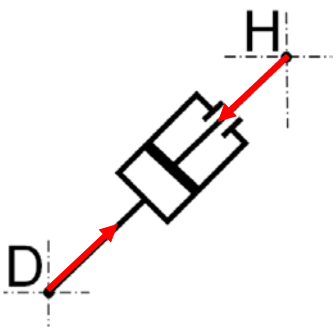
3- Isolons l'élément V1. **Compléter** le tableau suivant :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{H_{3/V1}}$	*H*	*HD*	H ⟶ D	*16200 N*
$\overrightarrow{D_{2/V1}}$	*D*	*DH*	*?*	*?*

4- Équilibre de V1 :

4.1- Énoncer le théorème de l'équilibre de V1 :

Le vérin V1 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\overrightarrow{H_{3/V1}}$ et $\overrightarrow{D_{2/V1}}$) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\overrightarrow{H_{3/V1}} = -\overrightarrow{D_{2/V1}}$; $\left\|\overrightarrow{H_{3/V1}}\right\| = \left\|\overrightarrow{D_{2/V1}}\right\|$

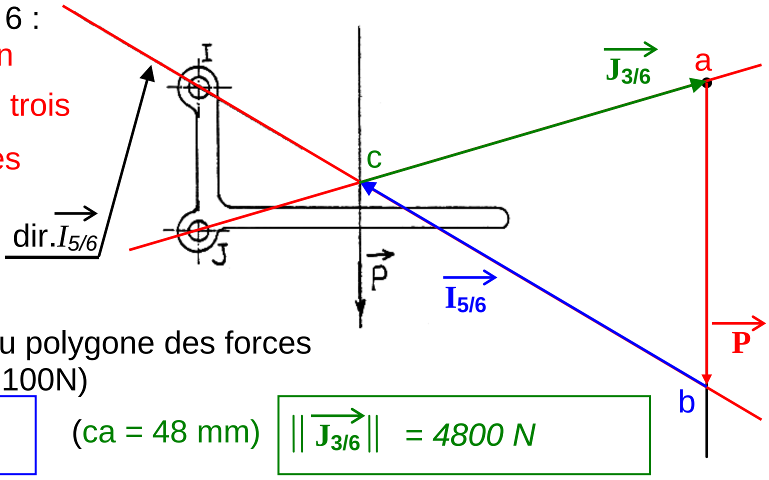


4.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre**

5- Équilibre de 6 :

5.1- Énoncer le théorème de l'équilibre de 6 :

La pièce 6 est en équilibre sous l'action de 3 forces qui sont : $\left(\overrightarrow{I_{5/6}} ; \overrightarrow{J_{3/6}} ; \overrightarrow{P}\right)$ ces trois forces sont coplanaires et concourantes en même point.

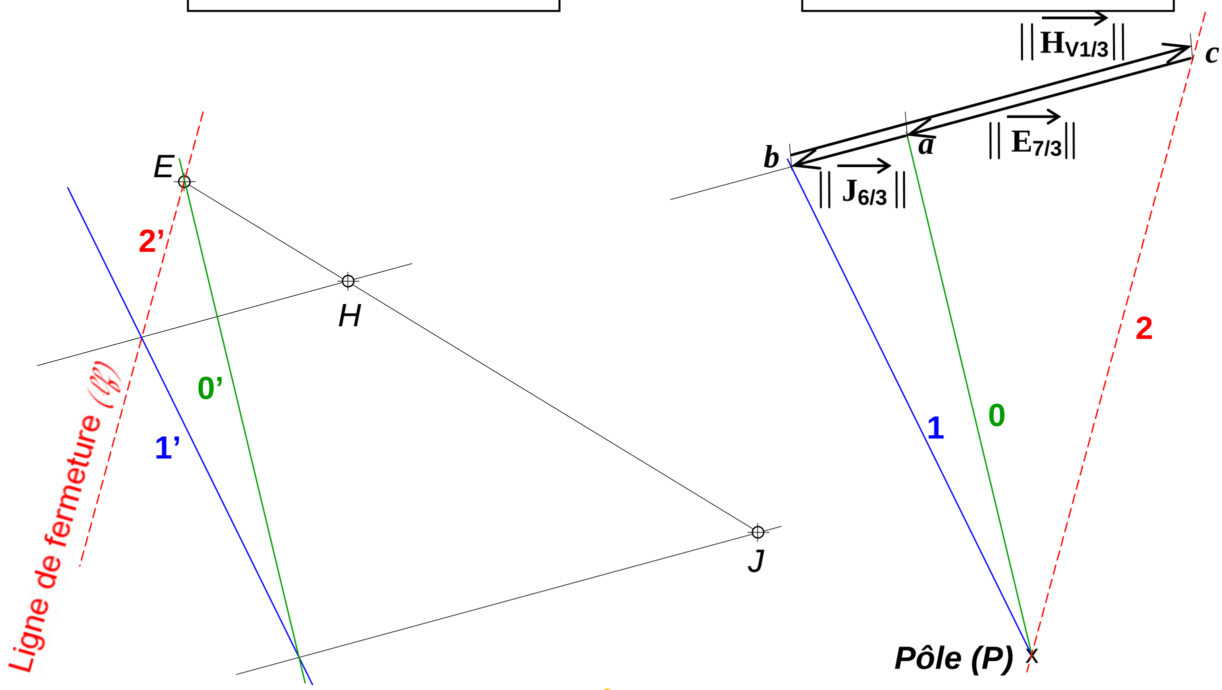


5.2-Déterminer $\overrightarrow{I_{5/6}}$, $\overrightarrow{J_{3/6}}$ par la méthode du polygone des forces (avec l'échelle des forces : 1mm ⟹ 100N)

(bc = 53 mm) $\left\|\overrightarrow{I_{5/6}}\right\|$ = *5300 N* (ca = 48 mm) $\left\|\overrightarrow{J_{3/6}}\right\|$ = *4800 N*

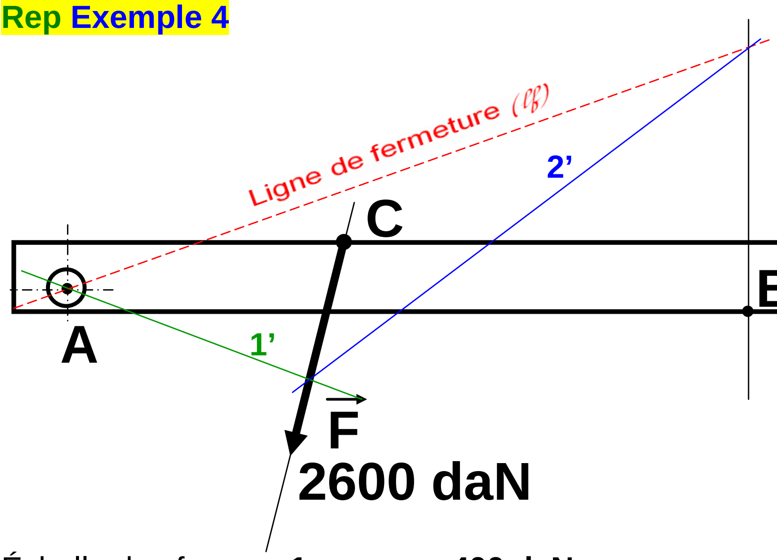
6- On isole l'avant bras primaire 3, **déterminer** $\left\|\overrightarrow{H_{V1/3}}\right\|$; $\left\|\overrightarrow{E_{7/3}}\right\|$ par la méthode du dynamique-funiculaire. (Échelle des forces : 1mm ⟹ 300N)

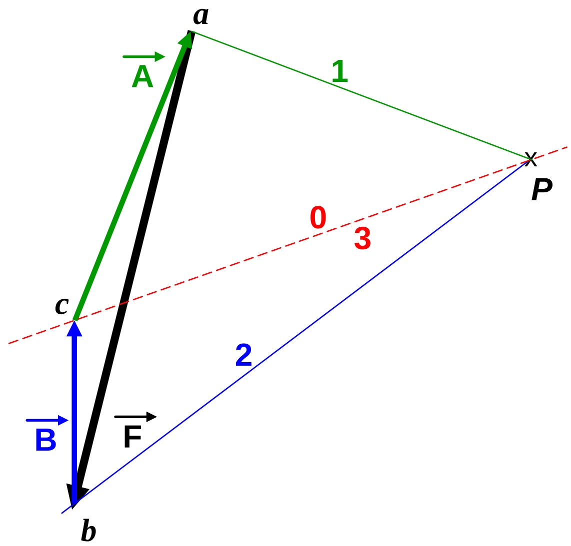
(bc = 55 mm) $\left\|\overrightarrow{H_{V1/3}}\right\|$ = *16500 N* (ca = 39 mm) $\left\|\overrightarrow{J_{3/6}}\right\|$ = *11700 N*



LA STATIQUE PLANE

Rep Exemple 4





Échelle des forces : **1 cm pour 400 daN**

bc = 2,4 cm : $\left\|\vec{B}\right\| = 960\,daN$

ca = 4,1 cm : $\left\|\vec{A}\right\| = 1640\,daN$

Rep Exemple 5

MONTE CHARGE

1- Compléter les phrases suivantes :

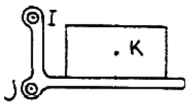
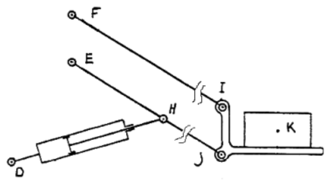
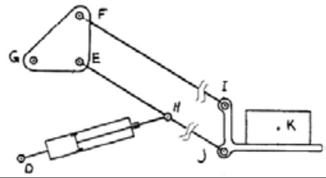
1.1- L'avant bras secondaire 5 est soumis à l'action de 2 forces qui sont : $\left(\overrightarrow{F_{7/5}}\,;\,\overrightarrow{I_{6/5}}\right)$ ces deux forces ont même droite d'action même module, mais le sens est opposé.

1.2- Le vérin V1 est soumis à l'action de 2 forces qui sont : $\left(\overrightarrow{D_{2/V1}}\,;\,\overrightarrow{H_{3/V1}}\right)$ ces deux forces ont même droite d'action même module, mais le sens est opposé.

1.3- L'avant bras primaire 3 est soumis à l'action de 3 forces qui sont : $\left(\overrightarrow{E_{7/3}}\,;\,\overrightarrow{H_{V1/3}}\,;\,\overrightarrow{J_{6/3}}\right)$ ces trois forces sont coplanaires et parallèles.

1.4- Le porte charge 6 est soumis à l'action de 3 forces qui sont : $\left(\overrightarrow{I_{5/6}}\,;\,\overrightarrow{J_{3/6}}\,;\,\overrightarrow{P}\right)$ ces trois forces sont coplanaires et concourantes en même point.

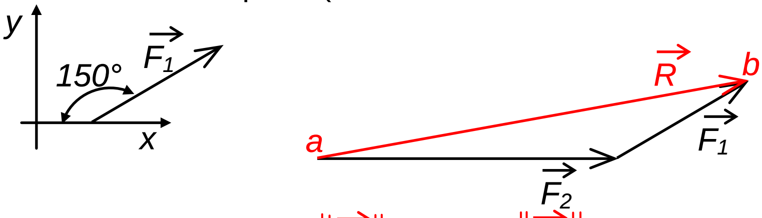
2- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	*6+8 = S1*	$\overrightarrow{I_{5/S1}}\,;\,\overrightarrow{J_{3/S1}}\,;\,\overrightarrow{P}$	$\overrightarrow{Force_{6/8}}\,;\,\overrightarrow{Force_{8/6}}$
	*3+5+6+8+V1 = S2*	$\overrightarrow{E_{7/S2}}\,;\,\overrightarrow{F_{7/S2}}\,;\,\overrightarrow{D_{2/S2}}\,;\,\overrightarrow{P}$	$\overrightarrow{I_{5/6}}\,;\,\overrightarrow{I_{6/5}}\,;\,\overrightarrow{J_{3/6}}\,;\,\overrightarrow{J_{6/3}}\,;\,\overrightarrow{H_{3/V1}}\,;\,\overrightarrow{H_{V1/3}}\,;\,\overrightarrow{Force_{6/8}}\,;\,\overrightarrow{Force_{8/6}}$
	*3+5+6+7+8+V1 = S3*	$\overrightarrow{G_{4/S3}}\,;\,\overrightarrow{D_{2/S3}}\,;\,\overrightarrow{E_{2/S3}}\,;\,\overrightarrow{P}$	$\overrightarrow{I_{5/6}}\,;\,\overrightarrow{I_{6/5}}\,;\,\overrightarrow{J_{3/6}}\,;\,\overrightarrow{J_{6/3}}\,;\,\overrightarrow{H_{3/V1}}\,;\,\overrightarrow{H_{V1/3}}\,;\,\overrightarrow{Force_{6/8}}\,;\,\overrightarrow{Force_{8/6}}\,;\,\overrightarrow{E_{3/7}}\,;\,\overrightarrow{E_{7/3}}\,;\,\overrightarrow{F_{5/7}}\,;\,\overrightarrow{F_{7/5}}$

Rep Exemple 6 **SOMME DES FORCES et SUPPORT DE CHARGE**

A- Soient $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ deux forces dont les modules sont respectivement 10 N et 20 N. $\vec{R}$ étant la somme de $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$. ($\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$). Déterminer graphiquement et analytiquement le module de $\vec{R}$, sachant que $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ sont dans le même plan. (**Échelle des forces : 1 cm ⟹ 5 N)**

♦ Méthode graphique :



(ab = 5,8 cm)

$\|\vec{R}\| = 29\ N$

♦ Méthode analytique :

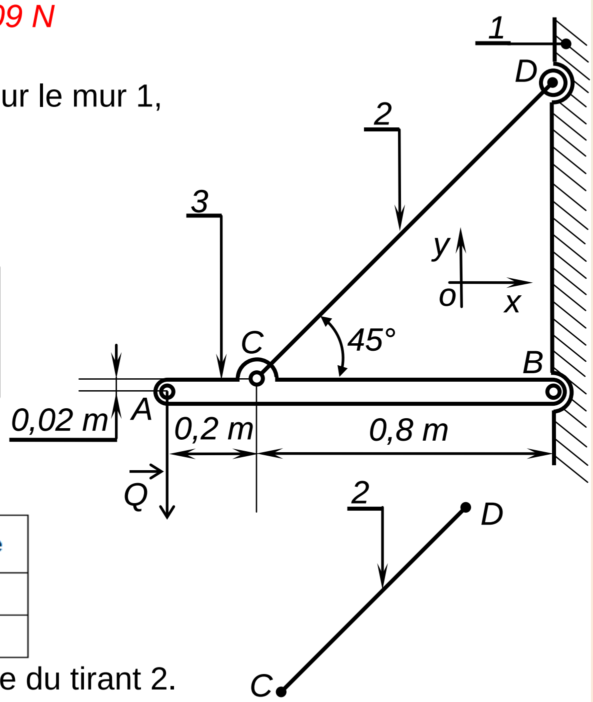
$$\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2} : \begin{cases} \text{Projection sur l'axe (x) : } R_x = \|\vec{F_1}\|.\cos 30 + \|\vec{F_2}\| = 10\sqrt{3}/2 + 20 = 28,66 \\ \text{Projection sur l'axe (y) : } R_y = \|\vec{F_1}\|.\sin 30 + \ \ 0 \ = 10.\ 1/2 + 0 = 5 \\ \|\vec{R}\| = \sqrt{\|\vec{F_1}\|^2 + \|\vec{F_2}\|^2} = \sqrt{28,66^2 + 5^2} = 29,09\ N \end{cases}$$

B-

La figure ci-contre représente une barre 3 articulée en B sur le mur 1, et soutenue par un tirant CD articulé en C et D.

La barre supporte une charge $\|\vec{Q}\| = 500$ daN au point A.

Le poids de toutes les pièces est négligé.



1- Compléter le tableau suivant :

Système isolé	Forces intérieures	Forces extérieures
$S_1 = \{2\}$	*Aucune force*	$\vec{D}_{1/S1}$; $\vec{C}_{3/S1}$
$S_2 = \{2, 3\}$	$\vec{C}_{2/3}$; $\vec{C}_{3/2}$	$\vec{Q}$; $\vec{B}_{1/S2}$; $\vec{D}_{1/S2}$

2- Équilibre du tirant 2 :

2.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures à 2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{D}_{1/2}$	*D*	*CD*	*?*	*?*
$\vec{C}_{3/2}$	*C*	*CD*	*?*	*?*

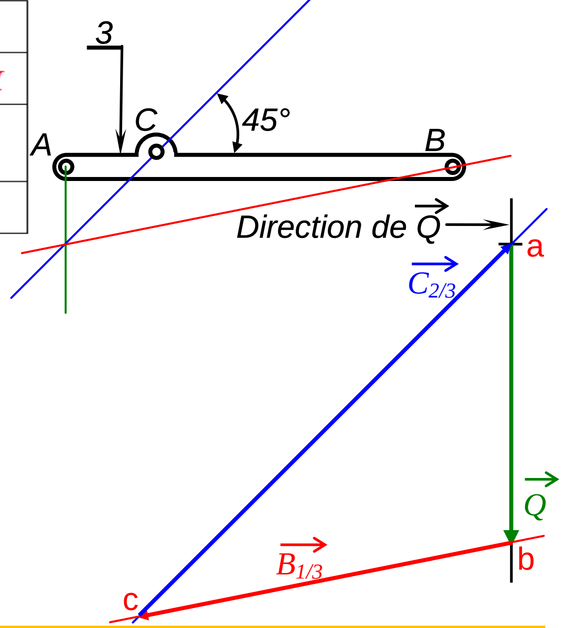
2.2- Quelles sont les conditions nécessaires à l'équilibre du tirant 2.

Même direction (CD) ; Même module $\|\vec{D}_{1/2}\| = \|\vec{C}_{3/2}\|$ *; Sens opposés* $\vec{D}_{1/2} = -\vec{C}_{3/2}$

3- Équilibre de la barre 3 :

3.1- On isole la barre 3. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures à la barre 3 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{Q}$	*A*	*Verticale*	*Vers le bas*	*500 daN*
$\vec{C}_{2/3}$	*C*	*Inclinée / à l'horizontale de 45°*	*?*	*?*
$\vec{B}_{1/3}$	*B*	*?*	*?*	*?*



3.2- Déterminer graphiquement les actions mécaniques extérieures à la barre 3.

(**Échelle des forces : 10 mm ⟹ 125 daN)**

(bc = 50,5 mm) $\|\vec{B}_{1/3}\| = 631,25$ daN

(ca = 70 mm) $\|\vec{C}_{2/3}\| = 875$ daN

Rep Exemple 7 : QUESTIONS DE COURS et ÉQUILIBRE D'UNE POUTRE et LEVIER COUDÉ

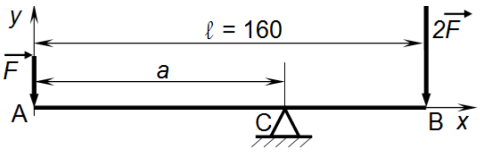
A- QUESTIONS DE COURS :

1- Énoncer le principe des actions mutuelles : Si le solide 1 exerce une force $\overrightarrow{F_{1/0}}$ sur le solide 0, de même le solide 0 exerce sur le solide 1, une force $\overrightarrow{F_{0/1}}$. Ces deux forces ont même module, même point d'application, même support mais le sens est opposé ; $\overrightarrow{F_{1/0}} = -\overrightarrow{F_{0/1}}$

2- Citer le théorème de l'équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces coplanaires non parallèles : Si le solide (S) est en équilibre sous l'action de trois forces ($\vec{A}$, $\vec{B}$ et $\vec{C}$) non parallèles ; ces trois forces sont coplanaires et concourantes en un même point , et $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$, et $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A} F_{ext}} = \vec{0}$

B- ÉQUILIBRE D'UNE POUTRE :

Déterminer la distance ''a'' (voir schéma ci-dessous) pour que la poutre soit en équilibre :



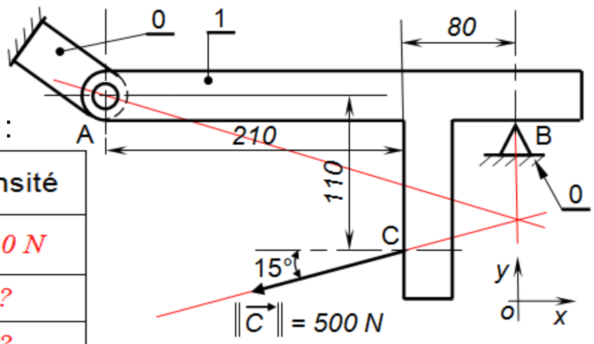
$$\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} F_{ext}} = \vec{0} \; ; \; \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} F} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} 2F} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} C} = \vec{0}$$

$$\left\|\vec{F}\right\| \cdot a - 2\left\|\vec{F}\right\|(\ell - a) + 0 = 0 \; ; \; a = \frac{2}{3}\cdot \ell = \frac{2}{3}\cdot 160 = 106,66 \; mm$$

C- LEVIER COUDÉ :

On considère le levier coudé (voir figure ci-dessous), articulé en A et en appui simple au point B.

Hypothèses : - Toute les liaisons sont parfaites
- Le poids du levier est négligé.



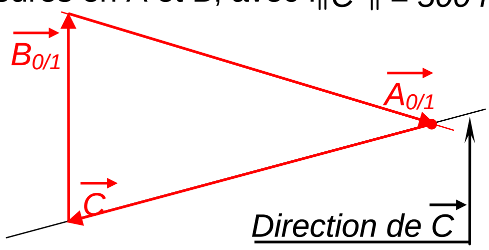
1- On isole le levier 1. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le levier 1 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{C}$	C	15°	15°	500 N
$\overrightarrow{B_{0/1}}$	B	Verticale	?	?
$\overrightarrow{A_{0/1}}$	A	?	?	?

2- Déterminer graphiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec : $\|\vec{C}\|$ = 500 N

(**Échelle des forces : 1 cm ⟹ 100 N)**

$\|\overrightarrow{B_{0/1}}\|$ = 275 N ; $\|\overrightarrow{A_{0/1}}\|$ = 505 N



3- Déterminer analytiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec : $\|\vec{C}\|$ = 500 N

♦ $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$; $\vec{C} + \overrightarrow{B_{0/1}} + \overrightarrow{A_{0/1}} = \vec{0}$

proj/x : $-\left\|\vec{C}\right\| \cdot \cos 15 + 0 + A_{(0/1)X} = 0$. Alors : $A_{(0/1)X} = 500 \cdot \cos 15 = 482,96 \; N$

proj/y : $-\left\|\vec{C}\right\| \cdot \sin 15 + \left\|\overrightarrow{B_{0/1}}\right\| + A_{(0/1)Y} = 0$.

♦ $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A} F_{ext}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{\mathcal{M}_{/A} C} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A} A_{0/1}} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A} B_{0/1}} = \vec{0}$;

$$-\left\|\vec{C}\right\| \cdot \cos 15 \cdot 110 - \left\|\vec{C}\right\| \cdot \sin 15 \cdot 210 + 0 + \left\|\overrightarrow{B_{0/1}}\right\| \cdot 290 = 0$$

$$\left\|\overrightarrow{B_{0/1}}\right\| = \frac{\left\|\vec{C}\right\| \cdot (\cos 15 \cdot 110 + \sin 15 \cdot 210)}{290} = \frac{500 \cdot (\cos 15 \cdot 110 + \sin 15 \cdot 210)}{290}$$; Donc : $\boxed{\left\|\overrightarrow{B_{0/1}}\right\| = 276,90 \; N}$

$A_{(0/1)Y} = \left\|\vec{C}\right\| \cdot \sin 15 - \left\|\overrightarrow{B_{0/1}}\right\| = 500 \cdot \sin 15 - 276,90$. Alors : $A_{(0/1)Y} = -147,49 \; N$

D'où : $\left\|\overrightarrow{A_{0/1}}\right\| = \sqrt{\left(A_{(0/1)X}\right)^2 + \left(A_{(0/1)Y}\right)^2} = \sqrt{(482,96)^2 + (-147,49)^2}$. Donc : $\boxed{\left\|\overrightarrow{A_{0/1}}\right\| = 504,97 \; N}$

Rep Exemple 8 : QUESTIONS DE COURS et PLATE FORME et SERRAGE PAR BRIDE

A- QUESTIONS DE COURS :

1- Citer les caractéristiques d'une force :

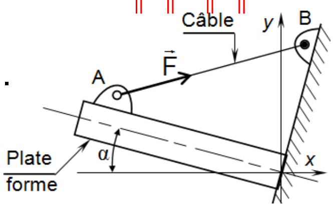
Une force est caractérisée géométriquement par : Point d'application ; Direction ; Sens ; Intensité

2- Énoncer le théorème de l'équilibre d'un corps solide soumis à l'action de deux forces :

Si le solide (S) est en équilibre sous l'action de deux forces ($\vec{A}$ et $\vec{B}$) ;

ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\vec{A} = -\vec{B}$; $\|\vec{A}\| = \|\vec{B}\|$

B- PLATE FORME

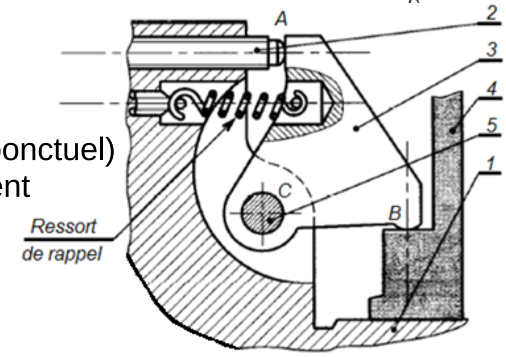


Sachant que la tension F_x de la tension $\vec{F}$ du câble en A est de 90 daN.

Déterminer F_y et F, avec $\alpha = 15°$

$$Fy = Fx \cdot tg15 = 24{,}11\ daN \ ;\ F = \frac{Fx}{\cos 15} = \frac{90}{\cos 15} = 93{,}17\ daN$$

C- SERRAGE PAR BRIDE



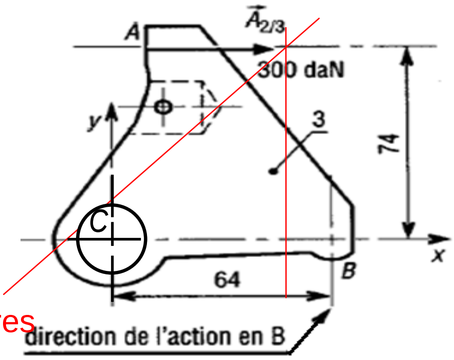
Le dessin ci-dessus (une partie d'un montage d'usinage) représente un dispositif de serrage de la pièce à usiner 4.

En manœuvrant la vis de pression 2 agissant en *A* (contact ponctuel) sur la bride 3 articulé (liaison pivot) en *C* autour de l'axe 5, vient serrer la pièce 4 sur le socle 1. **Hypothèses :**

- L'action du ressort est négligée.
- Les liaisons en A, B et C sont parfaites.
- Le poids de la pièce 3 est négligé.

1- On isole la bride 3. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur la bride 3 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{A}_{2/3}$	*A*	*Horizontale*	*Vers la droite*	*300 daN*
$\vec{C}_{5/3}$	*C*	*Verticale*	*?*	*?*
$\vec{B}_{4/3}$	*B*	*?*	*?*	*?*

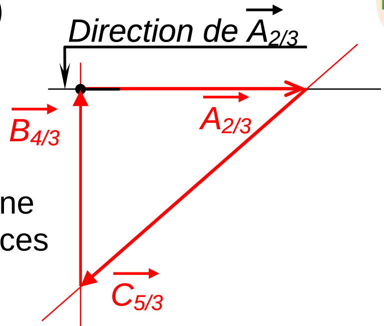


2- Énoncer le théorème de l'équilibre de la bride 3 :

La bride 3 est en équilibre sous l'action de trois forces ($\vec{A}_{2/3}$, $\vec{B}_{4/3}$ et $\vec{C}_{5/3}$) non parallèles ; ces trois forces sont coplanaires et concourantes en un même point , le polygone est fermé.

3- Déterminer graphiquement les actions mécaniques extérieures en *B* et *C*, avec : $\|\vec{A}_{2/3}\|$ = *300 daN* (**Échelle des forces : 1 cm ⟹ 1000 N)**

(2,59 cm) $\boxed{\|\vec{B}_{4/3}\| = 2590\ N}$ (3,96 cm) $\boxed{\|\vec{C}_{5/3}\| = 3960\ N}$



Polygone des forces

4- Déterminer analytiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec : $\|\vec{A}_{2/3}\|$ = *300 daN*

♦ $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{A}_{2/3} + \vec{B}_{4/3} + \vec{C}_{5/3} = \vec{0}$

proj/x : $\|\vec{A}_{2/3}\| + 0 + C_{(5/3)X} = 0$. Alors : $C_{(5/3)X} = -300\ daN$

proj/y : $0 + \|\vec{B}_{4/3}\| + C_{(5/3)Y} = 0$. Alors : $C_{(5/3)Y} = -\|\vec{B}_{4/3}\|$

♦ $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} \vec{F}_{ext}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} \vec{A}_{2/3}} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} \vec{B}_{4/3}} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/C} \vec{C}_{5/3}} = \vec{0}$; $-\|\vec{A}_{2/3}\| \cdot 74 + \|\vec{B}_{4/3}\| \cdot 64 + 0 = 0$

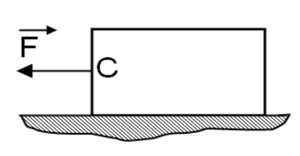
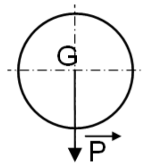
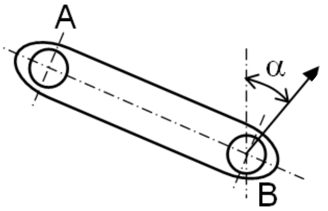
$\|\vec{B}_{4/3}\| = \frac{64}{74}\|\vec{A}_{2/3}\|$; Donc : $\boxed{\|\vec{B}_{4/3}\| = 259{,}459\ daN}$; Alors : $C_{(5/3)Y} = -259{,}459\ daN$.

D'où : $\|\vec{C}_{5/3}\| = \sqrt{\left(C_{(5/3)X}\right)^2 + \left(C_{(5/3)Y}\right)^2} = \sqrt{(-300)^2 + (-259{,}459)^2}$. Donc : $\boxed{\|\vec{C}_{5/3}\| = 396{,}63\ daN}$

Rep Exemple 9 : QUESTIONS DE COURS et SOMME DES FORCES et SYSTÈME DE BLOCAGE

A- QUESTIONS DE COURS

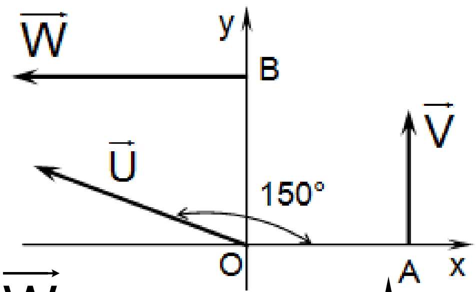
Trouver les caractéristiques des forces appliquées ci-dessous :
(avec l'échelle des forces : 1 mm ⟹ 0,5N)

Ensemble / Force			
Point d'application	C	G	B
Direction	Horizontale	Verticale	Inclinée de ∝ / à la Verticale
Sens	Vers la gauche	Vers le bas	
Intensité	5 N	6 N	7,5 N

B- SOMME DES FORCES

Déterminer le module du vecteur $\vec{T}$ tel que : $\vec{T}+\vec{U}+\vec{V}+\vec{W}=\vec{0}$
(Graphiquement et analytiquement).

Avec OA = 7 ; OB = 4 ; $\|\vec{U}\| = 5;\ \|\vec{V}\| = 3;\ \|\vec{W}\| = 3\sqrt{3}$



♦ Graphiquement :

Choisir une échelle des vecteurs : 1 mm ⟹ 6

$\|\vec{T}\| = 10,75$

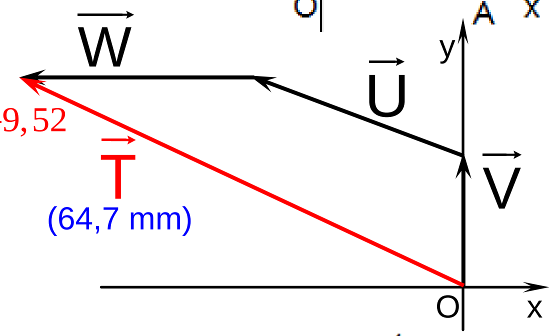
♦ Analytiquement :

proj/x : $T_X = -\|\vec{U}\|\cdot\cos 30 + 0 - \|\vec{W}\| = -5\cdot\cos 30 - 3\sqrt{3} = -9,52$

proj/y : $T_Y = \|\vec{U}\|\cdot\sin 30 + \|\vec{V}\| + 0 = 5\cdot\sin 30 + 3 = 5,5$.

D'où : $\|\vec{T}\| = \sqrt{(T_X)^2 + (T_Y)^2} = \sqrt{(-9,52)^2 + (5,5)^2}$

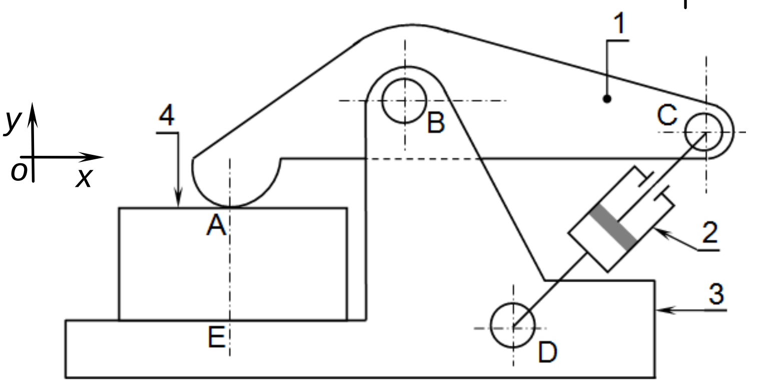
$\|\vec{T}\| = 10,78$



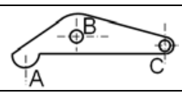
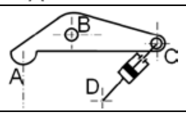
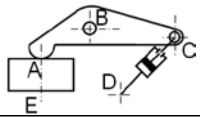
C- SYSTÈME DE BLOCAGE

Soit le système de blocage suivant :
1 : Bride ; 3 : Support
2 : Vérin ; 4 : Pièce à serrer

Hypothèse :
- Les poids des pièces sont négligés
- Les liaisons en A, B, C, D et E sont parfaites.



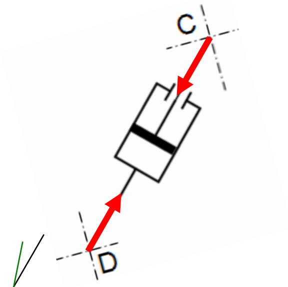
1- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	1	$\overline{A_{4/1}}$; $\overline{B_{3/1}}$; $\overline{C_{2/1}}$	*Néant*
	S_1= {1+2}	$\overline{A_{4/S1}}$; $\overline{B_{3/S1}}$; $\overline{D_{4/S1}}$	$\overline{C_{2/1}}$; $\overline{C_{1/2}}$
	S_2= {1+2+4}	$\overline{E_{3/S2}}$; $\overline{B_{3/S2}}$; $\overline{D_{3/S2}}$	$\overline{C_{2/1}}$; $\overline{C_{1/2}}$; $\overline{A_{4/1}}$; $\overline{A_{1/4}}$

2- Équilibre de 2 :

2.1- On isole le vérin 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

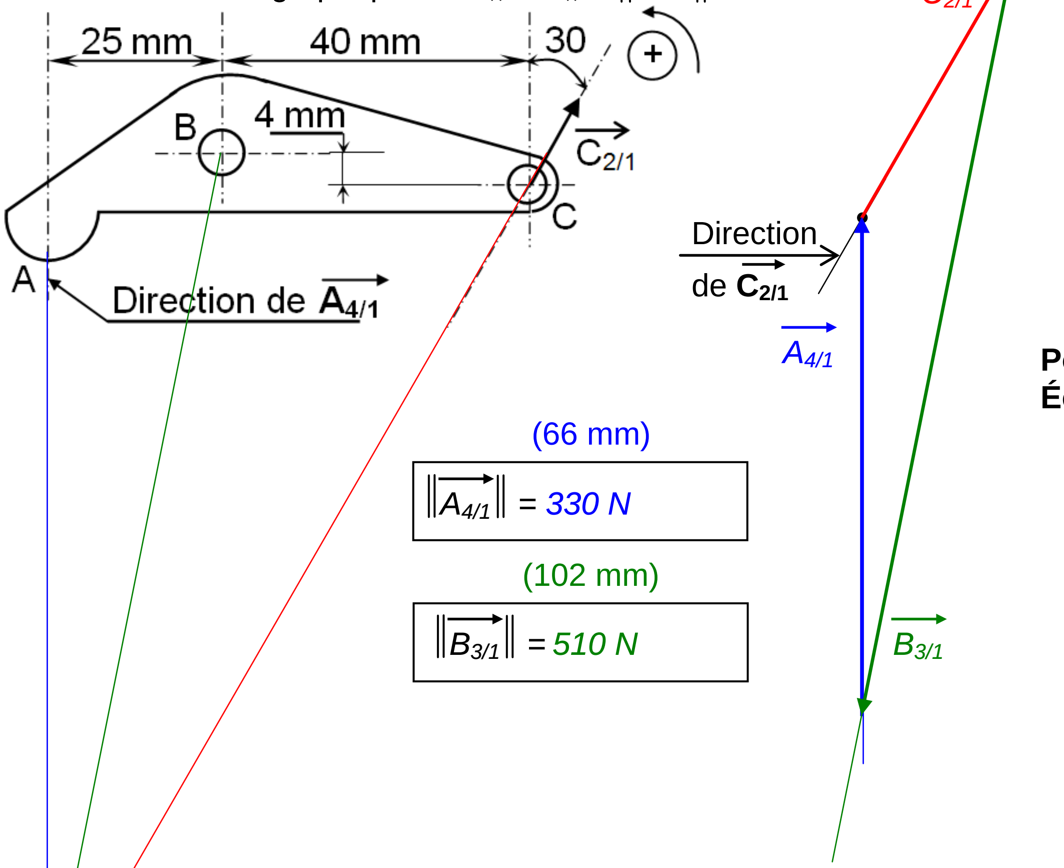
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{C}_{1/2}$	C	CD	C ⟶ D	200 N
$\vec{D}_{3/2}$	D	CD	?	?



2.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre**

3- Équilibre de 1 :

3.1- Déterminer graphiquement $\|\vec{B}_{3/1}\|$ et $\|\vec{A}_{4/1}\|$:



Polygone des forces
Échelle 1 mm ⟹ 5 N

(66 mm)

$\|\vec{A}_{4/1}\| = 330\ N$

(102 mm)

$\|\vec{B}_{3/1}\| = 510\ N$

3.2- Calculer le moment de $\vec{A}_{4/1}$ et $\vec{C}_{2/1}$ par rapport au point B

Le moment suivant l'axe ($-\vec{z}$)

$$\|\vec{\mathcal{M}}_B A_{4/1}\| = -\|\vec{A}_{4/1}\| \cdot 25 = -330 \cdot 25 = -8250\ Nmm$$

$$\vec{\mathcal{M}}_{/B}\vec{A}_{4/1} = \vec{BA} \wedge \vec{A}_{4/1} = \begin{pmatrix} -25 & 0 \\ x & 330 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -25 \cdot 330 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -8250 \end{pmatrix} = -8250\ \vec{z}\ (Nmm)$$

$$\|\vec{\mathcal{M}}_{/B}\vec{A}_{4/1}\| = -8250\ Nmm$$

$$\|\vec{\mathcal{M}}_B C_{2/1}\| = \|\vec{C}_{2/1}\| \cdot \sin 30 \cdot 4 + \|\vec{C}_{2/1}\| \cdot \cos 30 \cdot 40$$

$$= 200 \cdot 4(\sin 30 + \cos 30 \cdot 10)$$

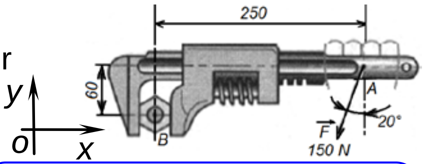
$$= 7328,20\ Nmm$$

$$\vec{\mathcal{M}}_{/B}\vec{C}_{2/1} = \vec{BC} \wedge \vec{C}_{2/1} = \begin{pmatrix} 40 & 200 \cdot \sin 30 \\ -4 & 200 \cdot \cos 30 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 200 \cdot 4(10 \cdot \cos 30 + \sin 30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 7328,20 \end{pmatrix}$$

$$\|\vec{\mathcal{M}}_{/B}\vec{C}_{2/1}\| = 7328,20\ Nmm$$

DEVOIR À LA MAISON



EX1- La force $\vec{F}$ schématise l'action de serrage exercée par l'opérateur sur la clef à molette. **Calculer** le moment en B de la force $\vec{F}$?

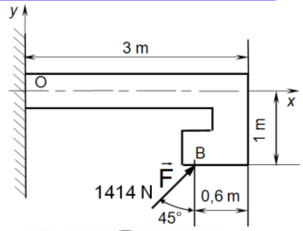
$$\left\|\overrightarrow{\mathcal{M}_B F}\right\| = \left\|\vec{F}\right\|\cdot\sin 20\cdot 60 - \left\|\vec{F}\right\|\cdot\cos 20\cdot 250$$

$$= 150\cdot(\sin 20\cdot 60 - \cos 20\cdot 250) = -32160{,}29\ Nmm = -32{,}16\ Nm$$

Le moment suivant l'axe ($\vec{-z}$)

EX2- 1- Calculer la projection de $\vec{F}$ sur l'axe x et sur l'axe y

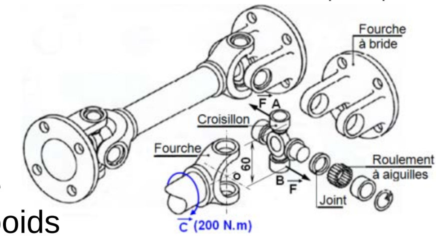
2- Calculer le moment en O de la force $\vec{F}$.



1- $F_X = -\left\|\vec{F}\right\|\cdot\sin 45 = 999{,}84\ N\ ;\ F_Y = -\left\|\vec{F}\right\|\cdot\cos 45 = 999{,}84\ N$

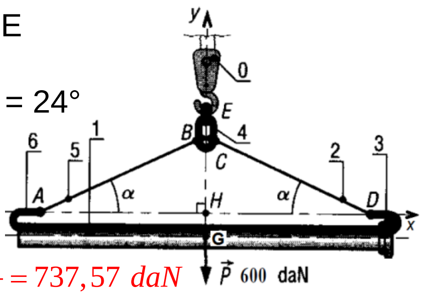
2- $\left\|\overrightarrow{\mathcal{M}_B F}\right\| = \left\|\vec{F}\right\|\cdot\sin 45\cdot 1 + \left\|\vec{F}\right\|\cdot\cos 45\cdot 3 = 1414\cdot\cos 45\cdot(1+3) = 3999{,}39\ Nm$

EX3- Le couple moteur C transmis par l'arbre moteur est de 200 Nm. **En déduire** les efforts exercés sur le croisillon du cardan.



$$C = 2F\cdot\frac{60\cdot 10^{-3}}{2} = F\cdot 60\cdot 10^{-3}\ ;F = \frac{C}{60\cdot 10^{-3}} = \frac{200}{60\cdot 10^{-3}} = 3333{,}33\ N$$

EX4- Un tuyau 1 de poids P (600 daN) est soulevé par l'intermédiaire de crochets 3 et 6, d'élingues 2 et 5 et d'un anneau 4 dont les poids sont négligés. **Déterminer** les actions exercées en A, B, C, D et E si celles-ci sont schématisées par des vecteurs forces passant par ces points et les tensions $\vec{T_5}$ et $\vec{T_2}$ des élingues. AH = DH ; α = 24°



Équilibre de S_1=1+3+6 : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}\ ;\ \vec{T_5} + \vec{T_2} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $\left\|\vec{T_5}\right\|\cdot\cos 24 - \left\|\vec{T_2}\right\|\cdot\cos 24 + 0 = 0$. Alors : $\left\|\vec{T_5}\right\| = \left\|\vec{T_2}\right\|$

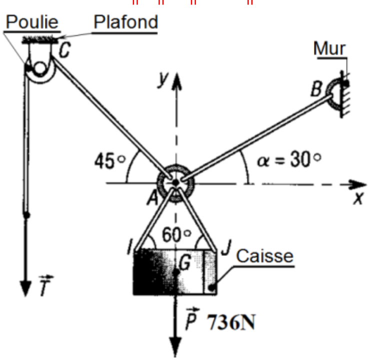
proj/y : $\left\|\vec{T_5}\right\|\cdot\sin 24 + \left\|\vec{T_5}\right\|\cdot\sin 24 - P = 0$. Alors : $\left\|\vec{T_5}\right\| = \dfrac{P}{2\cdot\sin 24} = \dfrac{600}{2\cdot\sin 24} = 737{,}57\ daN$

Donc : $\left\|\vec{T_5}\right\| = \left\|\vec{T_2}\right\| = \left\|\overrightarrow{A_{5/S_1}}\right\| = \left\|\overrightarrow{D_{2/S_1}}\right\| = 737{,}57\ daN$

D'après le principe des actions mutuelles $\left\|\overrightarrow{A_{5/S_1}}\right\| = \left\|\overrightarrow{D_{2/S_1}}\right\| = \left\|\overrightarrow{B_{54}}\right\| = \left\|\overrightarrow{C_{2/4}}\right\| = 737{,}57\ daN$

Équilibre de S_2=1+2+3+4+5+6 : Le solide S_2 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\vec{P}$ et $\overrightarrow{E_{0/S_2}}$) ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\vec{P} = -\overrightarrow{E_{0/S_2}}\ ;\ \left\|\vec{P}\right\| = \left\|\overrightarrow{E_{0/S_2}}\right\| = 600\ daN$

EX5- Reprendre l'exercice 4 avec une caisse de poids P (736 N) soulevée par un dispositif avec poulie et câbles. **Déterminer** les tensions des câbles (actions exercées en A, B, C, I et J) et l'effort $\vec{T}$ que doit exercer l'opérateur pour maintenir l'ensemble en équilibre.



Équilibre de la caisse : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}\ ;\ \vec{I} + \vec{J} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $\left\|\vec{I}\right\|\cdot\cos 60 - \left\|\vec{J}\right\|\cdot\cos 60 + 0 = 0$. Alors : $\left\|\vec{I}\right\| = \left\|\vec{J}\right\|$

proj/y : $\left\|\vec{I}\right\|\cdot\sin 60 + \left\|\vec{J}\right\|\cdot\sin 60 - P = 0$. Alors : $\left\|\vec{I}\right\| = \dfrac{P}{2\cdot\sin 60} = \dfrac{736}{2\cdot\sin 60} = 424{,}92\ N$

Donc : $\left\|\vec{I}\right\| = \left\|\vec{J}\right\| = \left\|\vec{A}\right\| = 424{,}92\ N$

Équilibre de S_1= {caisse+câble AI+câble AJ} : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}\ ;\ \overrightarrow{T_{AB}} + \overrightarrow{T_{AC}} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $\left\|\overrightarrow{T_{AB}}\right\|\cdot\cos 30 - \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\|\cdot\cos 45 + 0 = 0$. Alors : $\left\|\overrightarrow{T_{AB}}\right\| = \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\|\cdot\dfrac{\cos 45}{\cos 30}$

proj/y : $\left\|\overrightarrow{T_{AB}}\right\|\cdot\sin 30 + \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\|\cdot\sin 45 - P = 0$. Alors : $\left\|\overrightarrow{T_{AB}}\right\| = \dfrac{P}{\sin 30} - \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\|\cdot\dfrac{\sin 45}{\sin 30} = \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\|\cdot\dfrac{\cos 45}{\cos 30}$

Donc : $\left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\| = \dfrac{P}{\sin 30}\cdot\left(\dfrac{\cos 30\cdot\sin 30}{\sin 30\cdot\cos 45 + \sin 45\cdot\cos 30}\right) = \dfrac{P\cdot\cos 30}{\sin 75} = \dfrac{736\cdot\cos 30}{\sin 75} = 659{,}87\ N$

Et $T = \left\|\overrightarrow{T_{AC}}\right\| = 659{,}87\ N\ ;\ \left\|\overrightarrow{T_{AB}}\right\| = 659{,}87\cdot\dfrac{\cos 45}{\cos 30} = 538{,}78\ N$

$\boxed{\sin(a+b) = \sin a\cdot\cos b + \sin b\cdot\cos a}$

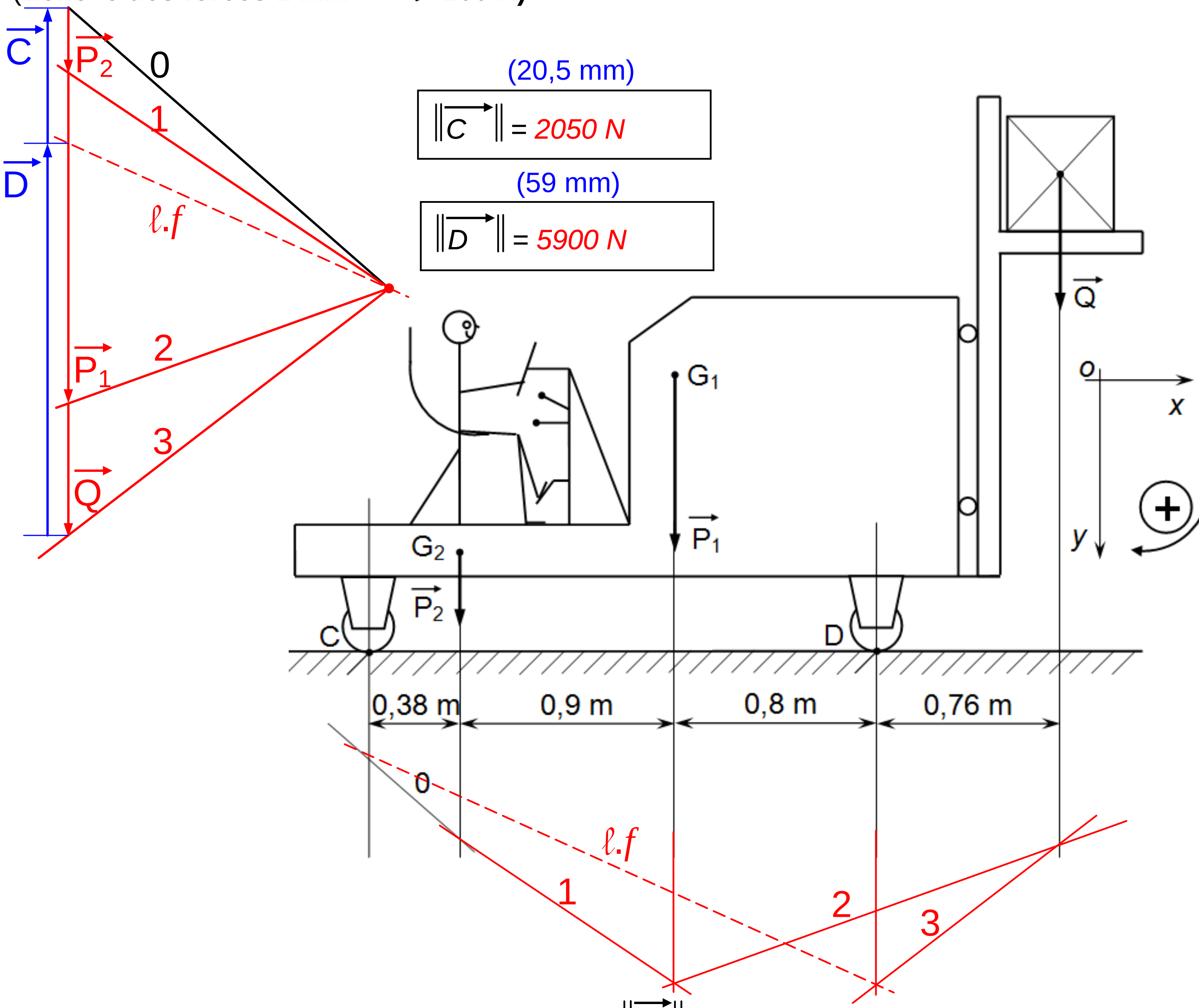
EX6- **ÉLÉVATEUR**

Un élévateur à fourche, donné par le schéma ci-dessous, soulève une charge $\vec{Q}$ de 2000 N.
Le poids $\vec{P_1}$ du chariot a pour l'intensité P_1 = 5000 N.
Le poids $\vec{P_2}$ du conducteur a pour l'intensité P_2 = 1000 N.

Hypothèse :

- Toutes les forces sont dans le même plan (ce lui de la figure)
- On néglige tous les frottements

1- Trouver graphiquement l'action du sol sur les roues en C et D.
(**Échelle des forces 1 mm ⟹ 100 N)**



2- Déterminer algébriquement la charge maximale $\|\vec{Q'}\|$ que le chariot pourra soulever avant que la roue C quitte le sol ($\vec{Q}_{Sol/1} = \vec{0}$)

♦ $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{P_2} + \vec{P_1} + \vec{Q'} + \vec{D} = \vec{0}$; proj/y : $P_2 + P_1 + Q' - D = 0$.

♦ $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/D} F_{ext}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{\mathcal{M}_{/D} P_2} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/D} P_1} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/D} Q} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/D} D} = \vec{0}$; $-\|\vec{P_2}\|\cdot 1,7 - \|\vec{P_1}\|\cdot 0,8 + \|\vec{Q'}\|\cdot 0,76 + 0 = 0$

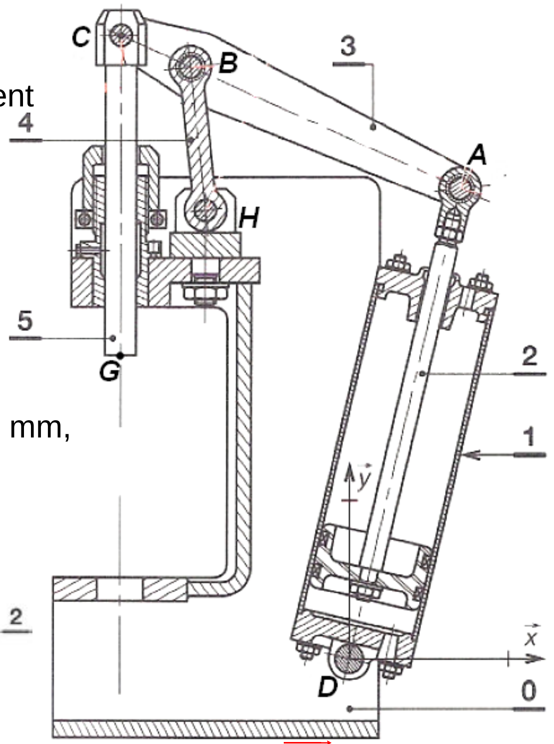
$\|\vec{Q'}\| = \frac{1}{0,76}\left(\|\vec{P_2}\|\cdot 1,7 + \|\vec{P_1}\|\cdot 0,8\right) = \frac{1}{0,76}(1000\cdot 1,7 + 5000\cdot 0,8)$; Donc : $\boxed{\|\vec{Q'}\| = 7500\,N}$

EX7- **PRESSE PNEUMATIQUE et COUPLE DE FORCES**

A- PRESSE PNEUMATIQUE :

I- Présentation et fonctionnement :

Une presse pneumatique à levier se compose essentiellement d'un bâti 0, d'un vérin oscillant autour d'un axe fixe D (lui-même constitué par un cylindre 1 et un piston 2), d'un levier 3, d'une bielle 4 et d'une broche porte outil 5.



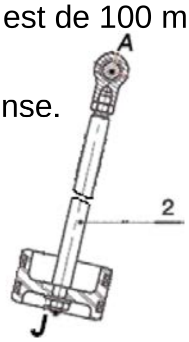
Hypothèse :

- Le poids propre des pièces est négligé.
- Les articulations A, B, C, D et H sont supposées parfaites.
- La pression d'alimentation du vérin (1+2) est de 6 bars.

II- Travail demandé :

1- Sachant que le diamètre intérieur du cylindre 1 est de 100 mm, ***Calculer*** l'action $\left\|\overrightarrow{J_{gaz/2}}\right\|$ du gaz sur le piston 2.

En déduire l'action $\left\|\overrightarrow{A_{3/2}}\right\|$. ***Justifier*** votre réponse.



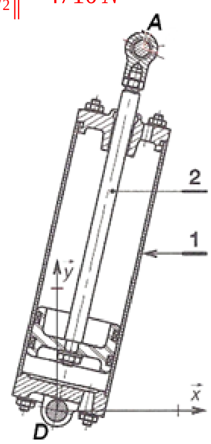
$$\left\|\overrightarrow{J_{gaz/2}}\right\| = S \cdot P = \frac{\pi d_{int}^2}{4} \cdot P$$

$$= \frac{3{,}14 \cdot 0{,}1^2}{4} \cdot 6 \cdot 10^5 = 4710\,N$$

Équilibre de 2 : Le solide 2 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\overrightarrow{J_{gaz/2}}$ et $\overrightarrow{A_{3/2}}$) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\overrightarrow{J_{gaz/2}} = -\overrightarrow{A_{3/2}}$; $\left\|\overrightarrow{J_{gaz/2}}\right\| = \left\|\overrightarrow{A_{3/2}}\right\| = 4710\,N$

2- Équilibre du vérin 1+2 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.



Équilibre de 1+2 : Le système 1+2 est en équilibre sous l'action de deux forces extérieures ($\overrightarrow{A_{3/(1+2)}}$ et $\overrightarrow{D_{0/(1+2)}}$)

2.2- Théorème :

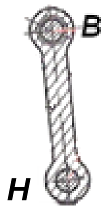
Équilibre de 1+2 : Le système 1+2 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\overrightarrow{A_{3/(1+2)}}$ et $\overrightarrow{D_{0/(1+2)}}$) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais le sens est opposé. $\overrightarrow{A_{3/(1+2)}} = -\overrightarrow{D_{0/(1+2)}}$; $\left\|\overrightarrow{A_{3/(1+2)}}\right\| = \left\|\overrightarrow{D_{0/(1+2)}}\right\| = 4710\,N$

2.3- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le vérin 1+2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{A_{3/(1+2)}}$	*A*	*AD*	$A \rightarrow D$	*4710 N*
$\overrightarrow{D_{0/(1+2)}}$	*D*	*AD*	$D \rightarrow A$	*4710 N*

2- Équilibre de la bielle 4 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.



Équilibre de 4 : La bielle 4 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\overrightarrow{B_{3/4}}$ et $\overrightarrow{H_{0/4}}$)

2.2- Théorème :

Équilibre de 4 : La bielle 4 est en équilibre sous l'action de deux forces ($\overrightarrow{B_{3/4}}$ et $\overrightarrow{H_{0/4}}$) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais le sens est opposé. $\overrightarrow{B_{3/4}} = -\overrightarrow{H_{0/4}}$; $\left\|\overrightarrow{B_{3/4}}\right\| = \left\|\overrightarrow{H_{0/4}}\right\|$

2.3- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le vérin 1+2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{B_{3/4}}$	B	BH	?	?
$\overrightarrow{H_{0/4}}$	H	BH	?	?

2- Équilibre du levier 3 : (Résolution graphique)

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

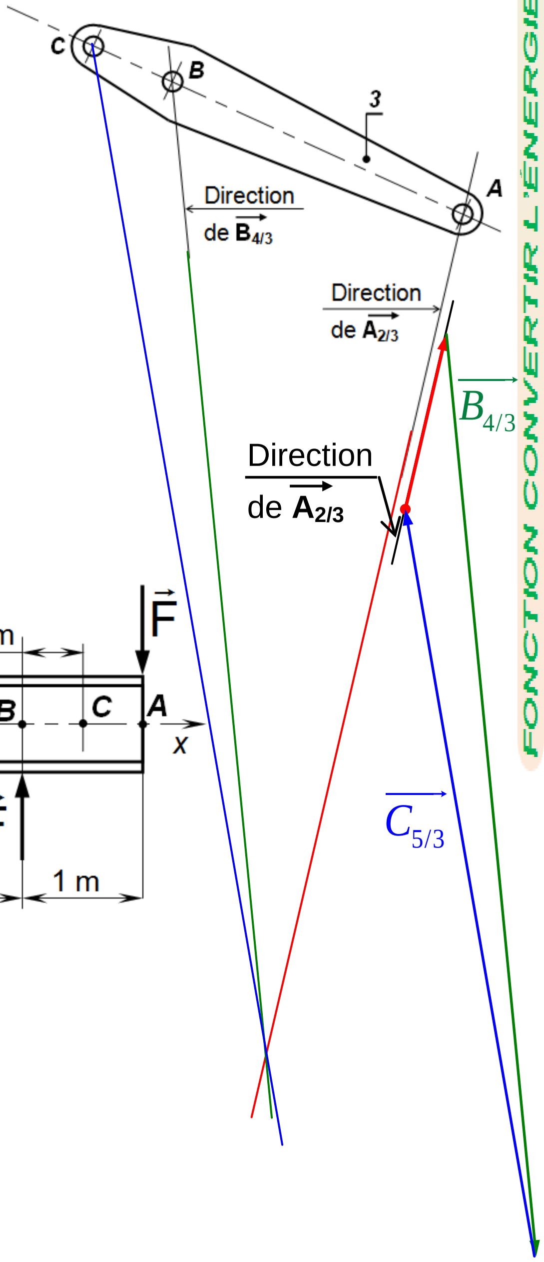
Le levier 3 est en équilibre sous l'action de trois forces ($\overrightarrow{A_{2/3}}$, $\overrightarrow{B_{4/3}}$ et $\overrightarrow{C_{5/3}}$).

2.2- Théorème :

Le levier 3 est en équilibre sous l'action de trois forces ($\overrightarrow{A_{2/3}}$, $\overrightarrow{B_{4/3}}$ et $\overrightarrow{C_{5/3}}$) non parallèles ; ces trois forces sont coplanaires et concourantes en un même point , le polygone est fermé.

2.3- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le vérin 1+2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{A_{2/3}}$	A	AD	$D \rightarrow A$	4710 N
$\overrightarrow{B_{4/3}}$	B	BH	?	?
$\overrightarrow{C_{5/3}}$	C	?	?	?

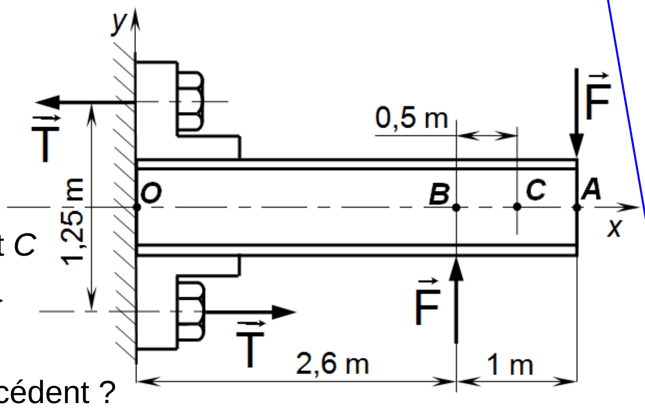


2.4- Déterminer graphiquement $\|\overrightarrow{B_{4/3}}\|$ et $\|\overrightarrow{C_{5/3}}\|$:
(**Échelle des forces 1 mm ⟹ 200 N)**

(122 mm)	(100 mm)
$\|\overrightarrow{B_{4/3}}\|$ = 24400 N	$\|\overrightarrow{C_{5/3}}\|$ = 20000 N

B- COUPLE DE FORCES

Soit le montage suivant avec :
$\|\vec{F}\|$ = 500 N



1- Calculer le moment en *O* du copule de force $\vec{F}$?

2- Calculer le moment en *A*, *B* et *C* du copule de force $\vec{F}$?

3- Quelle doit être la valeur de $\vec{T}$ pour que le couple de force $\vec{T}$ puisse équilibrer le coulpe précédent ?

1- $\left\|\mathcal{M}_{/O}\overrightarrow{F_A}\right\| + \left\|\mathcal{M}_{/O}\overrightarrow{F_B}\right\| = (-500\cdot 3,6) + (500\cdot 2,6) = -500\ Nm$

2- $\left\|\mathcal{M}_{/A}\overrightarrow{F_A}\right\| + \left\|\mathcal{M}_{/A}\overrightarrow{F_B}\right\| = 0 + (-500\cdot 1) = -500\ Nm$

$\left\|\mathcal{M}_{/B}\overrightarrow{F_A}\right\| + \left\|\mathcal{M}_{/B}\overrightarrow{F_B}\right\| = -500\cdot 1 + 0 = -500\ Nm$

$\left\|\mathcal{M}_{/C}\overrightarrow{F_A}\right\| + \left\|\mathcal{M}_{/C}\overrightarrow{F_B}\right\| = -500\cdot 0,5 + (-500\cdot 0,5) = -500\ Nm$

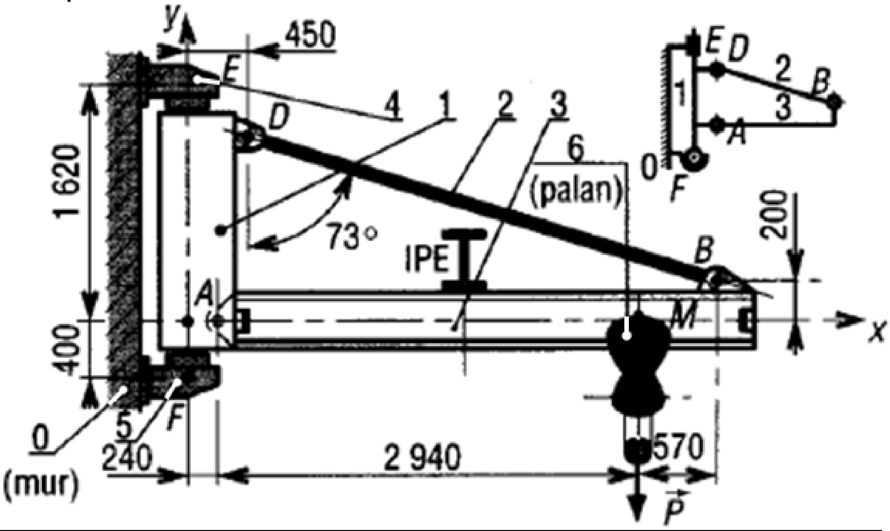
3- $\left\|\mathcal{M}_{/O}\vec{T}\right\| + \left\|\mathcal{M}_{/O}\vec{T}\right\| = (T\cdot 0,625) + (T\cdot 0,625) = T\cdot 1,25 = 500\ Nm$; $T = \dfrac{500}{1,25} = 400\ N$

EX8- **PRESSE PNEUMATIQUE**

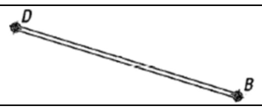
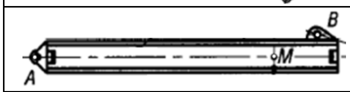
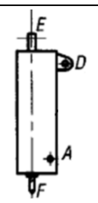
Une potence utilisée en manutention se compose d'une flèche 3 articulée en A sur une colonne pivotante 1 et d'un tirant BD ou 2 articulé en D sur 1 et en B sur 3. L'ensemble est en liaison pivot d'axe EF sur des supports 4 et 5 encastrés sur le mur 0.

Hypothèse :

- La masse de la charge $\vec{P}$ à se levée est de 2000 kg
- Les poids des pièces sont négligés
- Les liaisons en A, B, D, E, F et M sont parfaites



1- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	*2*	$\overrightarrow{B_{3/2}}$; $\overrightarrow{D_{1/2}}$	*Néant*
	*3*	$\overrightarrow{A_{1/3}}$; $\overrightarrow{B_{2/3}}$; $\vec{P}$	*Néant*
	*1*	$\overrightarrow{E_{4/1}}$; $\overrightarrow{F_{5/1}}$; $\overrightarrow{A_{3/1}}$; $\overrightarrow{D_{2/1}}$	*Néant*

2- Déterminer analytiquement pour la position de la figure, les actions exercées en *A* et *B* sur 3 si celles-ci sont schématisées par des vecteurs forces passant par ces points.

♦ $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{A_{1/3}} + \overrightarrow{B_{2/3}} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $A_{(1/3)X} - \left\|\overrightarrow{B_{2/3}}\right\| \cdot \cos 17 + 0 = 0$. Alors : $A_{(1/3)X} = \left\|\overrightarrow{B_{2/3}}\right\| \cdot \cos 17$

proj/y : $A_{(1/3)Y} + \left\|\overrightarrow{B_{1/3}}\right\| \cdot \sin 17 - P = 0$

♦ $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A}\overrightarrow{F_{ext}}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{\mathcal{M}_{/A}\overrightarrow{A_{1/3}}} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A}\overrightarrow{B_{2/3}}} + \overrightarrow{\mathcal{M}_{/A}\vec{P}} = \vec{0}$;

$0 + \left\|\overrightarrow{B_{2/3}}\right\| \cdot (\cos 17 \cdot 0,2 + \sin 17 \cdot 3,51) - \left\|\vec{P}\right\| \cdot 2,94 = 0$; $\boxed{\left\|\overrightarrow{B_{2/3}}\right\| = \dfrac{\left\|\vec{P}\right\| \cdot 2,94}{(\cos 17 \cdot 0,2 + \sin 17 \cdot 3,51)} = 48296,25\ N}$

$A_{(1/3)X} = \left\|\overrightarrow{B_{2/3}}\right\| \cdot \cos 17 = 48296,25 \cdot \cos 17 = 46185,93\ N$

$A_{(1/3)Y} = P - \left\|\overrightarrow{B_{1/3}}\right\| \cdot \sin 17 = 20000 - 48296,25 \cdot \sin 17 = 5879,54\ N$

$\boxed{\left\|\overrightarrow{A_{1/3}}\right\| = \sqrt{(A_{(1/3)X})^2 + (A_{(1/3)Y})^2} = \sqrt{(46185,93)^2 + (5879,54)^2} = 46558,66\ N}$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE

3- Équilibre de 3 :

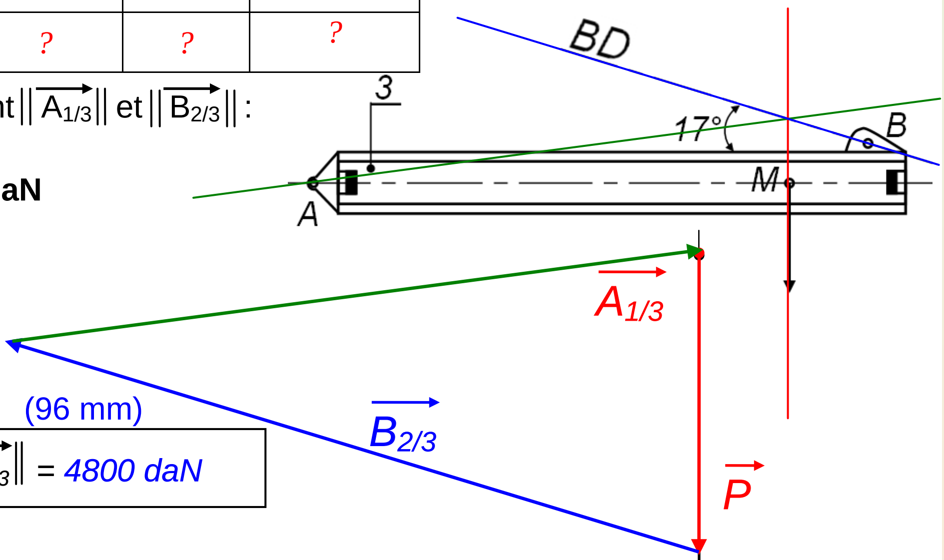
3.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur la flèche 3 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{P}$	*M*	*Verticale*	*Vers le bas*	*2.10^4 N*
$\overrightarrow{B_{2/3}}$	*B*	*BD*	*?*	*?*
$\overrightarrow{A_{1/3}}$	*A*	*?*	*?*	*?*

3.1- Déterminer graphiquement $\|\overrightarrow{A_{1/3}}\|$ et $\|\overrightarrow{B_{2/3}}\|$:

Polygone des forces

Échelle 1 mm ⟹ 50 daN



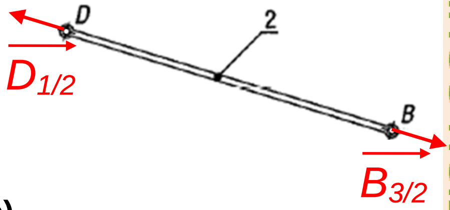
(92,5 mm) $\|\overrightarrow{A_{1/3}}\|$ = *4625 daN*

(96 mm) $\|\overrightarrow{B_{2/3}}\|$ = *4800 daN*

4- Équilibre de 2 :

4.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{B_{3/2}}$	*B*	*BD*	*$D \rightarrow B$*	*4829,6 daN*
$\overrightarrow{D_{1/2}}$	*D*	*BD*	*$B \rightarrow D$*	*4829,6 daN*

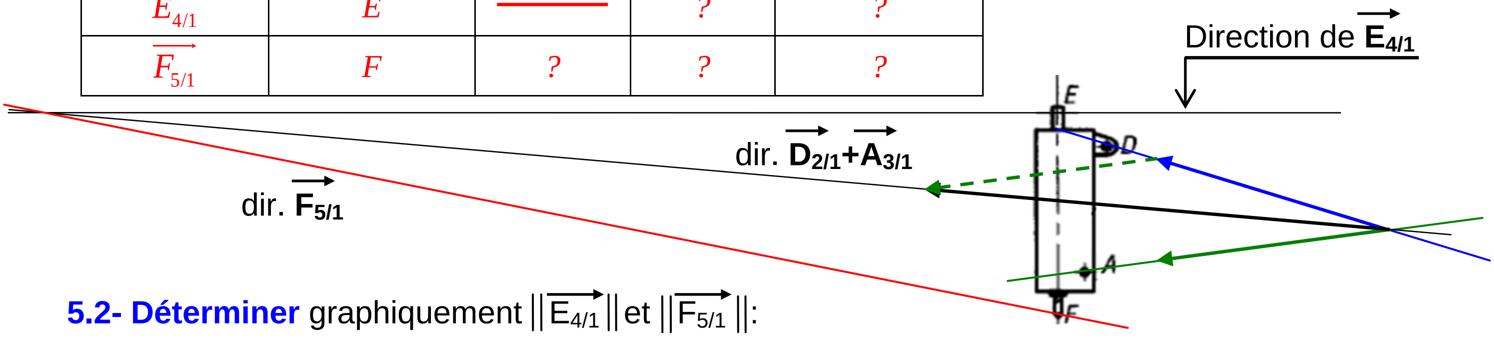


4.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre**

5- Équilibre de 1 : **(Cas d'une direction et deux modules inconnus)**

5.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur de la colonne pivotante 1 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{D_{2/1}}$	D	BD	$B \rightarrow D$	4829,6 daN
$\overrightarrow{A_{3/1}}$	A			4655,8 daN
$\overrightarrow{E_{4/1}}$	*E*		*?*	*?*
$\overrightarrow{F_{5/1}}$	*F*	*?*	*?*	*?*

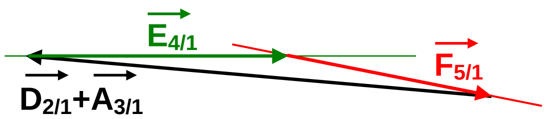


5.2- Déterminer graphiquement $\|\overrightarrow{E_{4/1}}\|$ et $\|\overrightarrow{F_{5/1}}\|$:

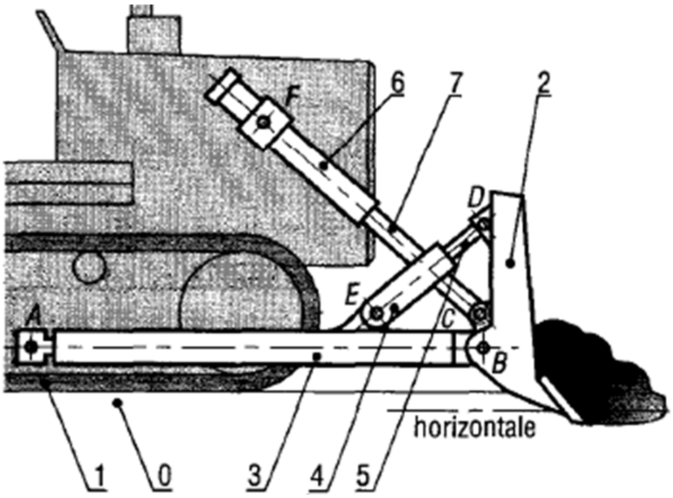
Polygone des forces : Échelle 1 mm ⟹ 150 daN

$\|\overrightarrow{E_{4/1}}\|$ = *5160 daN*

$\|\overrightarrow{F_{5/1}}\|$ = *4125 daN*



EX8- **BULLDOZER**

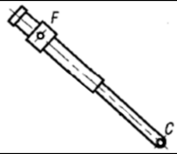
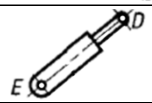
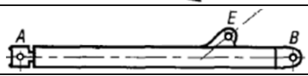
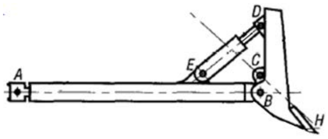


Un bouteur se compose d'un châssis 1, d'une lame 2 articulée en *B* sur deux bras de poussée 3 eux-mêmes articulés en *A* sur 1.
La hauteur de la lame est réglée par deux vérins 6+7 et son inclinaison par deux vérins 4+5.
Les liaisons en *A*, *B*, *C*, *D*, *E* et *F* sont des liaisons pivots dont les centres portent le même nom.
$\overrightarrow{H_{0/2}}$ (22000 daN) schématise l'action du sol sur la lame (inclinée de 5° par rapport à l'horizontale).
L'étude est réalisée dans le plan de symétrie de l'appareil.

Hypothèse :

- Les poids des pièces sont négligés
- Les liaisons en *A*, *B*, *C*, *D*, *E* et *F* sont parfaites

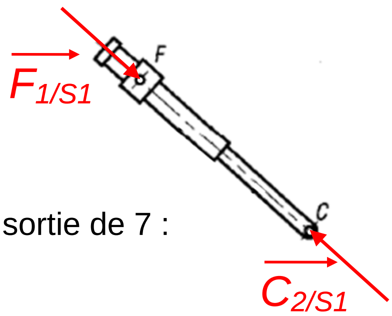
1- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	6+7 = S1	$\overrightarrow{F_{1/S1}}$; $\overrightarrow{C_{2/S1}}$	$\overrightarrow{Force_{6/7}}$; $\overrightarrow{Force_{7/6}}$
	4+5 = S2	$\overrightarrow{E_{3/S2}}$; $\overrightarrow{D_{2/S2}}$	$\overrightarrow{Force_{4/5}}$; $\overrightarrow{Force_{5/4}}$
	2	$\overrightarrow{B_{3/2}}$; $\overrightarrow{C_{7/2}}$; $\overrightarrow{D_{5/2}}$; $\overrightarrow{H_{0/2}}$	*Néant*
	3	$\overrightarrow{A_{1/3}}$; $\overrightarrow{B_{2/3}}$; $\overrightarrow{E_{4/3}}$	*Néant*
	2+3+4+5 = S3	$\overrightarrow{A_{1/S3}}$; $\overrightarrow{C_{7/S3}}$; $\overrightarrow{H_{0/S3}}$	$\overrightarrow{B_{3/2}}$; $\overrightarrow{B_{2/3}}$; $\overrightarrow{D_{2/5}}$; $\overrightarrow{D_{5/2}}$; $\overrightarrow{E_{4/3}}$; $\overrightarrow{E_{3/4}}$

2- Équilibre de 6+7 :

2.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 6+7 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{F_{1/S1}}$	*F*	*CF*	*?*	*?*
$\overrightarrow{C_{2/S1}}$	*C*	*CF*	*?*	*?*

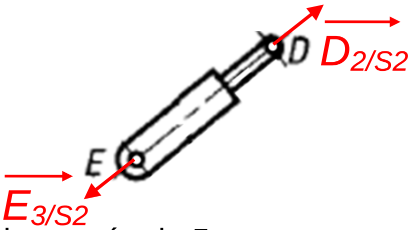


2.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre** en cas de sortie de 7 :

3- Équilibre de 4+5 :

3.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 4+5 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{E_{3/S2}}$	E	DE	?	?
$\overrightarrow{D_{2/S2}}$	D	DE	?	?



3.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre** en cas de rentrée de 5 :

4- Équilibre de 2 : **(Cas de 3 modules inconnus ''méthode de Culmann'')**

4.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur de la lame 2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{H_{0/2}}$	H	5°	5°	22000 daN
$\overrightarrow{B_{3/2}}$	B	—	?	?
$\overrightarrow{C_{7/2}}$	C	CF	?	?
$\overrightarrow{D_{5/2}}$	D	DE	?	?

4.1- Déterminer graphiquement $\|\overrightarrow{B_{3/2}}\|$; $\|\overrightarrow{C_{7/2}}\|$ et $\|\overrightarrow{D_{5/2}}\|$:

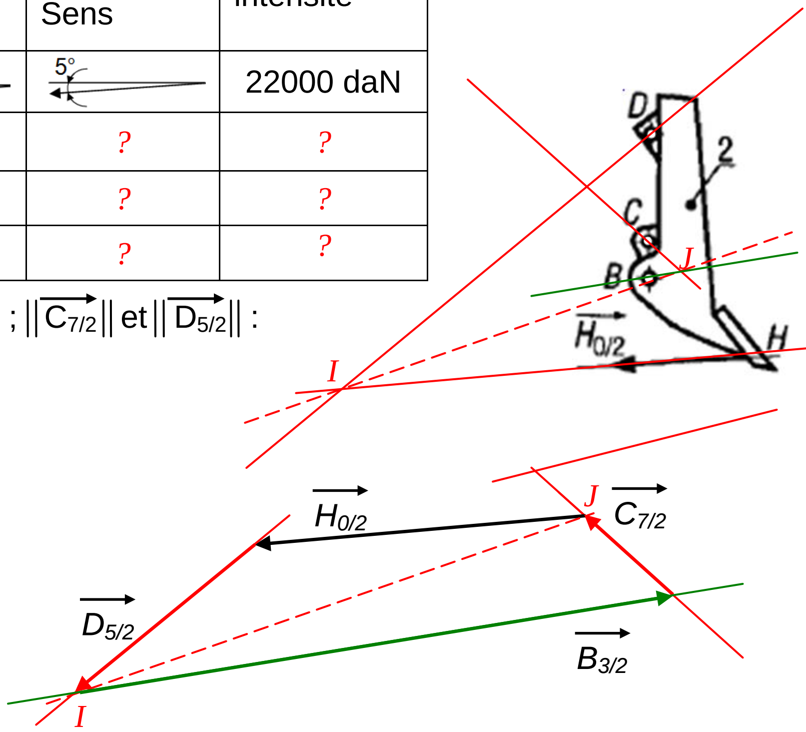
Polygone des forces

Échelle 1 mm ⟹ 500 daN

(80) $\|\overrightarrow{B_{3/2}}\|$ = 40000 daN

(16) $\|\overrightarrow{C_{7/2}}\|$ = 8000 daN

(31) $\|\overrightarrow{D_{5/2}}\|$ =15500 daN



3- Équilibre de 3 :

3.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le bras de poussée 3 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overrightarrow{B_{2/3}}$	B	—	←	37750 daN
$\overrightarrow{E_{4/3}}$	E	ED	$E \rightarrow D$	15500 daN
$\overrightarrow{A_{1/3}}$	A	?	?	?

3.1- Déterminer graphiquement $\|\overrightarrow{A_{1/3}}\|$

Polygone des forces

Échelle 1 mm ⟹ 500 daN

(55) $\|\overrightarrow{A_{1/3}}\|$ = 27500 daN