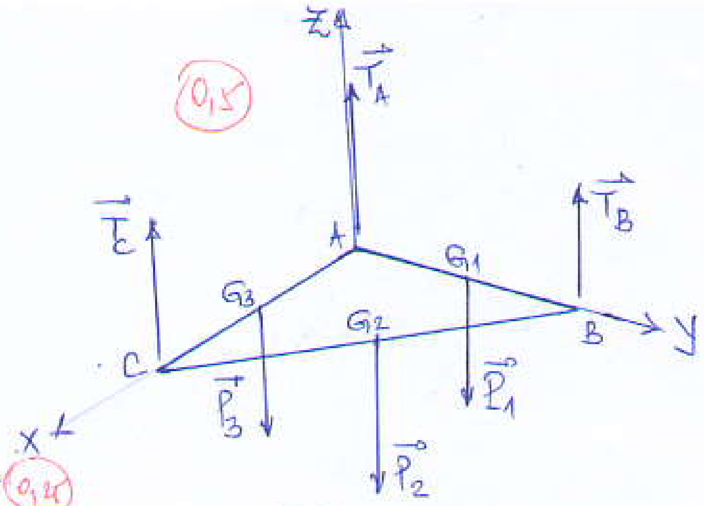
$\Rightarrow R_A = \underline{123,68\ N}$ 0,25

fb/ mehda abderrahmane

③

Exo 3 /6,5

$AB = AC = 4m$
$P_1 = P_3 = 100N$
$P_2 = 145N$.



① Vecteurs Moments/A :   3,25

- 0,25 · $\vec{M}_A(\vec{T}_A) = \vec{0}$
- · $\vec{M}_A(\vec{T}_B) = \vec{AB} \wedge \vec{T}_B$ 0,25

$= 4\vec{j} \wedge T_B\vec{k} = 4T_B\vec{i}$ 0,25

0,25 $\vec{M}_A(\vec{T}_C) = \vec{AC} \wedge \vec{T}_C = 4\vec{i} \wedge (T_C\vec{k}) = -4T_C\vec{j}$ 0,25

0,25 $\vec{M}_A(\vec{P}_1) = \vec{AG_1} \wedge (-P_1\vec{k}) = +2\vec{j} \wedge (-P_1\vec{k}) = -2P_1\vec{i}$ 0,25

0,25 $\vec{M}_A(\vec{P}_2) = \vec{AG_2} \wedge \vec{P}_2 = (2\vec{i} + 2\vec{j}) \wedge (-P_2\vec{k}) = 2P_2(\vec{j} - \vec{i})$ 0,25

0,25 $\vec{M}_A(\vec{P}_3) = \vec{AG_3} \wedge \vec{P}_3 = 2\vec{i} \wedge (-P_3\vec{k}) = 2P_3\vec{j}$ 0,25

② Les Conditions d'équilibre de La plaque : $\Sigma\vec{F}_{ex} = \vec{0}$ et $\Sigma\vec{M}_A = \vec{0}$ 3,25

$\therefore \Sigma\vec{F}_{ex} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \vec{T}_A + \vec{T}_B + \vec{T}_C = \vec{0}$ 0,25

et $\Sigma\vec{M}_A = \vec{M}_A(\vec{T}_B) + \vec{M}_A(\vec{T}_C) + \vec{M}_A(\vec{P}_1) + \vec{M}_A(\vec{P}_2) + \vec{M}_A(\vec{P}_3) = \vec{0}$ 0,25

d'où : $\Sigma F_z = T_A + T_B + T_C - P_1 - P_2 - P_3 = 0$ ---- ① 0,25

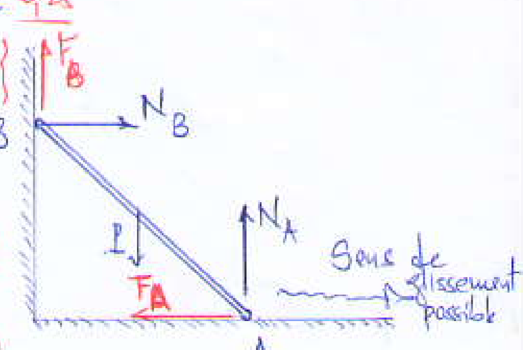
et $\Sigma\vec{M}_A \begin{cases} \Sigma M_x = 4T_B - 2P_1 - 2P_2 = 0 \text{ --- ②} & 0,5 \\ \Sigma M_y = -4T_C + 2P_3 + 2P_2 = 0 \text{ -- ③} & 0,5 \end{cases}$

de ② $\Rightarrow$ 0,25 $T_B = \frac{1}{2}(P_1 + P_2) = \underline{122,5N}$ 0,25

de ③ $\Rightarrow$ 0,25 $T_C = \frac{1}{2}(P_2 + P_3) = \underline{122,5N}$ 0,25

de ① $\Rightarrow$ 0,25 $T_A = (P_1 + P_2 + P_3) - (T_B + T_C) = \underline{100N}$ 0,25

Exo 4 : Cours : /2,1



① a) - La force de frottement apparait en A et en B : $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ 1,5

$\vec{F}_A$ et $\vec{F}_B$ sont opposées au sens de glissement possible de L'échelle 0,25
et tangentes respectivement au sol et au mur. 0,25

0,25   0,25

b) $F_{A_{max}} = f \cdot N_A$ et $F_{B_{max}} = f \cdot N_B$

② Si sol et mur parfaitement Lisses $\Rightarrow f = 0 \Rightarrow \vec{F}_A = \vec{F}_B = \vec{0}$. 0,25   0,5

Dans ce cas, L'équilibre ne peut pas avoir Lieu 0,25
Puisque $\Sigma\vec{F}_{ex} \neq \vec{0}$ (pas de force pour annuler N_B).

fb/ mehda abderrahmane

Université A. MIRA de Bejaia
faculté de technologie
département ST, 2eme année

Examen de physique 4
du mardi 28 janvier 2014

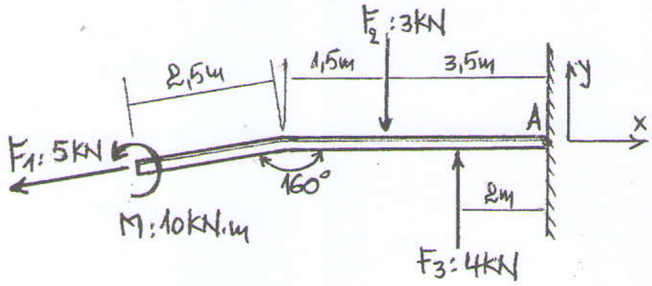
Exercice 1: questions de cours.

confirmez (vrai) ou infirmez (faux), et dans ce cas corrigez, les assertions suivantes:

- les composantes scalaires d'une force F selon un système d'axes quelconque sont toujours égales aux projections de celle-ci selon le système d'axes en question.
- la force de frottement est toujours tangentielle au surfaces de contact entre solides.
- la composante de frottement est toujours orientée dans le sens opposé au mouvement du solide s'il était libre.
- le coefficient de frottement statique ne dépend pas de l'aire (étendue) des surfaces en contact.
- la force de frottement cinétique peut être supérieure à la force maximale de frottement statique.

Exercice 2:

remplacez l'ensemble des 3 forces et du couple M agissant sur la barre par un système force-couple appliqué en A. (représentation sur le schéma).

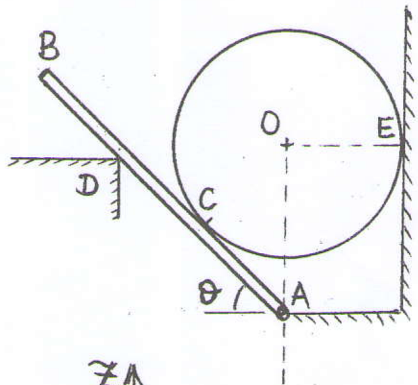


Exercice 3:

un cylindre de rayon *r* et de poids *Q* repose entre un mur vertical et une barre (AB) de longueur *3r* et de poids *P*. cette dernière tourne autour d'un axe horizontal en (A) et s'appuie simplement sur l'arête en (D) avec un angle $\theta = 45^0$ et $AD = 2r$.

déterminez, en fonction de *P* et *Q*:

- l'action du mur sur le cylindre,
- la réaction de l'articulation A et la réaction de l'arête D sur la barre (AB).

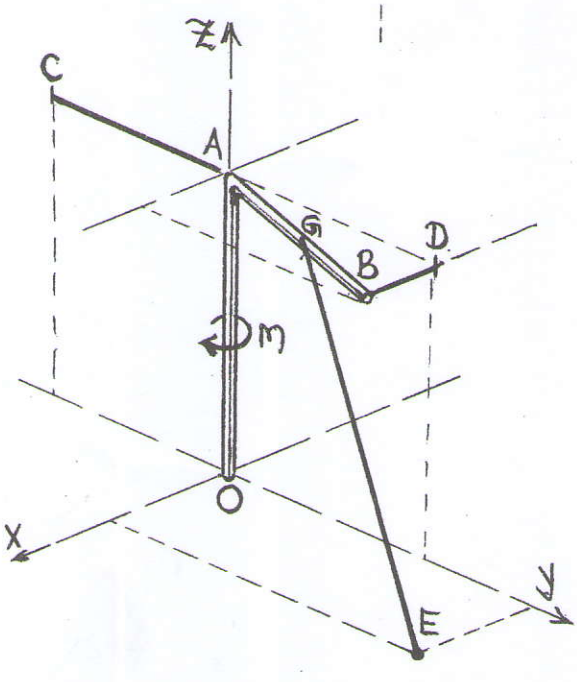


Exercice 4:

une barre (OAB) en forme de 'L' inversé est articulée (liaison rotule) au point O et maintenue en équilibre par les 3 câbles *(AC), (BD) et (GE)* ainsi que le couple $\vec{M} = -M\vec{k}$ comme illustrés. le point G est situé au milieu de (AB). déterminez:

- les équations vectorielles et scalaires d'équilibre de la barre,
- la réaction de l'articulation en O , les tensions T_A, T_B, et T_G des 3 câbles en fonction de *M*.

on donne les coordonnées des différents points: *A(0,0,8), B(2,4,8), C(0,-2,8), D(0,4,8), E(5,10,0).*



fb/ mehda abderrahmane

Corrigé Examen physique 4 du mardi 28 janv 2014.

3,5

Exo1 : Questions de cours ; réponses par "Vrai" ou "Faux".

0,5 ① → Faux : 0,25 • Les composantes scalaires = projections dans le cas d'un système d'axes perpendiculaires

0,25 • Les composantes scalaires ≠ projections dans un système d'axes obliques.

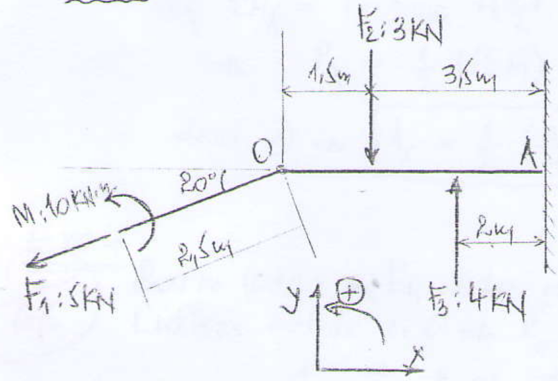
0,5 ② → Vrai

0,5 ③ → Vrai

0,5 ④ → Vrai

0,5 ⑤ → Faux : 0,5 La force de frottement cinétique est inférieure à la force maximale de frottement statique.

Exo2



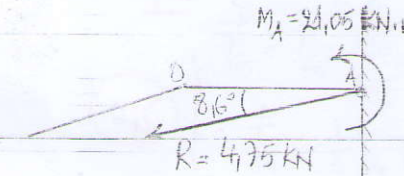
réduction du système (3 forces + couple M) en une [résultante (R) + moment résultant (M_A)] appliqués en A, avec :

* La résultante $\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ — 0,5

$\therefore \begin{cases} R_x = \Sigma F_x = -F_1 \cos 20 = -4{,}70 \text{ KN} & 0{,}5 \\ R_y = \Sigma F_y = F_3 - F_2 - F_1 \sin 20 = -0{,}71 \text{ KN} & 0{,}5 \end{cases}$

$\Rightarrow \vec{R} = -4{,}70\vec{i} - 0{,}71\vec{j}$ [KN]

0,5 $\Rightarrow R = (R_x^2 + R_y^2)^{1/2} = 4{,}75$ KN et fait un angle θ avec l'horizontale : $\theta = tg^{-1}\left(\frac{|R_y|}{|R_x|}\right) = 8{,}6°$ 0,5



0,5

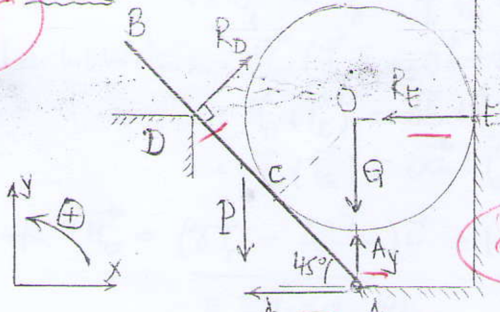
* Le moment résultant en (A) ; directement en module :

0,5 $\begin{cases} M_A = M_A(F_2) + M_A(F_1) + M - M_A(F_3) \\ M_A = 3{,}5 \cdot F_2 + (3{,}5+1{,}5) F_1 \sin 20 + M - 2 \cdot F_3 \end{cases}$ (F_1 déplacée au point "O")

0,5 $M_A = 21{,}05$ KN.m, sens positif

6

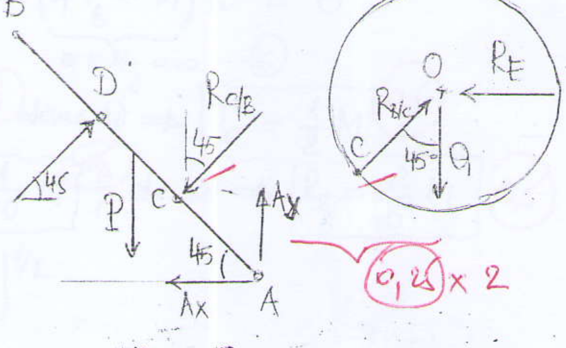
Exo 3



0,25 x 4

$\overline{AB} = 3r$; $\overline{AD} = 2r$.

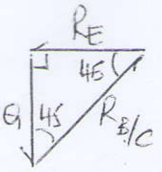
On voit : R_E, R_D et $\vec{R}_A = A_x\vec{i} + A_y\vec{j}$ = 4 inconnues pour 3 équations d'équilibre pour le système (cylindre + barre AB) : solution impossible ⇒ décomposer en 2 sous systèmes en équilibre mutuel : avec $\vec{R}_{B/C} = -\vec{R}_{C/B}$



(0,25) x 2

* Equilibre du cylindre : 3 forces concourantes ⇒ 2 méthodes :

ⓐ graphique : Triangle des forces :



(0,5)

$$\frac{G}{\sin 45} = \frac{R_E}{\sin 45} = \frac{R_{B/C}}{\sin 90} \Rightarrow \boxed{R_E = G} \quad (0,5)$$

$$\text{et } R_{B/C} = \frac{G}{\sin 45} = \sqrt{2}\,G.$$

(0,5)

(b) méthode analytique : $\sum \vec{F}_{ex} = \vec{R}_E + \vec{G} + \vec{R}_{B/C} = \vec{0}$ (0,5)

ou bien

(0,25) $\Rightarrow \begin{cases} \sum F_x = R_{B/C}\cos 45 - R_E = 0 \text{ ---- (1)} \\ \sum F_y = R_{B/C}\sin 45 - G = 0 \text{ --- (2)} \end{cases}$ (0,25)

de (2) $\Rightarrow R_{B/C} = \frac{G}{\sin 45} = \sqrt{2}\,G$

dans (1) $\Rightarrow R_E = G$. 0,5

*. Equilibre de la barre (AB) : Analytique :

(0,25) $\sum \vec{F}_{ex} = \vec{R}_A + \vec{R}_D + \vec{P} + \vec{R}_{C/B} = \vec{0}$ avec $\vec{R}_{C/B} = -\vec{R}_{B/C}$

$\Rightarrow \sum F_x = R_D\cos 45 - R_{C/B}\sin 45 - A_x = 0$ ---- (3) (0,25)

$\sum F_y = R_D \sin 45 - R_{C/B}\sin 45 + A_y - P = 0$ --- (4) (0,25)

(0,5) $\sum M_A = \overline{AC}\cdot R_{C/B} + (\frac{1}{2}\overline{AB}\cdot\cos 45)P - \overline{AD}\cdot R_D = 0$ -- (5) avec $\overline{AC} = r\cdot tg 45° = r$.

$\Rightarrow \sum M_A = r\cdot R_{C/B} + (\frac{3}{2}r\cdot\cos 45)P - 2r\cdot R_D = 0$: avec $R_{C/B} = R_{B/C} = \sqrt{2}\,G$.

$\Rightarrow R_D = \frac{1}{2}(\sqrt{2}\,G) + \frac{3}{4}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}P \Rightarrow \boxed{R_D = \frac{1}{\sqrt{2}}(G + \frac{3}{4}P)}$ (0,5)

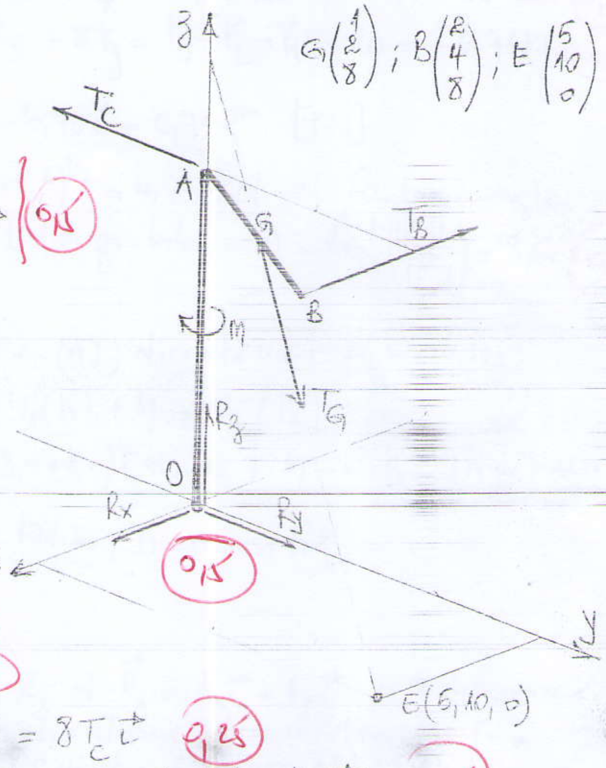
dans (3) $\Rightarrow \boxed{A_x = \frac{1}{2}(\frac{3}{4}P - G)}$ (0,5) ; dans (4) $\Rightarrow \boxed{A_y = \frac{1}{2}(G + \frac{5}{4}P)}$ (0,5)

Exo 4

(0,5) Barre (OAB) en Equilibre dans l'espace :

Liaison rotule en O $\Rightarrow \vec{R}_O(R_x, R_y, R_z)$.

$G\begin{pmatrix}1\\2\\8\end{pmatrix}$; $B\begin{pmatrix}2\\4\\8\end{pmatrix}$; $E\begin{pmatrix}5\\10\\0\end{pmatrix}$



(0,5)

Equilibre $\Rightarrow \sum \vec{F}_{ex} = \vec{R}_O + \vec{T}_C + \vec{T}_B + \vec{T}_G = \vec{0}$

et $\sum \vec{M}_O = \vec{OA}\wedge\vec{T}_C + \vec{OB}\wedge\vec{T}_B + \vec{OG}\wedge\vec{T}_G + \vec{M} = \vec{0}$ (0,5)

avec : $\vec{M} = -M\vec{k}$;

(0,25) $\vec{T}_C = -T_C\vec{j}$; $\vec{T}_B = -T_B\vec{i}$ (0,25)

(0,5) $\vec{T}_G = T_G\frac{\vec{GE}}{\|\vec{GE}\|}$; $\vec{GE} = 4\vec{i} + 8\vec{j} - 8\vec{k}$ et $\|\vec{GE}\| = (144)^{1/2} = 12$.

$\therefore \vec{T}_G = \frac{1}{3}T_G(\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k})$.

$$\Rightarrow \sum \vec{F}_{ex} = \begin{cases} \sum F_x = R_x - T_B + \frac{1}{3}T_G = 0 \text{ --- (1)} & (0,25) \\ \sum F_y = R_y - T_C + \frac{2}{3}T_G = 0 \text{ --- (2)} & (0,25) \\ \sum F_z = R_z - \frac{2}{3}T_G = 0 \text{ --- (3)} & (0,25) \end{cases}$$

Les moments : $\cdot\ \vec{M}_O(\vec{T}_C) = \vec{OA}\wedge\vec{T}_C = 8\vec{k}\wedge(-T_C\vec{j}) = 8T_C\vec{i}$ (0,25)

$\cdot\ \vec{M}_O(\vec{T}_B) = \vec{OB}\wedge\vec{T}_B = (2\vec{i} + 4\vec{j} + 8\vec{k})\wedge(-T_B\vec{i}) = 4T_B(-2\vec{j} + \vec{k})$. (0,25)

$\cdot\ \vec{M}_O(\vec{T}_G) \equiv \vec{OG}\wedge\vec{T}_G = \vec{OE}\wedge\vec{T}_G = (5\vec{i} + 10\vec{j})\wedge\frac{1}{3}T_G(\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k}) = \frac{10}{3}T_G(-2\vec{i} + \vec{j})$ (0,25)

$$\Rightarrow \sum \vec{M}_O = \underbrace{(8T_C - \frac{20}{3}T_G)}_{\equiv \sum M_x = 0 \text{ -- (4)}}\vec{i} + \underbrace{(-8T_B + \frac{10}{3}T_G)}_{\equiv \sum M_y = 0 \text{ --- (5)}}\vec{j} + \underbrace{(4T_B - M)}_{\equiv \sum M_z = 0 \text{ --- (6)}}\vec{k} = \vec{0}$$

de (6) $\Rightarrow \boxed{T_B = \frac{1}{4}M}$ (0,5) ; de (5) $\Rightarrow \boxed{T_G = \frac{3}{5}M}$ (0,5) ; dans (4) $\Rightarrow \boxed{T_C = \frac{1}{2}M}$ (0,5)

de (1) $\Rightarrow \boxed{R_x = \frac{1}{20}M}$ (0,5) ; de (2) $\Rightarrow \boxed{R_y = \frac{1}{10}M}$ (0,5) ; de (3) $\Rightarrow \boxed{R_z = \frac{2}{5}M}$ (0,5)

et biensûr : $R_O \equiv (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2}$

fb/ mehda abderrahmane

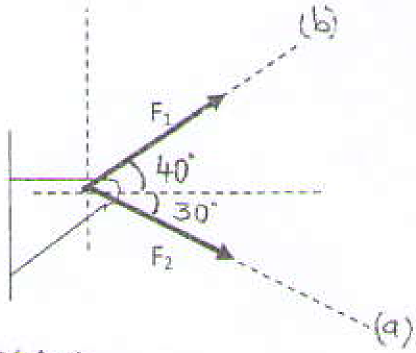
fb/ mehda abderrahmane

Université de Béjaïa 2012/2013

2ème Année Technologie

Examen de rattrapage de Physique 4

Exercice N°1: (05pts)



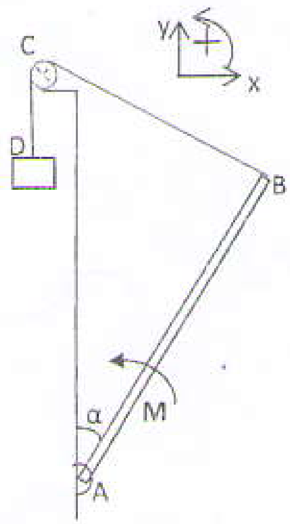
Les forces F_1 et F_2 agissent sur le support comme le montre la figure ci-contre. $F_1 = 100$ N , $F_2 = 80$ N

1) Représenter et déterminer la résultante R des deux forces F_1 et F_2.

2) Déterminer la projection de R sur l'axe b.

Exercice N°2 : (07pts)

Une tige AB, de poids P est articulée à un mur vertical en son extrémité A et retenue au niveau de l'autre extrémité B par un fil BCD enroulé sur une poulie. La tige AB en équilibre fait un angle α avec le mur, et le fil fait un angle droit avec la tige. Au niveau de l'autre extrémité D du fil, un poids Q est suspendu. Un couple M est appliqué sur la tige afin de la maintenir en équilibre (voir figure ci-contre).



On donne : AB=3m, α=30° , Q=40N et le couple M = 100 N.m

1) Isoler et représenter les forces extérieures qui agissent sur la tige

2) Ecrire, sous forme vectorielle, les équations d'équilibre.

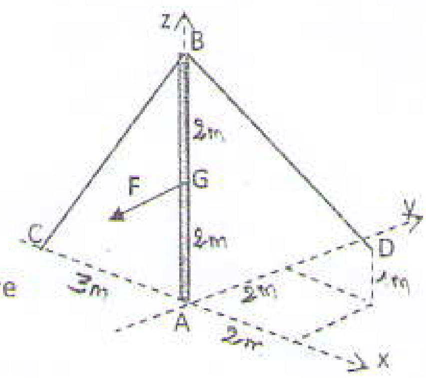
3) Déduire les équations d'équilibre projetées selon le système d'axes indiqué sur la figure.

4) Quelle est la valeur de la tension T dans le fil et du poids P nécessaire pour assurer l'équilibre de tige

5) Déterminer la réaction R_A de l'articulation.

Exercice N°3 (08pts)

Un mât vertical de poids négligeable est soumis à une force horizontale F de 4 KN (parallèle à l'axe y) et est maintenue à la vertical par deux câbles BC et BD et par une liaison rotules (sphérique) en A.



1) Exprimer vectoriellement la force F et les deux tensions T_{BC} et T_{BD} agissant sur le mât en fonction de i, j et k.

2) Ecrire l'équation vectorielle exprimant la première condition d'équilibre du mât désignant une résultante nulle. Déduire les équations projetées selon les trois axes x,y,z.

3) Déterminer les vecteurs moments par rapport à A de F, T_{BC} et T_{BD} .

4) Donner les équations d'équilibre, projetées selon les trois axes, caractérisant un moment résultant nul.

5) Déduire les deux tensions T_{BC} et T_{BD} ainsi que la réaction R_A.

Université A. MIRA de Bejaia
faculté de technologie
département ST, 2eme année

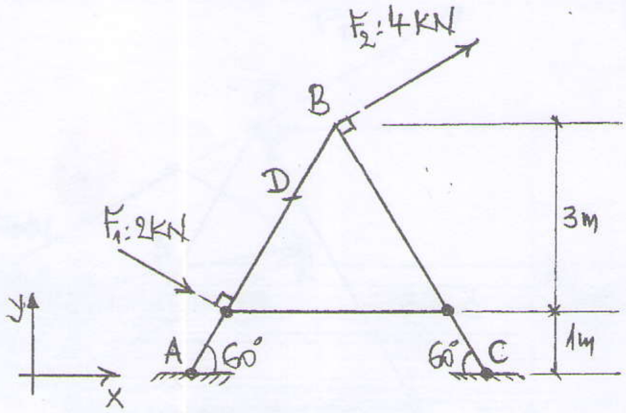
Rattrapage de physique 4
du dimanche 7 septembre 2014

Exercice 1:

1- représentez graphiquement la résultante R des forces agissant sur la charpente illustrée.

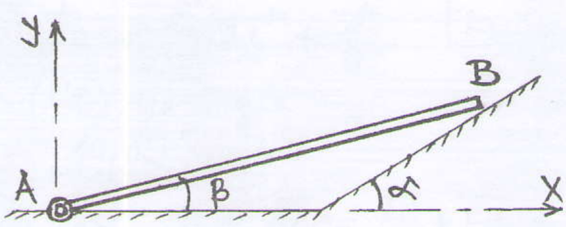
2- sachant que $R=F_1+F_2$, exprimez R en fonction des vecteurs unitaires (i,j), déduisez son module R et l'angle θ entre R et l'axe horizontal Ox,

3- si R passe par un point D de la barre AB, calculez la distance S = AD.



Exercice 2:

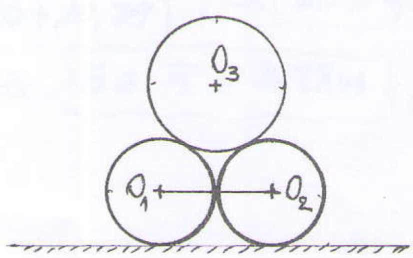
une barre AB de poids P est articulée en A et s'appuie simplement sur un plan incliné en B. déterminez les réactions R_A et R_B sur la barre AB



Exercice 3:

un cylindre homogène de rayon R et de poids Q est posé sur 2 cylindres identiques de rayon r et de poids P comme illustré sur la figure. les centres des 2 cylindres sont reliés par un fil long de $2r$. en fonction de Q, P, R et r détérminez:

- la tension T du fil,
- l'action du plan sur les 2 cylindres (N_1, N_2),
- l'action réciproque des cylindres (N_{13}, N_{23}).

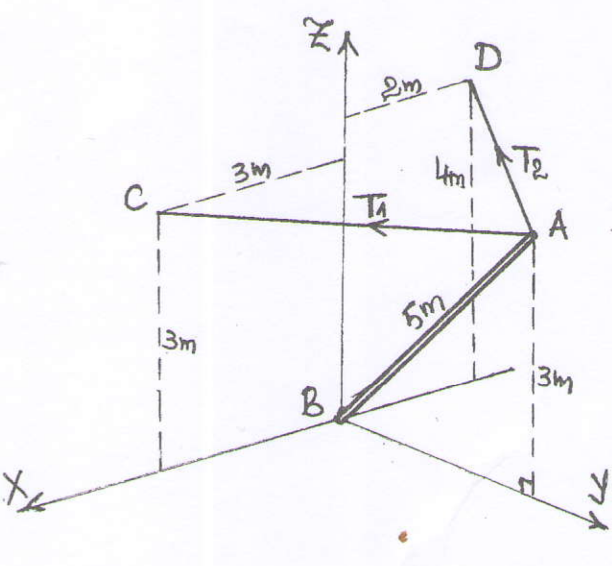


Exercice 4:

la tige d'acier homogène AB de ***200Kg*** est retenue par les câbles AC et AD fixés au mur vertical et par l'articulation sphérique (rotule) en B. calculez:

- les expressions vectorielles de T_1, T_2 et mg,
- les vecteurs moments par rapport à B de T_1, T_2 et mg,

appliquez les conditions d'équilibre pour déduire la tension T_1 et la réaction R_B en B.



$(g = 10m/s^2)$

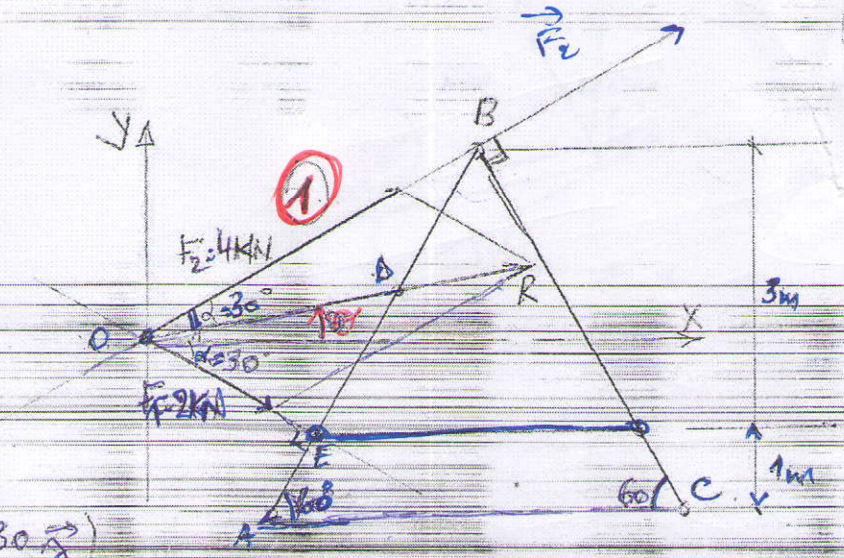
Exo 1 :

4

$F_1 \perp AB$ en E.

$F_2 \perp BC$ en B.

{ L'angle $\alpha = 30$ est déduit facilement avec le graphe



② On calcule $\vec{R}$

$$\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$$

1

$$= (F_1 \cos 30 \vec{i} - F_1 \sin 30 \vec{j})$$

$$+ (F_2 \cos 30 \vec{i} + F_2 \sin 30 \vec{j})$$

$$\vec{R} = (F_1 + F_2)\cos 30 \vec{i} + (F_2 - F_1)\sin 30 \vec{j} = 5{,}19\vec{i} + \vec{j} \quad [KN]$$

$\|\vec{R}\| = 5{,}29\,KN$, faisant avec l'axe (Ox) un Angle

0,5

$$\theta = tg^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = 10{,}89° \quad 0,5$$

③ R passe par Δ de la barre (AB) ; On veut $S = \overline{AΔ} = \overline{AE} + \overline{EΔ}$

- Le triangle (OEB) ; On déduit $\overline{OE}$

0,5

$$tg30 = \frac{\overline{OE}}{\overline{EB}} \Rightarrow \overline{OE} = \overline{EB} \cdot tg30 = \left(\frac{3}{\sin 60}\right) \cdot tg30 \Rightarrow \boxed{\overline{OE} = 2m}$$

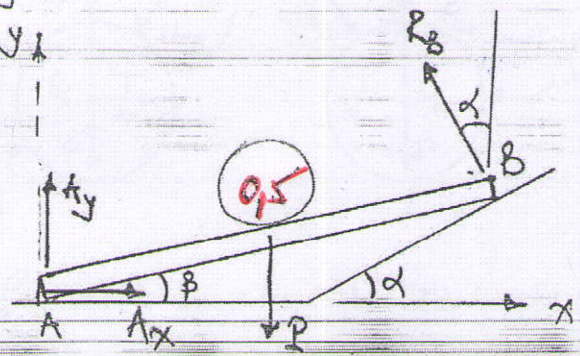
- Le Triangle $(OEΔ)$: $\overline{ΔE} = \overline{OE} \cdot tg(30 + \theta)$

$$= 2 \cdot tg(30 + 10{,}89) \Rightarrow \boxed{\overline{ΔE} = 1{,}73\,m}$$

$$\Rightarrow S = \overline{AΔ} = \overline{AE} + \overline{EΔ} = \frac{1}{\sin 60} + 1{,}73 \Rightarrow \boxed{S = \overline{AΔ} = 2{,}88\,m} \quad 0,5$$

~~Corrigé de l'exercice N° 1 de la synthèse du 12 juin 2005.~~

4



Equilibre $\Rightarrow \sum \vec{F}_{ex} = \vec{0}$ et $\sum \vec{M}_{/A} = \vec{0}$

Projection

0,5 $\sum F_x = A_x - R_B \sin\alpha = 0$ ... (1)

0,5 $\sum F_y = A_y - P + R_B \cos\alpha = 0$ ... (2)

1 $\sum M_A = \underbrace{(R_B \cos\alpha)}_{R_{By}} \cdot AB \cdot \cos\beta + \underbrace{(R_B \sin\alpha)}_{R_{Bx}} AB \sin\beta - P\frac{AB}{2}\cos\beta = 0$

$\Rightarrow R_B\left[\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta\right] - \frac{1}{2}P\cos\beta = 0$ ... (3)

de (3) $\Rightarrow R_B\left[\cos(\alpha-\beta)\right] = \frac{1}{2}P\cos\beta$

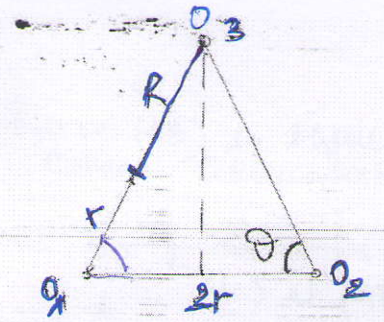
$\Rightarrow \boxed{R_B = \frac{1}{2}P \cdot \frac{\cos\beta}{\cos(\alpha-\beta)}}$ 0,5

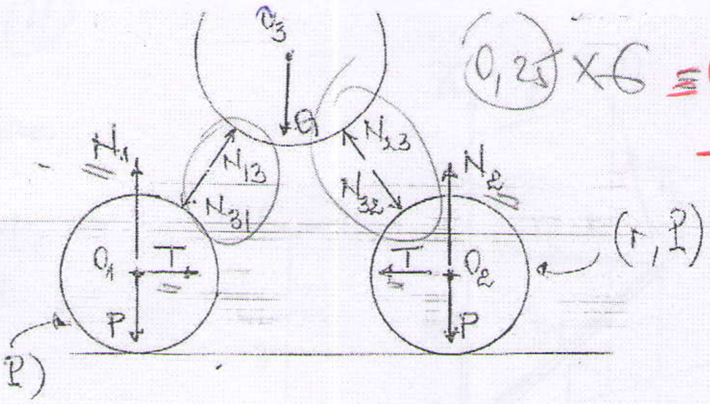
de (1) $\Rightarrow \boxed{A_x = \frac{1}{2}P\frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta}{\cos(\alpha-\beta)}}$ 0,5

de (2) $\Rightarrow A_y = P - \frac{1}{2}P\frac{\cos\alpha\cos\beta}{\cos(\alpha-\beta)} = \boxed{P\left[1 - \frac{\cos\alpha\cos\beta}{2\cos(\alpha-\beta)}\right]}$ 0,5

6

$(0{,}25) \times 6 = 1{,}5$





* On veut l'action des cylindres inférieurs sur le cylindre supérieur $\Rightarrow N_{13}$ ou N_{23}

* La tension dans le fil (T ?) et l'action du sol sur sur les cylindres O_1 et O_2 $\Rightarrow N_1$ ou N_2.

. On définit l'angle θ tq : $\cos\theta = \dfrac{r}{r+R}$, $\sin\theta = \dfrac{(R^2+2rR)^{1/2}}{(r+R)}$ 0,5

.. Equilibre du cylindre O_3 :

0,5 * $\sum F_x = N_{23}\cos\theta - N_{13}\cos\theta = 0 \Rightarrow N_{23} = N_{13}$

0,5 * $\sum F_y = N_{13}\sin\theta + N_{23}\sin\theta - Q = 0 \Rightarrow N_{13} = N_{23} = \dfrac{Q}{2\sin\theta}$

$N_{13} = N_{23}$ et $N_{13} = \dfrac{Q\cdot(r+R)}{2(R^2+2rR)^{1/2}}$ 0,5 $N_{13} = N_{23} = N_{32} = N_{31}$ 0,5

... Equilibre de l'un des 2 cylindres (On prend O_1) :

0,5 * $\sum F_x = T - N_{31}\cos\theta = 0 \Rightarrow T = N_{31}\cos\theta = \dfrac{Q(r+R)}{2(R^2+2rR)^{1/2}}\cdot\dfrac{r}{(r+R)}$

$$\Rightarrow \boxed{T = \frac{Q\cdot r}{2(R^2+2Rr)^{1/2}}}$$ 0,5

0,5 * $\sum F_y = N_1 - P - N_{31}\sin\theta = 0$

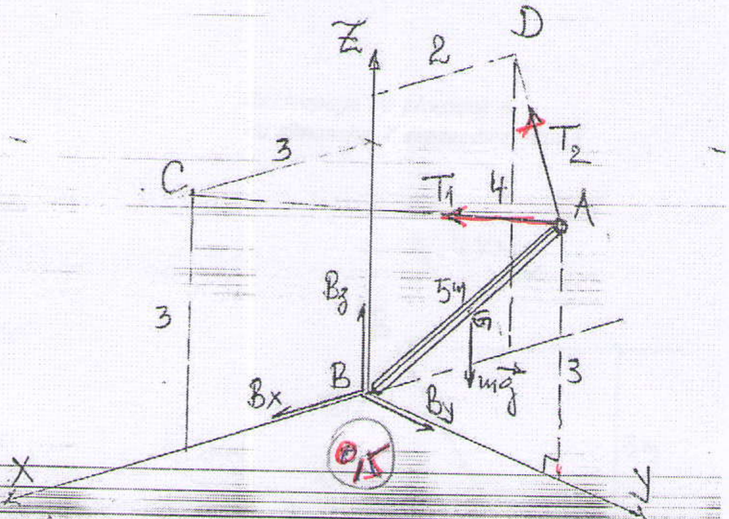
$$\Rightarrow N_1 = P + \frac{Q(r+R)}{2(R^2+2rR)^{1/2}}\cdot\frac{(R^2+2rR)^{1/2}}{(r+R)} = P + \frac{Q}{2}$$

$$\boxed{N_1 = N_2 = P + \frac{Q}{2}}$$ 0,5

Exo4 : 6

Barre (AB) en équilibre comme schématisée.

- Tensions T_1, T_2 dans les fils (AC) et (AD)
- Poids $m\vec{g}$.
- réaction en B sous forme :
  $\vec{R}_B = B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k}$
  (Liaison rotule).



***** Expressions vectorielles pour T_1, T_2 et mg.

- $\vec{T}_1 = T_1 \cdot \frac{\vec{AC}}{\|\vec{AC}\|}$
- $\vec{T}_2 = T_2 \cdot \frac{\vec{AD}}{\|\vec{AD}\|}$
- $m\vec{g} = -mg\vec{k}$

Coordonnées des points ;
$A(0, \sqrt{25-9}, 3) \equiv (0,4,3)$
$C(3,0,3)$
$D(-2,0,4)$

$\Rightarrow \vec{AC} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$; $\|\vec{AC}\| = 5$
$\vec{AD} = -2\vec{i} - 4\vec{j} + \vec{k}$;
$\|\vec{AD}\| = \sqrt{21}$

0,5 $\vec{T}_1 = \frac{T_1}{5}(3\vec{i} - 4\vec{j})$

0,5 $\vec{T}_2 = \frac{T_2}{\sqrt{21}}(-2\vec{i} + 4\vec{j} - \vec{k})$

0,5 $m\vec{g} = -mg\vec{k} = -2000\vec{k}$ [N]

$\begin{cases} \vec{T}_1 = T_1(0,6\vec{i} - 0,8\vec{j}) \\ \vec{T}_2 = T_2(-0,44\vec{i} + 0,87\vec{j} - 0,22\vec{k}) \end{cases}$

***** Les vecteurs moments : $\vec{M}_B(\vec{T}_1)$; $\vec{M}_B(\vec{T}_2)$ et $\vec{M}_B(m\vec{g})$.

0,5 · $\vec{M}_B(\vec{T}_1) = \vec{BA} \wedge \vec{T}_1$ avec $\vec{BA} = 4\vec{j} + 3\vec{k}$,
$= (4\vec{j} + 3\vec{k}) \wedge \left(\frac{T_1}{5}\right)(3\vec{i} - 4\vec{j}) = \frac{T_1}{15}(4\vec{i} + 3\vec{j} - 4\vec{k})$

0,5 ·· $\vec{M}_B(\vec{T}_2) = \vec{BA} \wedge \vec{T}_2 = (4\vec{j} + 3\vec{k}) \wedge \left(-\frac{T_2}{\sqrt{21}}\right)(2\vec{i} + 4\vec{j} - \vec{k})$
$= \frac{2T_2}{\sqrt{21}}(8\vec{i} - 3\vec{j} + 4\vec{k})$.

0,5 ··· $\vec{M}_B(m\vec{g}) = \vec{BG} \wedge m\vec{g} = \frac{1}{2}(\vec{BA}) \wedge (-mg\vec{k}) = -2mg\vec{i}$.

3* Conditions d'équilibre de (AB) : $\sum \vec{F}_{ex} = \vec{0}$ et $\sum \vec{M}_B = \vec{0}$

· $\sum \vec{F}_{ex} = m\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{R}_B = \vec{0}$ (0,25) $\Rightarrow \begin{cases} \sum F_x = B_x + \frac{3}{5}T_1 + \frac{16}{\sqrt{21}}T_2 = 0 \quad \ldots (1) \quad 0,25 \\ \sum F_y = B_y - \frac{4}{5}T_1 - \frac{8}{\sqrt{21}}T_2 = 0 \quad \ldots (2) \quad 0,25 \\ \sum F_z = B_z + \frac{T_2}{\sqrt{21}} - mg = 0 \quad \ldots (3) \quad 0,25 \end{cases}$

·· $\sum \vec{M}_B = \vec{M}_B(\vec{T}_1) + \vec{M}_B(\vec{T}_2) + \vec{M}_B(m\vec{g}) = \vec{0}$ 0,25

$\Rightarrow \underbrace{\left(\frac{4T_1}{\sqrt{15}} + \frac{16}{\sqrt{21}}T_2 - mg\right)}_{(4)\ 0,25}\vec{i} + \underbrace{\left(\frac{3}{15}T_1 - \frac{6T_2}{\sqrt{21}}\right)}_{(5)\ 0,25}\vec{j} + \underbrace{\left(\frac{-4}{15}T_1 + \frac{8}{\sqrt{21}}T_2\right)}_{(6)\ 0,25}\vec{k} = \vec{0}$

de (5) $\Rightarrow T_2 = 0,153\,T_1$
dans (4) $\Rightarrow T_1 = 1,276\,mg$
0,25 $= 2552,3$ N
$\Rightarrow T_2 = 390,5$ N

dans (1), (2) et (3)
$B_x = -2894,8$ N
$B_y = 2723,5$ N
$B_z = 1442,7$ N

$\Rightarrow R_B = \left[B_x^2 + B_y^2 + B_z^2\right]^{1/2} = 4228,4$ N

0,25

fb/ mehda abderrahmane

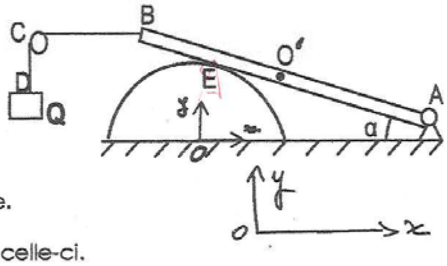
Université A. Mira Béjaïa
Faculté de la Technologie

Département 2ème Année ST

Février 2010

Examen de Physique 4

Exercice N°1 : (08 pts)

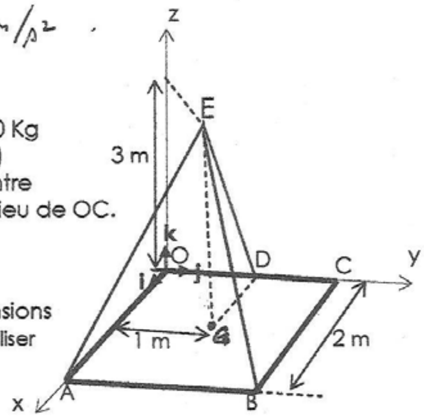


Une barre AB, de poids P=400N et de longueur L=4a, articulée à son extrémité A et repose sur une surface cylindrique parfaitement lisse. Au niveau de l'autre extrémité B est attaché un fil BCD enroulé sur une poulie et soulevant une charge Q=200N. La partie BC du fil est horizontale comme l'indique la figure ci-contre.

1) Isoler la barre et représenter les forces s'exerçant sur celle-ci.
2) Déterminer la réaction de l'articulation R_A.
3) Déduire la force de pression F exercée par la barre sur le la surface cylindrique.
4) Dans le cas d'une barre de poids négligeable, donner une représentation des trois forces qui agissent sur la barre et déduire le triangle des forces correspondant.

On donne : a=30°, O'A=O'B= 2a et BE= a. , $g = 10\ m/s^2$.

Exercice N°2 : (07 pts)

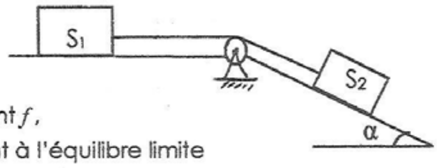


Un plaque en béton de forme carrée OABC de masse 500 Kg est maintenue en équilibre dans le plan horizontal (Ox,Oy) à l'aide de trois câbles AE, BE, DE. Le point G étant le centre de gravité de la plaque et le point d'attache D est au milieu de OC.

1) Exprimer vectoriellement les tensions T_{AE}, T_{BE}, T_{DE} .
2) Calculer la tension dans chaque câble.
3) Déterminer le vecteur moment résultant M_T des trois tensions par rapport au point O (indication : pour moins de calcul, utiliser l'équation d'équilibre des moments par rapport à O).

Exercice N°3 : (05 pts)

Deux blocs parallélépipédiques S_1 et S_2 ayant le même poids P et reliés par un fil passant sur une poulie (les frottements entre le fil et la poulie étant négligeables) reposent respectivement sur un plan horizontal et sur un plan incliné.



On désigne par f le coefficient de frottement entre les blocs et les surfaces de contact.

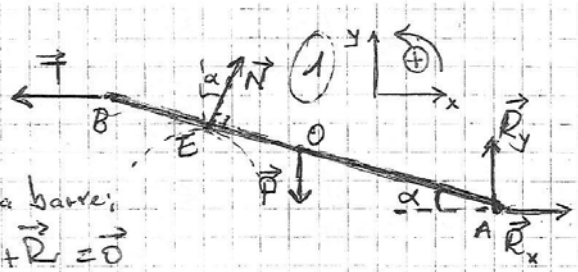
1°/ Déterminer, en fonction du coefficient de frottement f, l'angle d'inclinaison α du plan incliné correspondant à l'équilibre limite (juste avant que e bloc S_2 ne commence à descendre).

2°/ Calculer α pour $f = 0{,}25$.

Corrigé de l'examen
Physique 4

Exercice N°1 (8)

1)



2) Conditions d'équilibre de la barre :

$$(0,5)\begin{cases}(I) : \sum \vec{F}_{/ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{T} + \vec{N} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \\ (II) : \sum \vec{M}_{/A} = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_{/A}(\vec{T}) + \vec{M}_{/A}(\vec{N}) + \vec{M}_{/A}(\vec{P}) = \vec{0}\end{cases}$$

$; \vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y$

$\vec{M}_{/A}(\vec{R}) = \vec{0}$

Projection :

$$(I) \Rightarrow \begin{cases} x : -T + N\sin\alpha + R_x = 0 \quad — (1) \quad (0,5) \\ y : N\cos\alpha - P + R_y = 0 \quad — (2) \quad (0,5)\end{cases}$$

D'autre part : $T = Q$ (0,5) (Equilibre de la charge Q.)

D'où : $R_x = Q - N\sin\alpha$

$R_y = P - N\cos\alpha$

$\underline{N = ?}$ (II) $\Rightarrow$ $T.(4a)\sin\alpha - N.(3a) + P.(2a)\cos\alpha = 0$ (1,5)

$\Rightarrow N = \frac{2}{3}\left(P\cos\alpha + 2Q\sin\alpha\right)$

A.N : $N = 364,27\ N$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_x = 17,86\ N \quad (0,5) \\ R_y = 84,53\ N \quad (0,5)\end{cases}$$

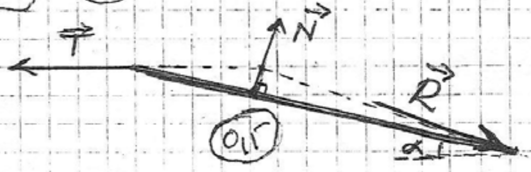
$\Rightarrow R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 86,39\ N$ (0,5)

3) Force de pression $\vec{F}$:

$\vec{F} = -\vec{N} \Rightarrow F = N$ (0,5)

$\Rightarrow \boxed{F = 364,27\ N}$ (0,5)

4)



fb/ mehda abderrahmane

Exercice N° 2 : $P = mg = 5000\,N$

1) $A(2,0,0)$; $B(2,2,0)$; $D(0,1,0)$; $E(1,1,3)$, $G(1,1,0)$

* $\vec{T}_{AE} = T_{AE} \cdot \frac{\vec{AE}}{\|\vec{AE}\|}$; $\vec{AE}\begin{pmatrix}-1\\1\\3\end{pmatrix}$, $\|\vec{AE}\| = \sqrt{11} \Rightarrow \vec{T}_{AE} = \frac{1}{\sqrt{11}}(-\vec{i}+\vec{j}+3\vec{k})\,T_{AE}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{T}_{AE} = (-0{,}3\,\vec{i} + 0{,}3\,\vec{j} + 0{,}9\,\vec{k})\,T_{AE}}$ 0,5

* $\vec{T}_{BE} = T_{BE} \cdot \frac{\vec{BE}}{\|\vec{BE}\|}$; $\vec{BE}\begin{pmatrix}-1\\-1\\3\end{pmatrix}$, $\|\vec{BE}\| = \sqrt{11} \Rightarrow \vec{T}_{BE} = \frac{1}{\sqrt{11}}(-\vec{i}-\vec{j}+3\vec{k})\,T_{BE}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{T}_{BE} = (-0{,}3\,\vec{i} - 0{,}3\,\vec{j} + 0{,}9\,\vec{k})\,T_{BE}}$ 0,5

* $\vec{T}_{DE} = T_{DE}\,\frac{\vec{DE}}{\|\vec{DE}\|}$, $\vec{DE} = \begin{pmatrix}1\\0\\3\end{pmatrix}$; $\|\vec{DE}\| = \sqrt{10} \Rightarrow \vec{T}_{DE} = \frac{1}{\sqrt{10}}(\vec{i} + 3\vec{k})\,T_{DE}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{T}_{DE} = (0{,}32\,\vec{i} + 0{,}96\,\vec{k})\,T_{DE}}$ 0,5

2) Condition d'équilibre de la plaque : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

0,5 $\vec{T}_{AE} + \vec{T}_{BE} + \vec{T}_{DE} + \vec{P} = \vec{0}$ avec : $\vec{P} = -P\vec{k}$.

$$\Rightarrow \begin{cases} -0{,}3\,T_{AE} - 0{,}3\,T_{BE} + 0{,}32\,T_{DE} = 0 & \text{---- (1)} \quad 0{,}5 \\ 0{,}3\,T_{AE} - 0{,}3\,T_{BE} = 0 & \text{---- (2)} \quad 0{,}5 \\ 0{,}9\,T_{AE} + 0{,}9\,T_{BE} + 0{,}96\,T_{DE} - P = 0 & \text{-- (3)} \quad 0{,}5 \end{cases}$$

de (2) $\Rightarrow$ $\underline{T_{AE} = T_{BE}}$ 0,5 $\Rightarrow \begin{cases} T_{DE} = 2604{,}17\,N & 0{,}5 \\ T_{AE} = 1388{,}88\,N & 0{,}5 \end{cases}$

3) Equation d'équilibre des moments : $\sum \vec{M}_{/o} = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{AE}) + \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{BE}) + \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{DE}) + \vec{M}_{/o}(\vec{P}) = 0$ 0,5

D'où : 0,5 $\vec{M}_T = \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{AE}) + \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{BE}) + \vec{M}_{/o}(\vec{T}_{DE}) = -\vec{M}_{/o}(\vec{P}) = -(\vec{OG} \wedge \vec{P})$ 0,5

0,5

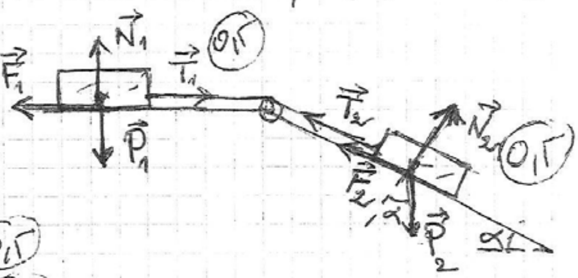
$\Rightarrow \vec{M}_T = -(\vec{i} + \vec{j}) \wedge (-P\vec{k}) = P(-\vec{j} + \vec{i}) = \underline{5000(\vec{i} - \vec{j})}$ .N

<u>Ou bien</u> : $\vec{M}_T = \underline{\vec{OA}} \wedge \vec{T}_{AE} + \underline{\vec{OB}} \wedge \vec{T}_{BE} + \underline{\vec{OD}} \wedge \vec{T}_{DE}$ $\rightarrow$ 1,5 (après développement)

$\Rightarrow \vec{M}_T = 5000(\vec{i} - \vec{j})$ (N.m) 0,5

Exercice N°3 : Equilibre limite, avant que (S2) ne descend

1) Equilibre de chaque bloc :



(S1) : $\vec{N}_1 + \vec{F}_1 + \vec{T}_1 + \vec{P}_1 = \vec{0}$ (0,5)

$$\Rightarrow \begin{cases} N_1 = P_1 & (0,5) \\ F_1 = T_1 & (0,5) \end{cases}$$

(S2) : $\vec{N}_2 + \vec{F}_2 + \vec{T}_2 + \vec{P}_2 = \vec{0}$

$$\Rightarrow \begin{cases} N_2 = P_2 \cos\alpha & (0,5) \\ P_2 \sin\alpha - F_2 = T_2 & (0,5) \end{cases}$$

D'autre part : $F_1 = f\,N_1$; $F_2 = f\,N_2$ (0,5)

et (0,5) $T_1 = T_2$ (frottement fil/poulie négligeable)

D'où :

$$f N_1 = f P_1 = P_2 \sin\alpha - f N_2 = P_2(\sin\alpha - f\cos\alpha)$$

$$P_1 = P_2 = P \Rightarrow f = \sin\alpha - f\cos\alpha$$

$$\Rightarrow f(1+\cos\alpha) = \sin\alpha \Rightarrow \boxed{f = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}}$$

On a : $\sin\alpha = \sin 2(\frac{\alpha}{2}) = 2\sin\frac{\alpha}{2}.\cos\frac{\alpha}{2}$

$\cos\alpha = \cos 2(\frac{\alpha}{2}) = \cos^2\frac{\alpha}{2} - \sin^2\frac{\alpha}{2}$

$$\Rightarrow f = tg(\tfrac{\alpha}{2}) \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = Arctg(f) \Rightarrow \boxed{\alpha = 2\,Arctg(f)} \quad (0,5)$$

2) **A.N :** $f = 0,25 \Rightarrow \alpha \simeq 28°$ (0,5)

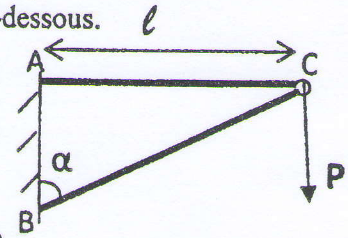
fb/ mehda abderrahmane

2ème Année ST, Université de Béjaïa — 2010/2011

Examen Final de Physique 4

Exercice N°1: (03pts)

Une force P verticale est appliquée sur la structure ACB comme indiqué sur la figure ci-dessous.



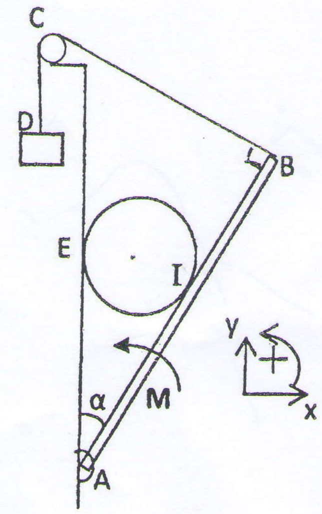
a) Représenter schématiquement la décomposition de la force **P** selon les deux axes AC et BC. On désigne par $\mathbf{P_{AC}}$ et $\mathbf{P_{BC}}$ les deux composantes.

b) Trouver l'expression de P_{AC} et de P_{BC} en fonction de P et α

c) Donner le module du moment de **P** et de $\mathbf{P_{AC}}$ par rapport au point B en fonction de P et ℓ. Comparer les deux moments et justifier.

Exercice N°2 : (08pts)

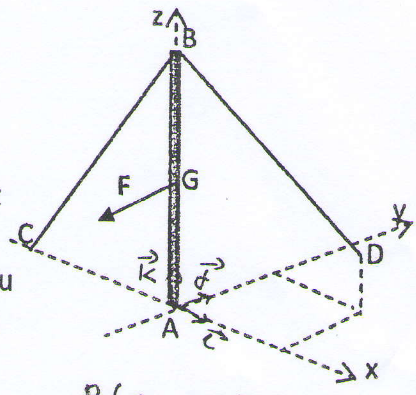
Une boule d'acier de poids P=400N est maintenue en équilibre entre un mur vertical et une tige AB, de poids négligeable. La tige est articulée au mur à son extrémité A et retenue au niveau de l'autre extrémité B par un fil BCD enroulé sur une poulie. La tige AB fait un angle α avec le mur et le fil fait un angle droit avec la tige en B. Au niveau de l'autre extrémité D du fil, un poids Q est suspendu. La boule s'appuie sur le mur au point E et repose sur la tige au point I. Un couple M est appliqué sur la tige afin de la maintenir en équilibre (voir figure ci-contre).
On donne : AB=3m, AI=2m, α=30° et le couple M = 100 N.m



1) Isoler et représenter les forces extérieures qui agissent sur le système composé (boule + tige) en équilibre.
2) Isoler la boule seule et la tige seule en représentant les forces extérieures qui s'exercent sur chacun des deux.
3) Ecrire, sous forme vectorielle, les équations d'équilibre de la boule et de la barre.
4) Déduire les équations d'équilibre projetées selon le système d'axes indiqué sur la figure.
5) Quelle est la valeur du poids Q nécessaire pour assurer l'équilibre du système.
6) Déterminer la réaction R_A de l'articulation.

Exercice N°3 (07pts)

Un mât vertical léger résiste à une force F de 4 KN et est gardé à la vertical par deux câbles BC et BD et par une liaison rotules (sphérique) en A.
1) Exprimer vectoriellement la force **F** et les deux tensions $\mathbf{T_{BC}}$ et $\mathbf{T_{BD}}$ agissant sur le mât en fonction de **i, j** et **k**.
2) Ecrire l'équation vectorielle exprimant la première condition d'équilibre du mât désignant une résultante nulle. Déduire les équations projetées selon les trois axes x,y,z.
3) Déterminer les vecteurs moments par rapport à A de **F**, $\mathbf{T_{BC}}$ et $\mathbf{T_{BD}}$.
4) Donner les équations d'équilibre, projetées selon les trois axes, caractérisant un moment résultant nul. Déduire les deux tensions T_{BC} et T_{BD}.



B(0, 0, 10)
C(−5, 0, 0), G(0, 0, 5)
D(4, 4, 2)

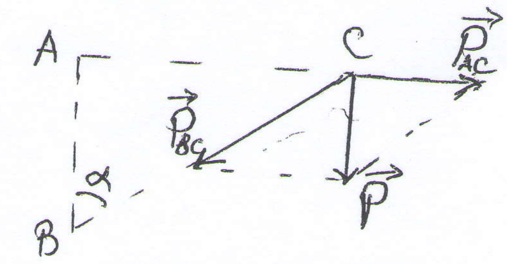
Questions de Cours : (02pts)

Dans le cas d'un corps de poids P reposant sur un plan horizontal rugueux de coefficient de frottement f_0 :
a) Selon quelle direction et dans quelle sens agira la force de frottement F si on commence à pousser le corps vers la droite ?

Corrigé de l'examen Physique 04

Exo 1 : /03 pts

a)



$$\vec{P} = \vec{P}_{BC} + \vec{P}_{AC}$$

b) $P_{AC} = P\,\mathrm{tg}\alpha$, $P_{BC} = \dfrac{P}{\cos\alpha}$

c) $M_{/B}(\vec{P}) = P.AC = P.\ell$

$M_{/B}(\vec{P}_{AC}) = P_{AC}.AB = P.\mathrm{tg}\alpha.AB$

or : $AB = \dfrac{\ell}{\mathrm{tg}\alpha} \Rightarrow M_{/B}(\vec{P}_{AC}) = P.\ell$

On constate que : $M_{/B}(\vec{P}) = M_{/B}(\vec{P}_{AC})$

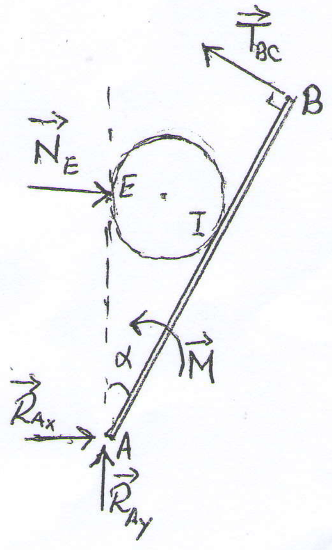
Justification : $\vec{M}_{/B}(\vec{P}) = \vec{M}_{/B}(\vec{P}_{AC}) + \vec{M}_{/B}(\vec{P}_{BC})$

Or : $\vec{M}_{/B}(\vec{P}_{BC}) = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_{/B}(\vec{P}) = \vec{M}_{/B}(\vec{P}_{AC})$

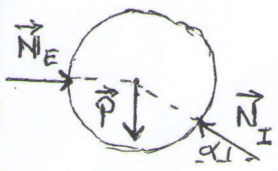
D'où : $M_{/B}(\vec{P}) = M_{/B}(\vec{P}_{AC})$.

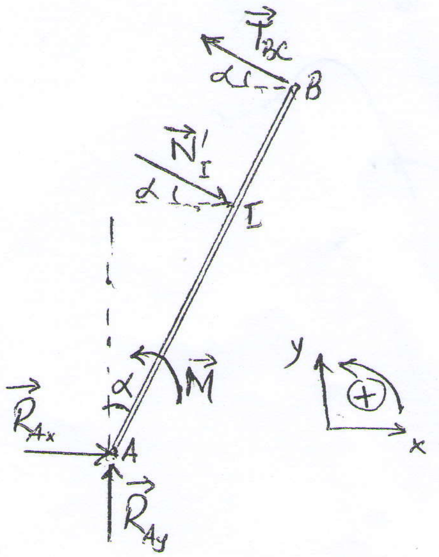
Exo 2 : /08 pts

1)



2)





avec : $\vec{N}'_I = -\vec{N}_I$

3) Equilibre de la boule : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{N}_E + \vec{N}_I = \vec{0}$ -- (I)

" " " tige : $\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_A + \vec{N}'_I + \vec{T}_{BC} = \vec{0} \text{ -- (II)} \\ \sum \vec{M}_{/A} = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_{/A}(\vec{N}'_I) + \vec{M}_{/A}(\vec{T}_{BC}) + \vec{M} = \vec{0} \text{ -- (III)} \end{cases}$

4) Equations projetées :

(I) : $\begin{cases} \underline{x} : N_E - N_I\cos\alpha = 0 \text{ -- (1)} \\ \underline{y} : -P + N_I\sin\alpha = 0 \text{ -- (2)} \end{cases}$

(II) : $\begin{cases} \underline{x} : R_{Ax} + N'_I\cos\alpha - T_{BC}\cos\alpha = 0 \text{ -- (3)} \\ \underline{y} : R_{Ay} - N'_I\sin\alpha + T_{BC}\sin\alpha = 0 \text{ -- (4)} \end{cases}$

(III) : $-N'_I.AI + T_{BC}.AB + M = 0$ -- (5) ; et : $N'_I = N_I$

5) Le fil BCD étant inextensible et les frottements négligés page (2)

D'où : $T_{BC} = Q$

Ainsi : l'eqt° (5) donne : $T_{BC} = \dfrac{N_I \cdot AI - M}{AB}$

et (2) donne : $N_I = \dfrac{P}{\sin\alpha}$, $\underline{\alpha = 30°}$, $N_I = 800\,N$

D'où : $Q = \dfrac{2P}{3\sin\alpha} - \dfrac{M}{3} = \dfrac{4P - M}{3} = 500\,N.$

6) Des deux éqt°s (3) et (4) :

$R_{A_x} = (Q - N_I)\cos\alpha$, $R_{A_x} = -259{,}8\,N$

$R_{A_y} = (-Q + N_I)\sin\alpha$, $R_{A_y} = 150\,N$

$R_{A_x} < 0 \Rightarrow$ le sens de $\vec{R}_{A_x}$ doit être inverser..

$\Rightarrow R_A = \sqrt{R_{A_x}^2 + R_{A_y}^2} = 299{,}3\,N$

Exo 3 : /07 pts

1) $\vec{F} = -F\vec{j}$, $\vec{T}_{BC} = T_{BC}\dfrac{\overrightarrow{BC}}{\|\overrightarrow{BC}\|}$, $\vec{T}_{BD} = T_{BD}\dfrac{\overrightarrow{BD}}{\|\overrightarrow{BD}\|}$

$\overrightarrow{BC} = \begin{pmatrix} -5 \\ 0 \\ -10 \end{pmatrix}$, $\overrightarrow{BD} = \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \\ -8 \end{pmatrix}$, $\|\overrightarrow{BC}\| = 5\sqrt{5}$, $\|\overrightarrow{BD}\| = \sqrt{96} = 4\sqrt{6}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{T}_{BC} = \dfrac{T_{BC}}{\sqrt{5}}\left(-\vec{i} - 2\vec{k}\right) = -\dfrac{T_{BC}}{\sqrt{5}}\left(\vec{i} + 2\vec{k}\right) = -T_{BC}\left(0{,}447\vec{i} + 0{,}894\vec{k}\right) \\ \vec{T}_{BD} = \dfrac{T_{BD}}{\sqrt{6}}\left(\vec{i} + \vec{j} - 2\vec{k}\right) = T_{BD}\left(0{,}408\vec{i} + 0{,}408\vec{j} - 0{,}816\vec{k}\right) \end{cases}$$

2) Résultante nulle : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_A + \vec{F} + \vec{T}_{BC} + \vec{T}_{BD} = \vec{0}$

Eqt° projetées :
$$\begin{cases} \underline{x} : R_{A_x} - \dfrac{T_{BC}}{\sqrt{5}} + \dfrac{T_{BD}}{\sqrt{6}} = 0 \quad (1) \\ \underline{y} : R_{A_y} - F + \dfrac{T_{BD}}{\sqrt{6}} = 0 \quad (2) \\ \underline{z} : R_{A_z} - \dfrac{2T_{BC}}{\sqrt{5}} - \dfrac{2T_{BD}}{\sqrt{6}} = 0 \quad (3) \end{cases}$$

$\vec{R}_A = \vec{R}_{A_x} + \vec{R}_{A_y} + \vec{R}_{A_z}$
$= R_{A_x}\vec{i} + R_{A_y}\vec{j} + R_{A_z}\vec{k}$

3) $\vec{M}_{/A}(\vec{F}) = \overrightarrow{AG} \wedge \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & 5 \\ 0 & -F & 0 \end{vmatrix} = 5F\vec{i}$

$\vec{M}_{/A}(\vec{T}_{BC}) = \overrightarrow{AB} \wedge \vec{T}_{BC} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & 10 \\ -1 & 0 & -2 \end{vmatrix} \dfrac{T_{BC}}{\sqrt{5}} = -\dfrac{10}{\sqrt{5}} T_{BC}\,\vec{j}$

$\vec{M}_{/A}(\vec{T}_{BD}) = \overrightarrow{AB} \wedge \vec{T}_{BD} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & 10 \\ 1 & 1 & -2 \end{vmatrix} \dfrac{T_{BD}}{\sqrt{6}} = \dfrac{10\,T_{BD}}{\sqrt{6}}\left(-\vec{i} + \vec{j}\right)$

fb/ mehda abderrahmane

4) Moment résultant nul : $\sum \vec{M}_{/A} = \vec{0}$

$$\vec{M}_{/A}(\vec{F}) + \vec{M}_{/A}(\vec{T}_{BC}) + \vec{M}_{/A}(\vec{T}_{BD}) = \vec{0}$$

D'où, les éqts projetées :

$$\begin{cases} 5F - \dfrac{10}{\sqrt{6}} T_{BD} = 0 & \text{--- (4)} \\ -\dfrac{10}{\sqrt{5}} T_{BC} + \dfrac{10}{\sqrt{6}} T_{BD} = 0 & \text{--- (5)} \end{cases}$$

On déduit de (4) : $T_{BD} = \dfrac{\sqrt{6}}{2} F \Rightarrow T_{BD} = 4899 \text{ N} \simeq 4{,}9 \text{ KN}$

et de (5) : $T_{BC} = \dfrac{\sqrt{5}}{2} F \Rightarrow T_{BC} = 1118 \text{ N} \simeq 1{,}12 \text{ KN}$

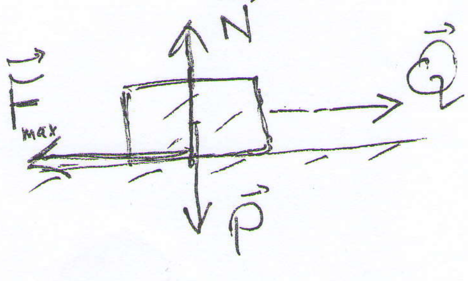
Questions de cours /02 pts

a) La force de frottement $\vec{F}$ sera dirigée selon l'horizontale dans le sens opposé au déplacement éventuel, c.à.d, vers la gauche

b) La valeur maximale de F est :

$F_{max} = f_0 N$, avec : $N = P$, $\vec{N}$: la normale au plan

$$\Rightarrow F_{max} = f_0 P$$



F. Nait Bouda