Cahier-réponses

Contrôle périodique 1

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

PHS1101

Sigle du cours

Identification de l'étudiant(e)		
Nom : Podgorica	Prénom : Andi	
Signature : Andi Podgorica	Matricule : 1955913	Groupe :

Réservé
Q1 : 19 /50
Q2 : 47 /50
Q3 : 30 /50
Q4 : 31 /50
Total : 127 / 200

Sigle et titre du cours	*Groupe*	*Trimestre*
PHS1101 Mécanique pour ingénieurs	Tous	Hiver 2023

Coordonnateur	*Courriel*
Djamel Seddaoui	djamel.seddaoui@polymtl.ca

Jour	*Date*	*Durée*	*Heures*
Vendredi	10 février 2023	1 heure 50 minutes	18h30 à 20h20

Directives particulières

- Vous vous engagez à faire cet examen **individuellement**.
- Détaillez les étapes de vos solutions. Une réponse sans justification ne vaut aucun point.
- Toute réponse finale doit être accompagnée des unités appropriées.
- Si vous pensez qu'il y a une erreur dans le questionnaire, répondez du mieux que vous pouvez.

Important

Cet examen contient 4 questions sur un total de 17 pages **(excluant cette page)**.

La pondération de cet examen est de **25** %.

Aucune documentation n'est permise.

Un aide-mémoire pour les formules vues en cours se trouve à la fin de ce cahier.

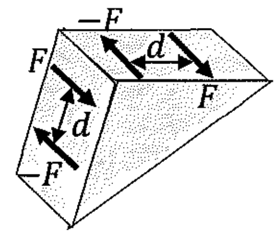
Les calculatrices non programmables sont permises.

L'étudiant doit honorer l'engagement pris lors de la signature du code de conduite.

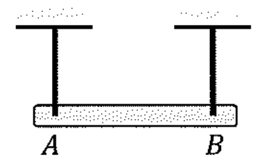
Question 1 (50 points) – Questions conceptuelles et à réponses courtes

Répondez aux sous-questions suivantes en expliquant votre raisonnement. Les sous-questions A à D sont indépendantes les unes des autres.

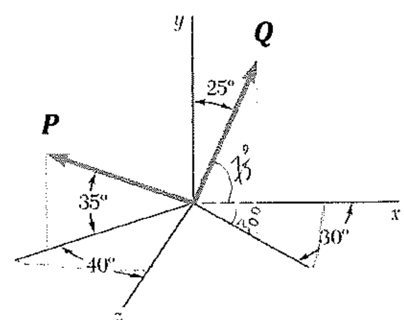
A. [10 pts] Vrai ou faux : Les deux couples formés des mêmes forces de la figure 3D ci-contre sont équivalents. Justifiez votre réponse.



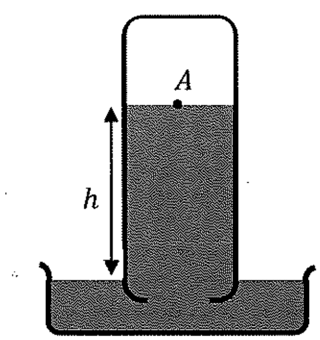
B. [10 pts] Vrai ou faux : La pièce rigide AB suspendue au plafond à l'aide de deux cordes telle que représentée sur la figure ci-contre peut être considérée comme une membrure à deux forces. Justifiez votre réponse.



C. [20 pts] Déterminer les composantes des forces $P = 100$ N et $Q = 100$ N représentées sur la figure ci-contre.



D. [10 pts] Quelle est la pression manométrique $\tilde{P}_A$ de l'air contenu à l'intérieur de l'abreuvoir à oiseau (point A) tel que schématisé sur la figure ci-contre si $h = 10$ cm? La masse volumique de l'eau vaut $1000\ \mathrm{kg/m^3}$.



Faux

La résultante des forces et l'addition des moments de forces nous donnent un système de force couple équivalent

$\vec{R} = \sum \vec{F_i}$ $\quad M_O^R = \sum \vec{M_i} + \sum \vec{r_{oi}} + \vec{F_i}$

-10

Faux

B) Une membrure à deux forces et une membrure dont 2 forces agissent en 1 point ex:

Pas forcément.

-10

c) $P = 100$ N $\quad Q = 100$ N

$$\vec{P} = \begin{cases} P_x = -100 \cdot \cos 35 \cdot \sin 40 = -52{,}65 \text{ N} \\ P_y = 100 \cdot \sin 35 = 57{,}36 \text{ N} \\ P_z = 100 \cdot \cos 35 \cdot \cos 40 = 62{,}75 \text{ N} \end{cases}$$

$$\vec{Q} = \begin{cases} Q_x = 100 \cdot \cos 75 \cdot \cos 30 = \cancel{22{,}41} \text{ N} \\ Q_y = 100 \cdot \sin 75 = \cancel{96{,}59} \text{ N} \\ Q_z = \cancel{-100 \cdot \sin} 30 = \cancel{-50} \text{ N} \end{cases}$$

-2

-3

d) $h = 10$ cm $= 0{,}1$ m

$\rho_e = 1000$ kg/m³ vide

$\cancel{P_a \cdot \pi d}^2 / 4$

$P_2 = P_1 + \rho g h$ -3

$P_2 = 0 + 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1$

-3

$= -981$ kPa

Matricule : 1955913

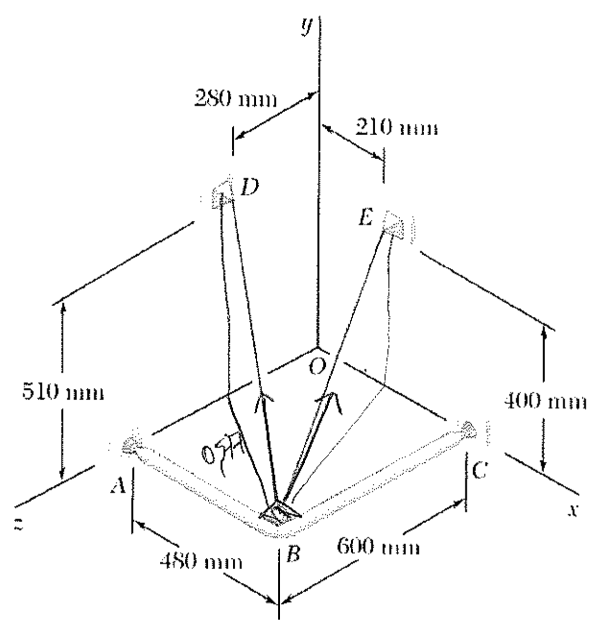
Question 2 (50 points)

Une armature horizontale ABC, pliée en B à angle droit, est supportée par une corde élastique DBE, comme illustré sur la figure ci-dessous.

La corde DBE passe dans l'anneau en B dans lequel elle ne subit aucun frottement. Sa longueur totale naturelle est $L_0 = 1\ \mathrm{m}$ et sa constante d'élasticité est $k = 177\ \mathrm{N/m}$.

Déterminer :

- **A.** [20 pts] La tension T dans la corde.
- **B.** [20 pts] Le système force-couple équivalent au point A des forces qu'exerce la corde sur l'armature ABC.
- **C.** [10 pts] Le moment de force qu'exerce la corde par rapport à l'axe AC.

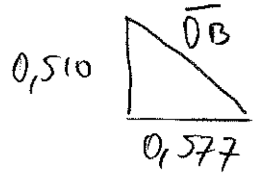


L_0 corde $= 1$ m $\qquad k = 177$ N/m

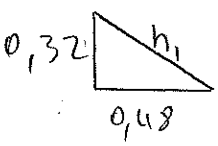
A) $T = ?$ Par la loi de Hooke : $\vec{F} = \vec{T} = -k\,(\vec{L} - \vec{L}_0)$

Trouver $\vec{L}$ par la géométrie

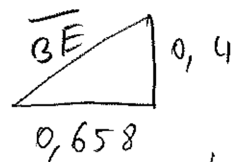
1) Trouver $\overline{OB}$



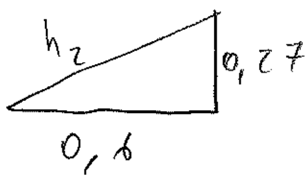
$\overline{OB} = \sqrt{0{,}510^2 + 0{,}577^2}$
$= 0{,}77$ m



$h_1 = \sqrt{0{,}32^2 + 0{,}48^2}$
$= 0{,}577$ m



$\overline{BE} = 0{,}77$ m



$h_2 = 0{,}658$ m

A) 20

$L = \overline{OB} + \overline{BE} = 1{,}54$ m

$T = -177\,(1{,}54 - 1) = -95{,}58\ N \Rightarrow 95{,}58\ N$

Point B $= \begin{bmatrix} 0{,}48 \\ 0 \\ 0{,}6 \end{bmatrix}$ Point O $= \begin{bmatrix} 0 \\ 0{,}51 \\ 0{,}28 \end{bmatrix}$ Point E $= \begin{bmatrix} 0{,}21 \\ 0{,}4 \\ 0 \end{bmatrix}$

B) $\sum \vec{M}_A^R = (\vec{r}_{AB} \times \vec{T}_{BO}) + (\vec{r}_{AB} \times \vec{T}_{BE})$

$\hat{u}_{BO} = \dfrac{-0{,}48\vec{i} + 0{,}51\vec{j} - 0{,}32\vec{k}}{\sqrt{0{,}48^2 + 0{,}51^2 + 0{,}32^2}} \quad (\rightarrow 0{,}77)$

$= \begin{bmatrix} -0{,}623 \\ 0{,}662 \\ -0{,}416 \end{bmatrix}$

$\vec{T}_{BO} = T \cdot \hat{u}_{BO} = 95{,}58 \cdot \begin{bmatrix} -0{,}623 \\ 0{,}662 \\ -0{,}416 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -59{,}5 \\ 63{,}27 \\ -39{,}76 \end{bmatrix}$ N

9

$\vec{T}_{BE} = T \cdot \hat{u}_{BE} = 95{,}58 \cdot \begin{bmatrix} -0{,}351 \\ 0{,}519 \\ -0{,}779 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -33{,}55 \\ 49{,}6 \\ -74{,}46 \end{bmatrix}$ N

B) 18

$\hat{u}_{BE} = \dfrac{-0{,}27\vec{i} + 0{,}4\vec{j} - 0{,}6\vec{k}}{\sqrt{0{,}27^2 + 0{,}4^2 + 0{,}6^2}} \quad (\rightarrow 0{,}77)$

$= \begin{bmatrix} -0{,}351 \\ 0{,}519 \\ -0{,}779 \end{bmatrix}$

$\sum \vec{M}_A^R = \begin{bmatrix} 0{,}48 & 0 & 0 \\ -59{,}5 & 63{,}27 & -39{,}76 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}48 & 0 & 0 \\ -33{,}55 & 49{,}6 & -74{,}46 \end{bmatrix}$

9

$= \begin{bmatrix} 0 \\ -19{,}08 \\ 30{,}37 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -35{,}74 \\ 23{,}81 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -54{,}82 \\ 54{,}18 \end{bmatrix}$ N·m

Point A = $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}6 \end{bmatrix}$ Point C = $\begin{bmatrix} 0{,}48 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

$$\hat{u}_{AC} = \frac{0{,}48\vec{i} + 0\vec{j} - 0{,}6\vec{k}}{\sqrt{0{,}48^2 + 0{,}6^2} \rightarrow 0{,}768} = \begin{bmatrix} 0{,}625 \\ 0 \\ -0{,}781 \end{bmatrix}$$

$$\vec{M}_{A\ \overline{AC}} = \left(\vec{M}_A \cdot \vec{u}_{AC}\right) \cdot \vec{u}_{AC}$$

C) 9

$$= \left(\begin{bmatrix} -0{,}351 \\ 0{,}519 \\ -0{,}779 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}625 \\ 0 \\ -0{,}781 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} 0{,}625 \\ 0 \\ -0{,}781 \end{bmatrix}$$

$$= 0{,}389 \begin{bmatrix} 0{,}625 \\ 0 \\ -0{,}781 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}243 \\ 0 \\ -0{,}304 \end{bmatrix} \text{N·m}$$

Matricule : 195591,3

Question 3 (50 points) 30/50

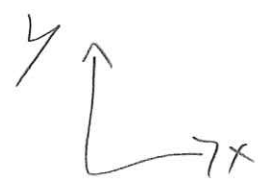
Un cylindre E de masse $m = 5\ \text{kg}$ et de rayon $R = 0{,}2\ \text{m}$ repose immobile sur une structure composée de deux membrures AB et CBD tel que représenté sur la figure ci-dessous. La membrure AB est verticale et la membrure CBD est inclinée d'un angle $\theta = 30°$ par rapport à l'horizontale. On néglige tout frottement.

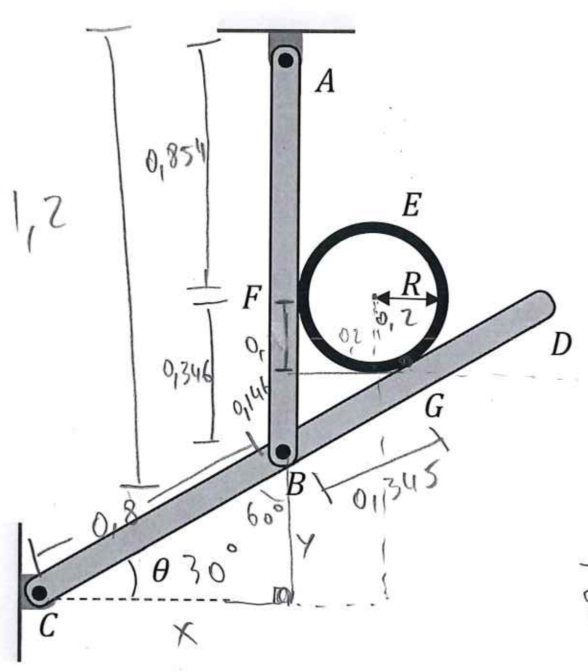
On donne : $\overline{AB} = 1{,}2\ \text{m}$, $\overline{BC} = 0{,}8\ \text{m}$ et $\overline{BF} = \overline{BG} = 0{,}346\ \text{m}.$

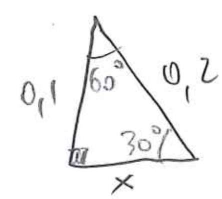
A. [20 pts] Faire le DCL :

- **i.** De la structure entière avec le cylindre;
- **ii.** Du cylindre seul;
- **iii.** De la membrure AB;
- **iv.** De la membrure CBD.

B. [30 pts] Déterminer la grandeur de la réaction au pivot B.







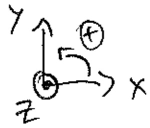
$$\frac{x}{\sin 60} = \frac{0{,}2}{\sin 90}$$

$x = 0{,}1732\ \text{m}$

$$\frac{X}{\sin 60} = \frac{0{,}8}{\sin 90} \Rightarrow X = 0{,}693\ \text{m}$$

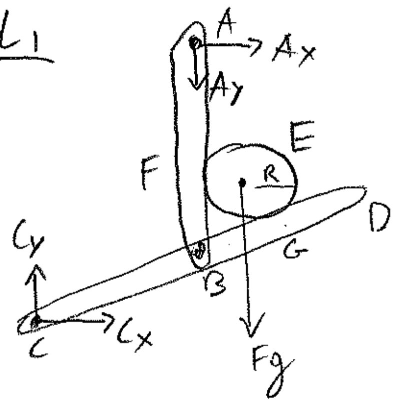
$$\frac{Y}{\sin 30} = \frac{0{,}8}{\sin 90} \Rightarrow Y = 0{,}4\ \text{m}$$

Matricule : 1955913

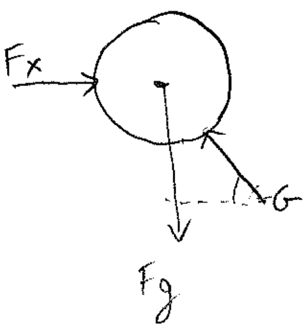
A) 

(pour les 4)

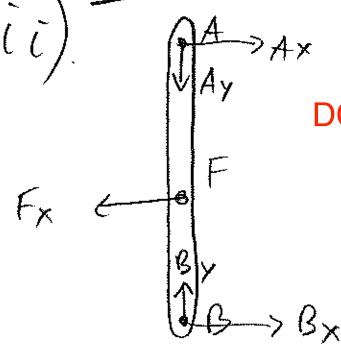
i) DCL 1



ii) DCL 2

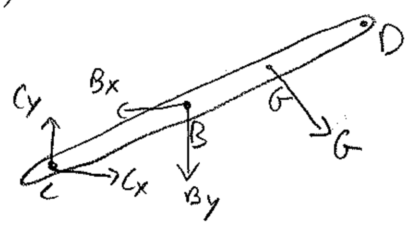


iii) DCL 3



DCL ok

iv) DCL 4



B) Selon DCL 2

A revoir

$$\sum \vec{M}_F = \vec{0} = (\vec{r}_{FFg} \times \vec{F_g}) + (\vec{r}_{FG} \times \vec{G})$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0{,}2 & 0 & 0 \\ 0 & -49{,}05 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}3126 & -0{,}2 & 0 \\ -Gx & Gy & 0 \end{bmatrix}$$

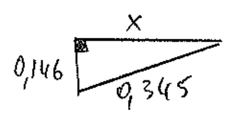
$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -9{,}81 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}3126Gy - 0{,}2Gx \end{bmatrix}$$

$$0 = -9{,}81 + 0{,}3126\,Gy - 0{,}2\,Gx$$

$$-\frac{(9{,}81 + 0{,}3126\,Gy)}{0{,}2} = Gx$$

$$\frac{-9{,}81 - 0{,}3126\,Gy}{0{,}2} = Gx$$

Selon DCL 2



$x = 0{,}3126\ m$

$$\sum \vec{M}_G = \vec{0} = (\vec{r}_{GFg} \times \vec{F_g}) + (\vec{r}_{GF} \times F)$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} -0{,}1732 & 0{,}1 & 0 \\ 0 & -49{,}05 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}3126 & 0{,}2 & 0 \\ Fx & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 8{,}495 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0{,}2\,Fx \end{bmatrix}$$

$$0 = 8{,}495 - 0{,}2\,Fx$$

$$Fx = 42{,}47\ N$$

Selon DCL 3

Matricule :_________________

$$\sum \vec{M}_A = \vec{0} = (\vec{r}_{AF} \times \vec{F}) + (\vec{r}_{AB} \times \vec{B})$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 & -0{,}854 & 0 \\ -42{,}47 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1{,}2 & 0 \\ B_x & B_y & 0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -36{,}27 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1{,}2\,B_x \end{bmatrix}$$

$$B_x = 36{,}27 \text{ N} \longrightarrow$$

Selon DCL 1

$$\sum \vec{F}_C = \vec{0} = (\vec{r}_{CA} \times \vec{A}) + (\vec{r}_{CF_g} \times \vec{F}_g)$$

$0{,}693 + 0{,}2$ — $0{,}4 + 0{,}346$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0{,}693 & 1{,}6 & 0 \\ A_x & -A_y & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}893 & 0{,}746 & 0 \\ 0 & -49{,}05 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0{,}693A_y - 1{,}6A_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -43{,}80 \end{bmatrix}$$

$$\sum F_y = 0 = B_y - A_y$$

$$B_y = A_y$$

$$0 = -0{,}693\,A_y - 1{,}6\,A_x - 43{,}80$$

$$\frac{-0{,}693\,A_y - 43{,}80}{1{,}6} = A_x$$

$$A_y = \frac{-1{,}6A_x - 43{,}80}{0{,}693} = 20{,}54 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 = A_x + B_x$$

$$B_y = 20{,}54 \text{ N} \uparrow$$

$$A_x = -B_x = -36{,}27 \text{ N} \longleftarrow$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

$$= \sqrt{36{,}27^2 + 20{,}54^2} = 41{,}68 N$$

Question 4 (50 points)

Une plaque métallique AB de masse négligeable et de largeur (perpendiculaire à la page) $l = 0{,}2\ \mathrm{m}$ est encastrée dans le sol afin de servir de paroi de réservoir qui retient de l'eau ($\rho_e = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$).

Une tige CD de masse $m = 4\ \mathrm{kg}$, de longueur $L = 2\ \mathrm{m}$ et de masse volumique ($\rho_t = 1200\ \mathrm{kg/m^3}$) repose immobile dans le réservoir tel que montré sur la figure ci-dessous. Le coefficient de frottement statique entre la tige et le fond du réservoir est $\mu_s = 1{,}5$. On néglige les frottements entre la tige et la plaque métallique AB.

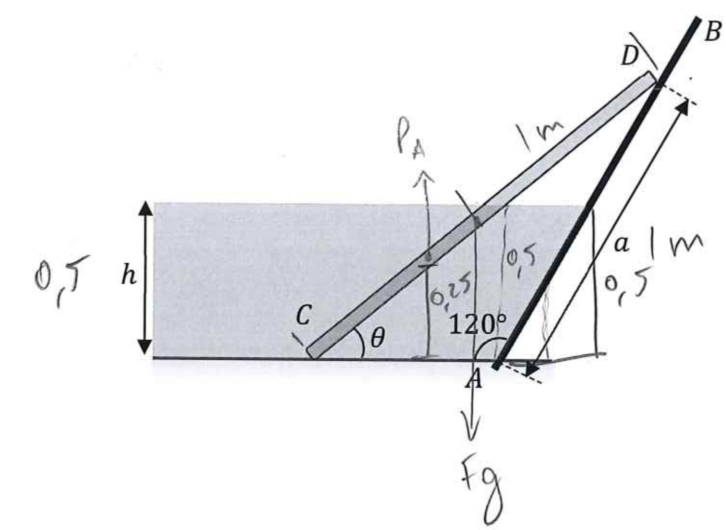
On donne : $a = 1\ \mathrm{m}$ et $h = 0{,}5\ \mathrm{m}$. La largeur de la tige CD est négligeable par rapport à sa longueur.

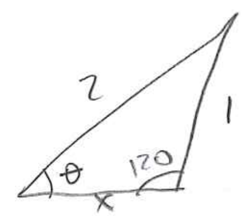
A. [15 pts] Faire le DCL de la tige CD et le DCL de la plaque AB.

B. [20 pts] Déterminer la force de frottement statique f_s qu'exerce le fond du réservoir sur la tige.

C. [15 pts] Quelle est le couple exercé par l'encastrement A?

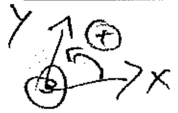
31/50





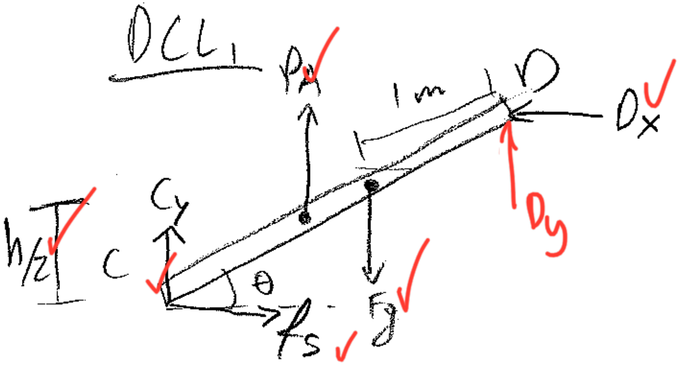
$$\frac{1}{\sin\theta} = \frac{2}{\sin 120} \qquad \theta = 25{,}66^\circ$$

x

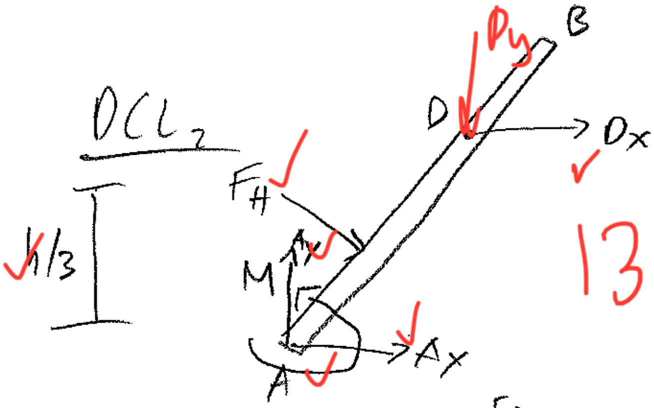
A) 

Pour les deux

DCL₁

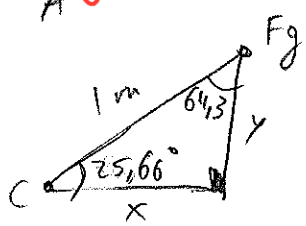


DCL₂



13/15

B) $\sum \vec{M}_C = \vec{0} = (\vec{r}_{CP_A} \times \vec{P}_A) + (\vec{r}_{CF_g} \times F_g) + [\vec{r}_{CD} \times D]$



$\frac{x}{\sin 64{,}3} = \frac{1}{\sin 90}$

$x = 0{,}9\ m$

$\frac{y}{\sin 25{,}66} = \frac{1}{\sin 90}$

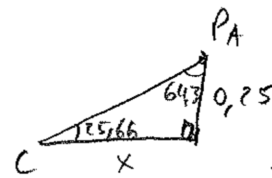
$y = 0{,}433\ m$

$\vec{F}_g = 0\vec{i} - 39{,}24\vec{j} + 0\vec{k}$

$\frac{h}{\sin\theta} \cdot \frac{m}{f_{t}L}$

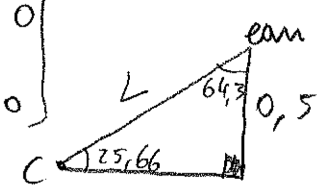
$P_A = \overset{1000}{\rho_e} \cdot \overset{9{,}81}{g} \cdot V_{\text{fluide déplacé}} \longrightarrow 1{,}155 \cdot \cancel{0{,}2} = 0{,}2309\ m^3$

$= 2265{,}13\ N$ ✗



$\frac{x}{\sin 64{,}3} = \frac{0{,}25}{\sin 25{,}66}$

$x = 0{,}520\ m$



$\frac{L}{\sin 90} = \frac{0{,}5}{\sin 25{,}66}$

$L = 1{,}155\ m$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0{,}520 & 0{,}25 & 0 \\ 0 & P_A & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}9 & 0{,}433 & 0 \\ 0 & -39{,}24 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0{,}2 & 0{,}8 & 0 \\ -D_x & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}520 P_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -35{,}316 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0{,}8 D_x \end{bmatrix}$$

$0 = 0{,}520 P_A - 35{,}316 + 0{,}8 D_x$

$D_x = 0{,}520 P_A - 35{,}316$

$= 0{,}520 \cdot 2265{,}13 - 35{,}316$

$= 1142{,}55\ N$ φ

$\sum F_x = f_s - D_x$

$f_s = D_x$

$f_s = 1142{,}55\ N$ ✗

approche intéressante

11/20

C) $F_H = \rho e \cdot g \cdot \frac{0,5}{2} \cdot A \approx \frac{h\ell}{\sin 60}$ $\quad 0,2 \cdot 0,33 = 0,0667$

$F_{Hx} = \overset{163,5}{F_H} \sin 30 = 81,75 \text{ N}$

$F_{Hy} = -\overset{163,5}{F_H} \cos 30 = -142 \text{ N}$

$$\sum \vec{M}_A = (\vec{r}_{AF_H} \times \vec{F}_H) + (\vec{r}_{AD} \times \vec{D}) + \vec{M}_A$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0,2 & 0,3 & 0 \\ 81,75 & -142 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,1 & 0,2 & 0 \\ -1143 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ M \end{bmatrix}$$

$$\vec{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -52,93 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 228,6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ M \end{bmatrix}$$

7/15

$$0 = -52,93 + 228,6 + M$$

$$M = -175,67 \text{ N} \cdot \text{m}$$

PHS1101 – Mécanique pour ingénieurs
Aide-mémoire

Moment d'une force :	$\vec{M}_O = \vec{r} \times \vec{F}$
Moment d'une force par rapport à un axe :	$\vec{M}_{OO'} = (\vec{M}_O \cdot \hat{u}_{OO'})\hat{u}_{OO'}$
Moment d'un couple :	$M = Fd$
Système force-couple équivalent :	$\vec{R} = \sum \vec{F}_i$
	$\vec{M}_O^R = \sum \vec{M}_i + \sum \vec{r}_{Oi} \times \vec{F}_i$
Équilibre statique :	$\sum \vec{F} = \vec{0}, \qquad \sum \vec{M}_O = \vec{0}$
Loi de Hooke :	$\vec{F} = -k(\vec{L} - \vec{L}_0)$
Frottement sec :	$f_{s,\max} = \mu_s N,$ $f_k = \mu_k N$
Pression :	$p = F_n/A, \qquad \tilde{p} = p - p_0$
Principe de Pascal :	$p_2 = p_1 + \rho g h$
Poussée d'Archimède :	$P_A = \rho g V$
Force hydrostatique sur une paroi :	$F_H = \dfrac{\rho g h A}{2}$
Variables du mouvement :	$\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt}, \qquad \vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$
	$\vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}dt$
	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a}dt$
Variables du mouvement (angulaires) :	$\omega = \dfrac{d\theta}{dt}, \qquad \alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$
	$\theta = \theta_0 + \int_0^t \omega dt$
	$\omega = \omega_0 + \int_0^t \alpha dt$
Mouvement relatif :	$\vec{r}_{B/A} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$
	$\vec{v}_{B/A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$
	$\vec{a}_{B/A} = \vec{a}_B - \vec{a}_A$

Mouvement uniformément accéléré :	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$
	$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \dfrac{1}{2}\vec{a}t^2$
	$v^2 = v_0^2 + 2\vec{a} \cdot (\vec{r} - \vec{r}_0)$
Accélération non uniforme :	$\int_0^t dt = \int_{v_0}^{v} \dfrac{dv}{a(v)}$
	$\int_{v_0}^{v} v dv = \int_{x_0}^{x} a(x)dx$
Coordonnées polaires :	$\vec{r} = r\hat{u}_r$
	$\vec{v} = \dot{r}\hat{u}_r + r\dot{\theta}\hat{u}_t$
	$\vec{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\hat{u}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\hat{u}_t$
Coordonnées normale et tangentielle :	$\vec{v} = v\hat{u}_t$
	$\vec{a} = (v^2/\rho)\hat{u}_n + (dv/dt)\hat{u}_t$
	$\rho(x) = \dfrac{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}}{\lvert d^2y/dx^2 \rvert}$
Deuxième loi de Newton :	$\sum \vec{F} = m\vec{a}_{CM}$
Mouvement contraint :	$\sum \Delta \ell_i = 0$
Travail d'une force :	$U = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$
Énergie cinétique (particule) :	$T = \dfrac{1}{2}mv^2$
Énergie potentielle :	$V_g = mgh$
	$V_{res} = \dfrac{1}{2}k(L - L_0)^2$
Énergie mécanique :	$E = T + V$
Principe travail-énergie :	$\sum U = \Delta T, \qquad \sum U_{nc} = \Delta E$
Puissance :	$\bar{P} = U/\Delta t, \qquad P = dU/dt = \vec{F} \cdot \vec{v}$
Rendement	$\eta = P_{\text{sortie}}/P_{\text{entrée}}$