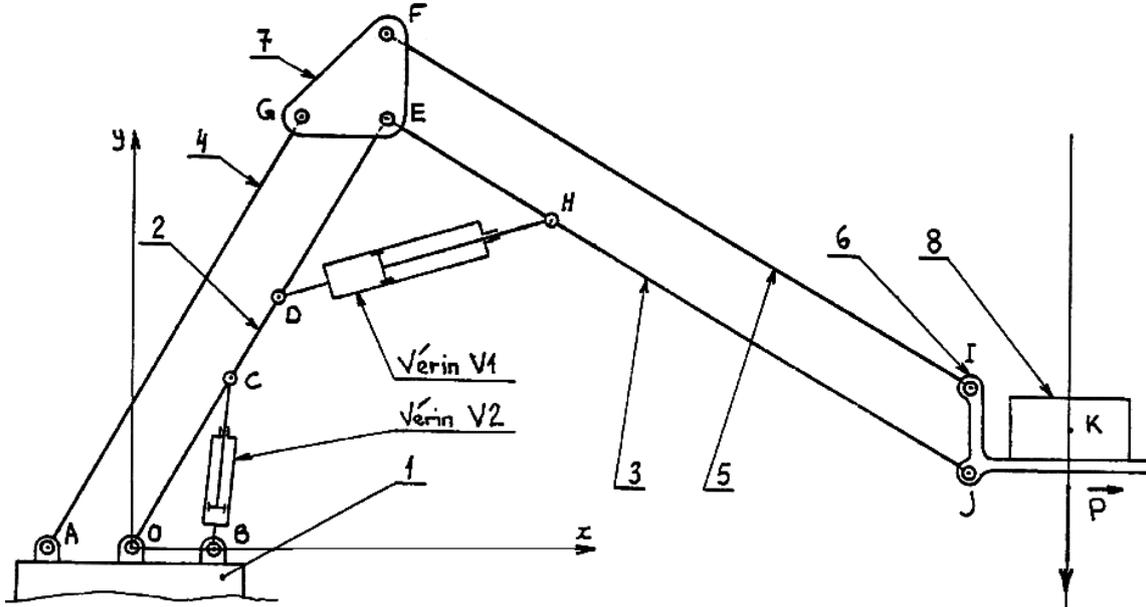


Exemple 5 : MONTE CHARGE

La figure ci-dessous représente un monte charge qui permet de soulever des charges à l'aide des deux vérins V1 et V2.

Les articulations O, A, B, C, D, E, F, H, I et J sont sans frottement, la charge 8 à soulever est de poids $P = 4000 \text{ N}$. Le poids propre des différentes pièces est négligé.

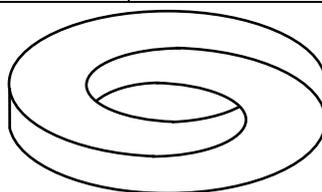


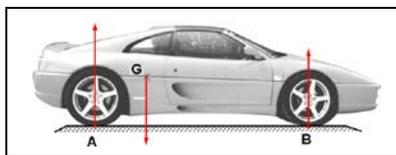
1- Compléter les phrases suivantes :

- 1.1- L'avant bras secondaire 5 est soumis à l'action de forces qui sont :
- 1.2- Le vérin V1 est soumis à l'action de forces qui sont :
- 1.3- L'avant bras primaire 3 est soumis à l'action de forces qui sont :
- 1.4- Le porte charge 6 est soumis à l'action de forces qui sont :

2- Compléter le tableau suivant :

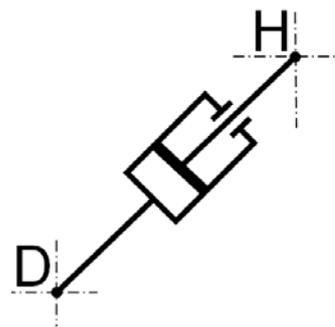
Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures





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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{H}_{3/V1}$	$H \rightarrow D$	16200 N
.....



4- Équilibre de V1 :

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

.....

.....

.....

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 :

.....

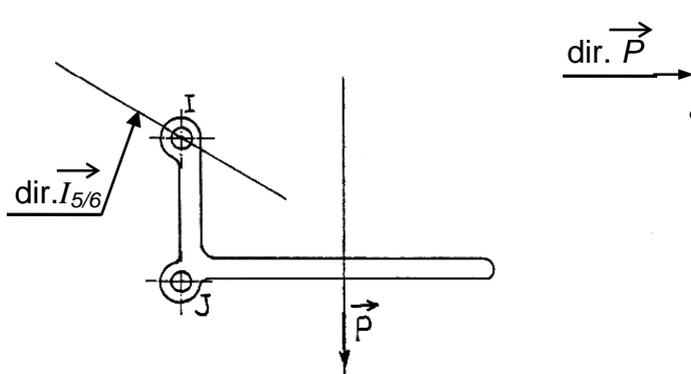
.....

.....

.....

.....

.....



5.2- **Déterminer** $\vec{I}_{5/6}$, $\vec{J}_{3/6}$ par la méthode du polygone des forces (avec l'échelle des forces : 1mm \Rightarrow 100N)

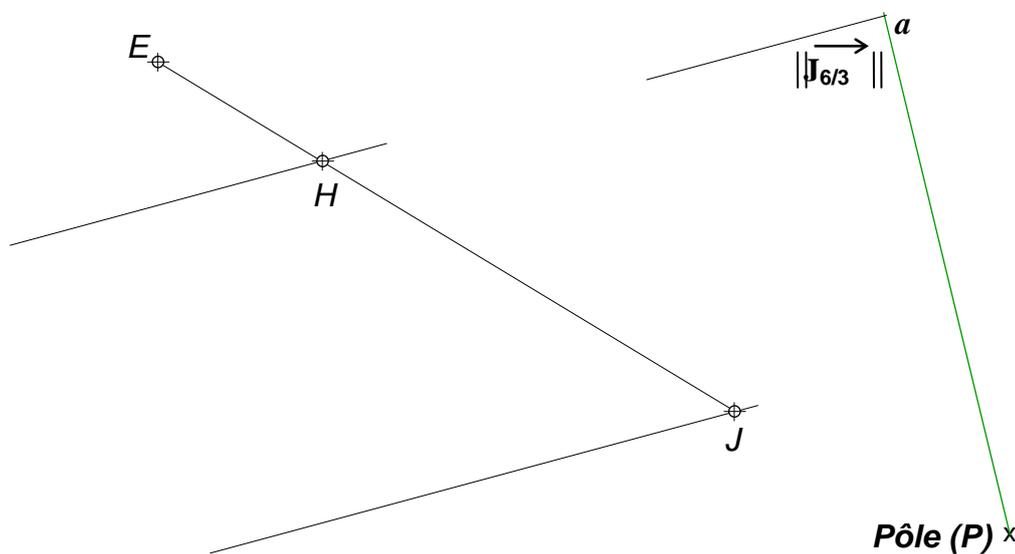
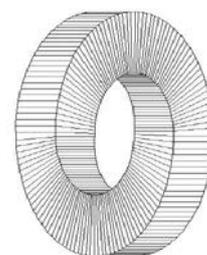
$\|\vec{I}_{5/6}\| = \dots\dots\dots$

$\|\vec{J}_{3/6}\| = \dots\dots\dots$

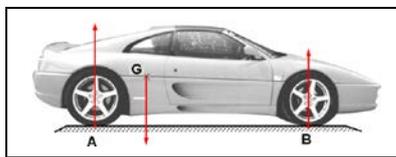
6- On isole l'avant bras primaire 3, **déterminer** $\|\vec{H}_{V1/3}\|$; $\|\vec{E}_{7/3}\|$ par la méthode du dynamique-funiculaire. (Échelle des forces : 1mm \Rightarrow 300N)

$\|\vec{H}_{V1/3}\| = \dots\dots\dots$

$\|\vec{E}_{7/3}\| = \dots\dots\dots$



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE

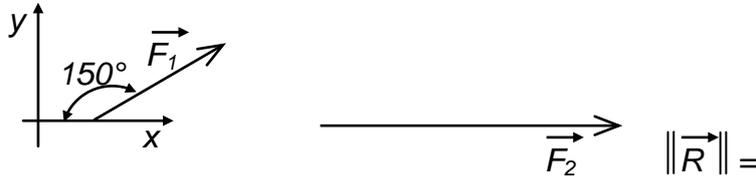


Exemple 6 : SOMME DES FORCES et SUPPORT DE CHARGE

A- Soient F_1 et F_2 deux forces dont les modules sont respectivement 10 N et 20 N. R étant la somme de F_1 et F_2 . ($R = F_1 + F_2$). Déterminer graphiquement et analytiquement le module de R , sachant que F_1 et F_2 sont dans le même plan.

(Échelle des forces : 1 cm \iff 5 N)

♦ Méthode graphique :



♦ Méthode analytique :

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 $\|Q\| = 500$ daN au point A. Le poids de toutes les pièces est négligé.

1- Compléter le tableau suivant :

Système isolé	Forces intérieures	Forces extérieures
$S_1 = \{2\}$
$S_2 = \{2, 3\}$

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
.....
.....

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

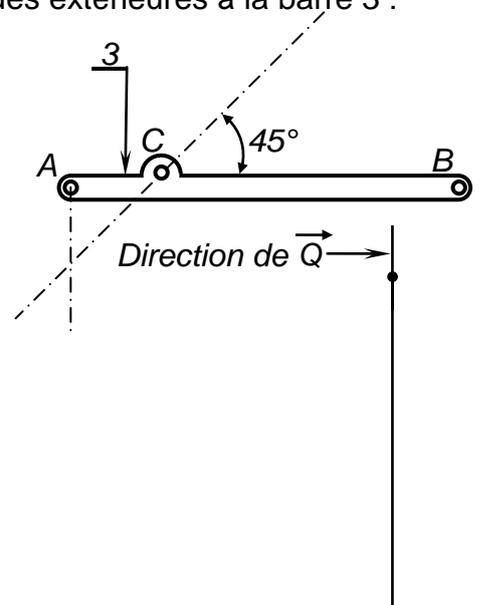
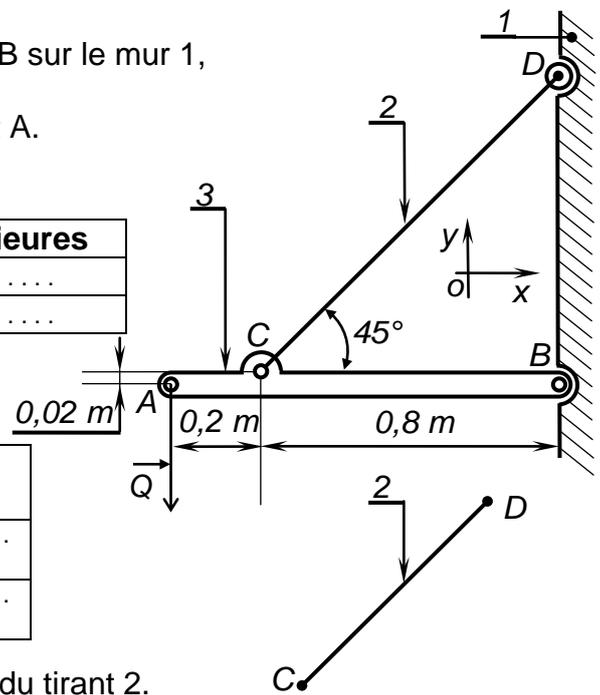
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....
.....

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

(Échelle des forces : 10 mm \iff 125daN)

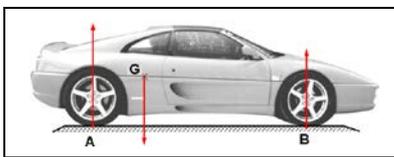
$\|B_{1/3}\| = \dots\dots\dots$ $\|C_{2/3}\| = \dots\dots\dots$

3.3- Calculer les modules des moments des actions Q et $C_{2/3}$ par rapport au point B :



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE





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

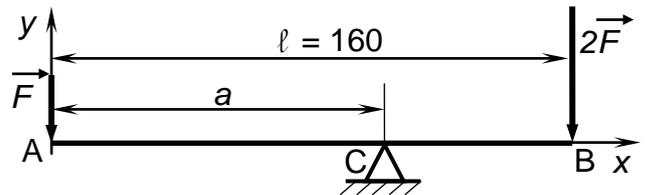
A- QUESTIONS DE COURS :

1- **Énoncer** le principe des actions mutuelles :

2- **Citer** le théorème de l'équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces coplanaires non parallèles :

B- ÉQUILIBRE D'UNE POUTRE :

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

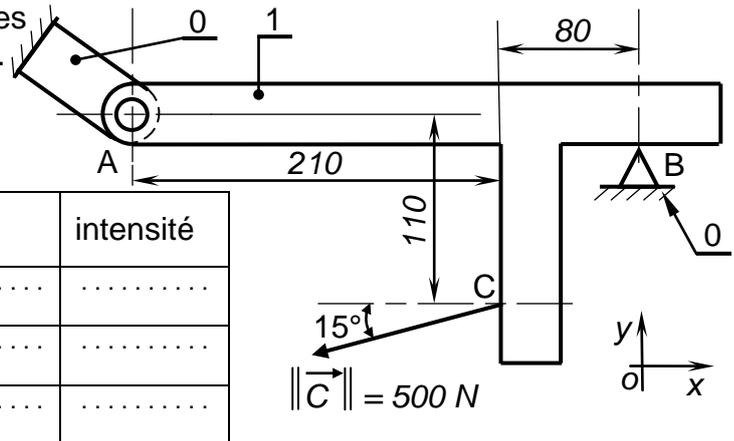


C- LEVIER COUDÉ :

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 :

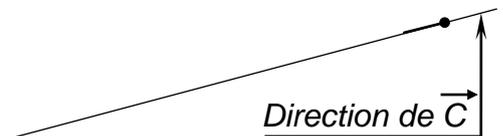


Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....
.....

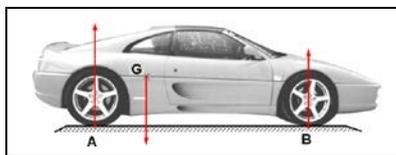
2- **Déterminer** graphiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec : $\|\vec{C}\| = 500\text{ N}$
(Échelle des forces : 1 cm \iff 100 N)

$\|\vec{B}_{0/1}\| = \dots\dots\dots$ $\|\vec{A}_{0/1}\| = \dots\dots\dots$

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



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

A- QUESTIONS DE COURS :

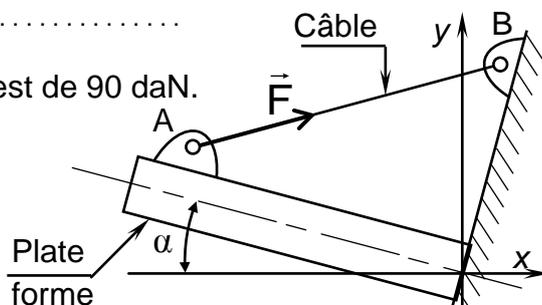
1- Citer les caractéristiques d'une force :

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

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 $\alpha = 15^\circ$



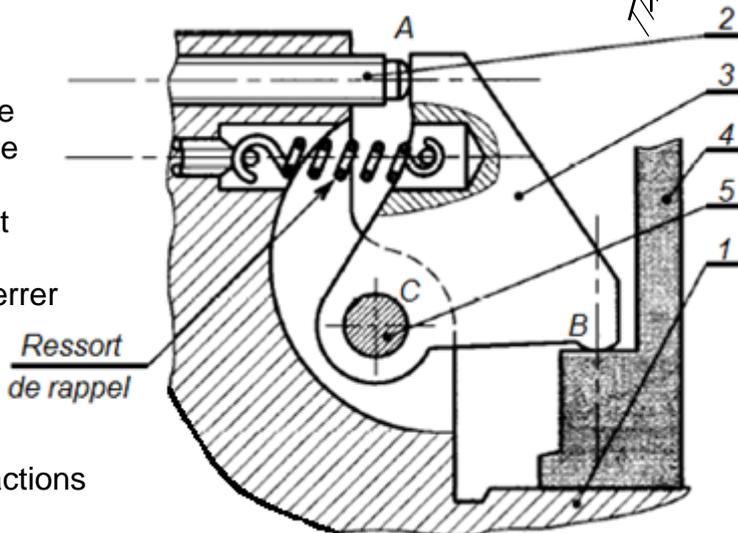
C- SERRAGE PAR BRIDE

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

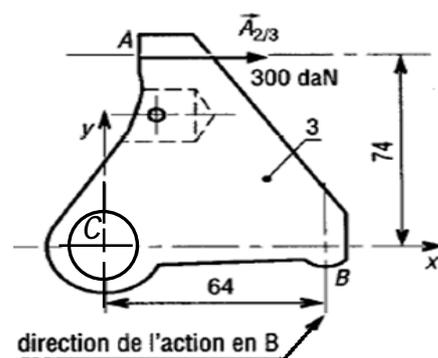
En manœuvrant la vis de pression 2 agissant en A (contact ponctuel) sur la bride 3 articulé (liaison pivot) en C autour de l'axe 5, vient serrer la pièce 4 sur le socle 1.

- 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
.....
.....
.....



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

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

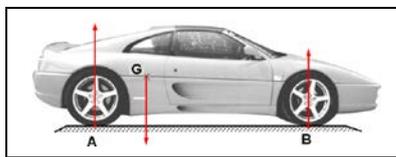
$\|\vec{B}_{4/3}\| = \dots\dots\dots$ $\|\vec{C}_{5/3}\| = \dots\dots\dots$

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



Polygone des forces

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

A- QUESTIONS DE COURS

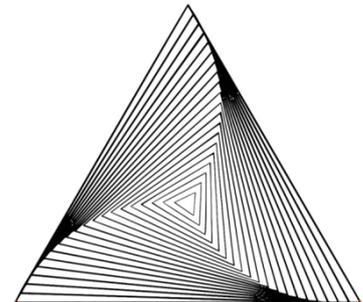
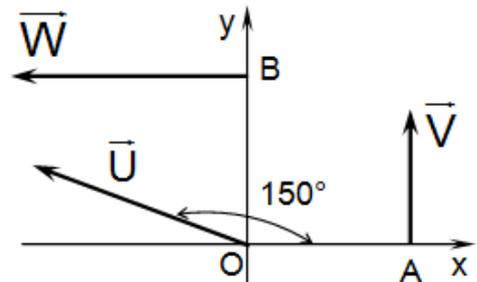
Trouver les caractéristiques des forces appliquées ci-dessous :
(avec l'échelle des forces : 1mm \iff 0,5N)

Ensemble			
Force			
Point d'application			
Direction			
Sens			
Intensité			

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



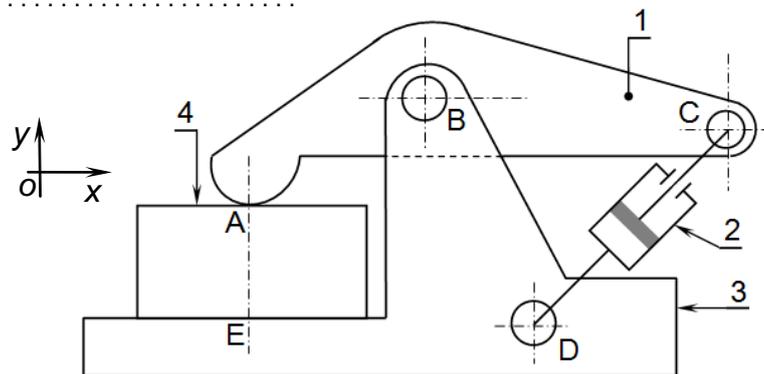
C- SYSTÈME DE BLOCAGE

Soit le système de blocage suivant :

- 1 : Bride ; 3 : Support
- 2 : Vérin ; 4 : Pièce à serrer

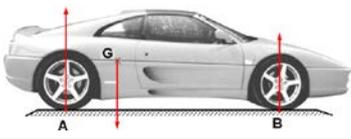
Hypothèse :

- 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



2- Équilibre de 2 :

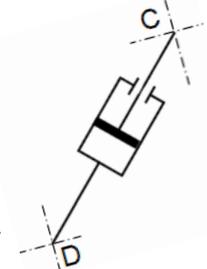
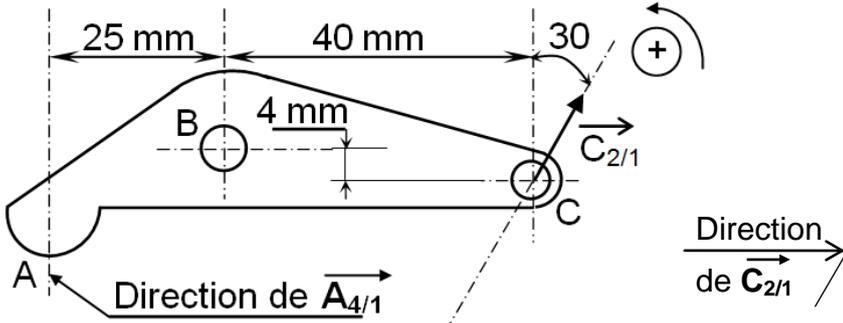
2.1- On isole le vérin 2. Compléter le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{C}_{1/2}$	$C \rightarrow D$	200 N
.....

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 \rightarrow 5 N

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

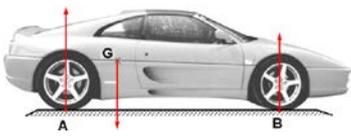
$\|\vec{B}_{3/1}\| = \dots\dots\dots$

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



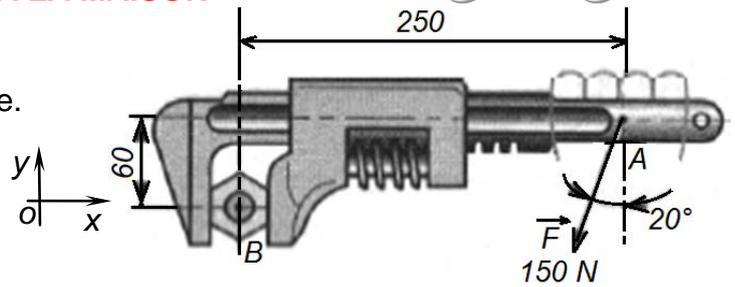
$\|\mathcal{M}_B(\vec{A}_{4/1})\| = \dots\dots\dots$

$\|\mathcal{M}_B(\vec{C}_{2/1})\| = \dots\dots\dots$

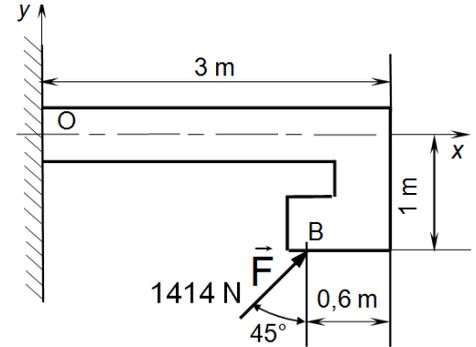


DEVOIR À LA MAISON

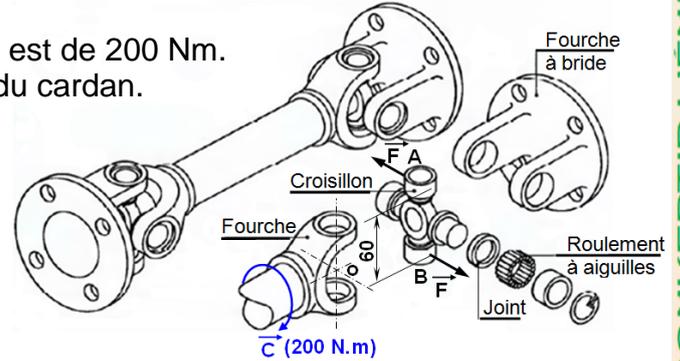
EX1- La force \vec{F} schématise l'action de serrage exercée par l'opérateur sur la clef à molette.
Calculer le moment en B de la force \vec{F} ?



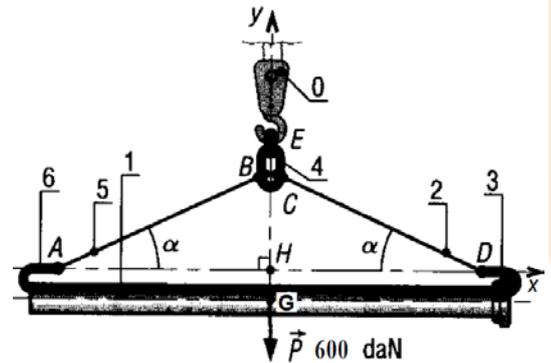
EX2- 1- Calculer la projection de \vec{F} sur l'axe x et sur l'axe y
2- Calculer le moment en O de la force \vec{F} .



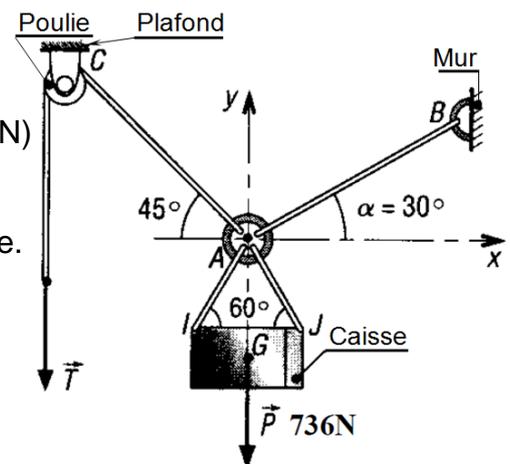
EX3- Le couple moteur C transmis par l'arbre moteur est de 200 Nm.
En déduire les efforts exercés sur le croisillon du cardan.



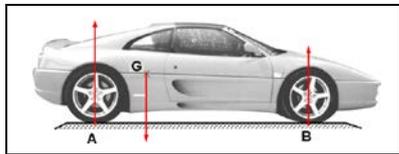
EX4- Un tuyau 1 de poids P (600 daN) est soulevé par l'intermédiaire de crochets 3 et 6, d'élingues 2 et 5 et d'un anneau 4 dont les poids sont négligés.
Déterminer les actions exercées en A, C, D et E si celles-ci sont schématisées par des vecteurs forces passant par ces points et les tensions \vec{T}_5 et \vec{T}_2 des élingues. $AH = DH$; $\alpha = 24^\circ$



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 et l'effort \vec{T} que doit exercer l'opérateur pour maintenir l'ensemble en équilibre.



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



EZZ@HR@OUI

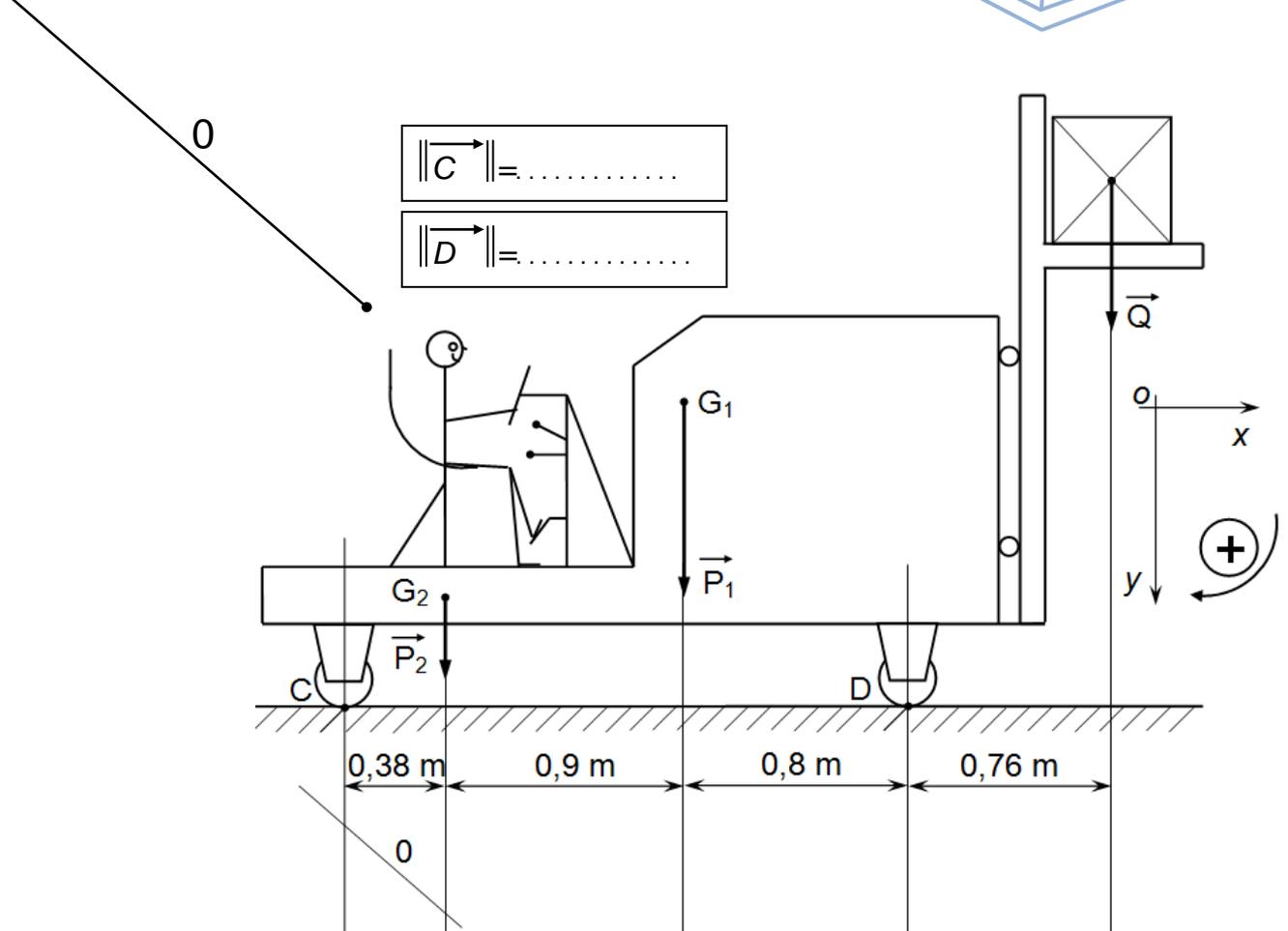
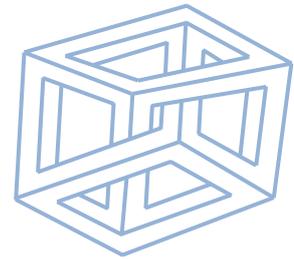
EX6- ÉLÉVATEUR

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 \implies 100 N)



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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

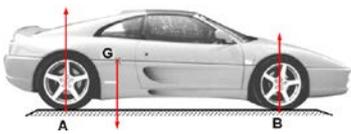
.....

.....

.....

.....

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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 $\|\vec{J}_{\text{gaz}/2}\|$ du gaz sur le piston 2.

En déduire l'action $\|\vec{A}_{3/2}\|$. Justifier votre réponse.

.....

.....

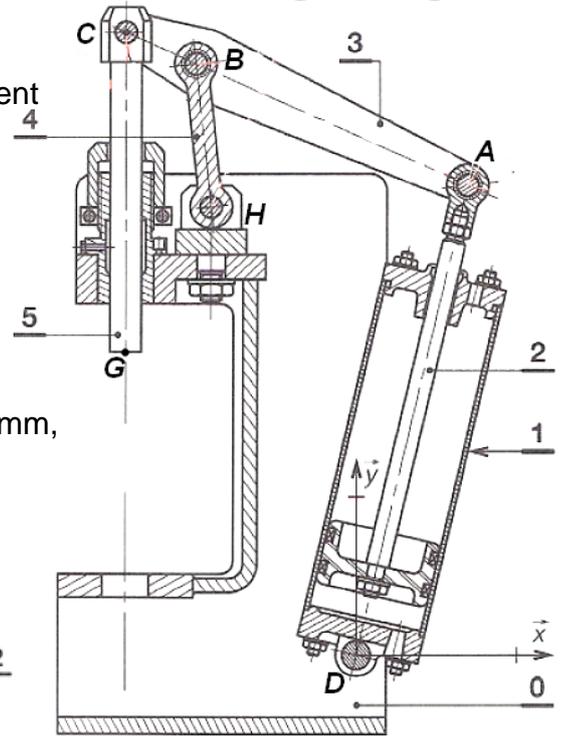
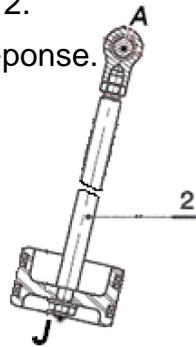
.....

.....

.....

.....

.....



2- Équilibre du vérin 1+2 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

.....

.....

.....

2.2- Théorème :

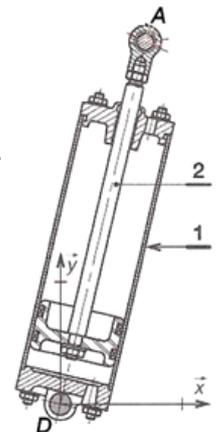
.....

.....

.....

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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....



2- Équilibre de la bielle 4 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

.....

.....

.....

2.2- Théorème :

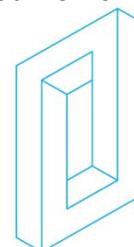
.....

.....

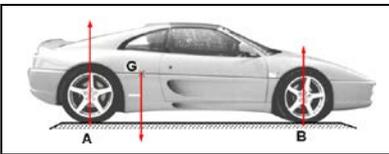
.....

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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



2- Équilibre du levier 3 : (Résolution graphique)

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

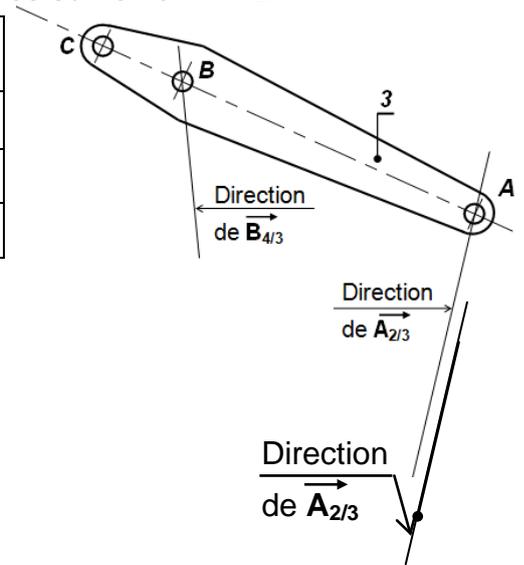
.....

2.2- Théorème :

.....

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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....
.....



2.4- Déterminer graphiquement $\|\vec{B}_{4/3}\|$ et $\|\vec{C}_{5/3}\|$:
 (Échelle des forces 1 mm \Rightarrow 200 N)



$\|\vec{B}_{4/3}\| = \dots\dots\dots$

$\|\vec{C}_{5/3}\| = \dots\dots\dots$

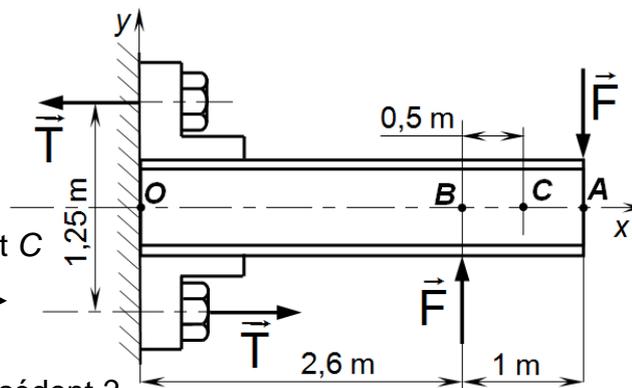
B- COUPLE DE FORCES

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

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

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

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



.....

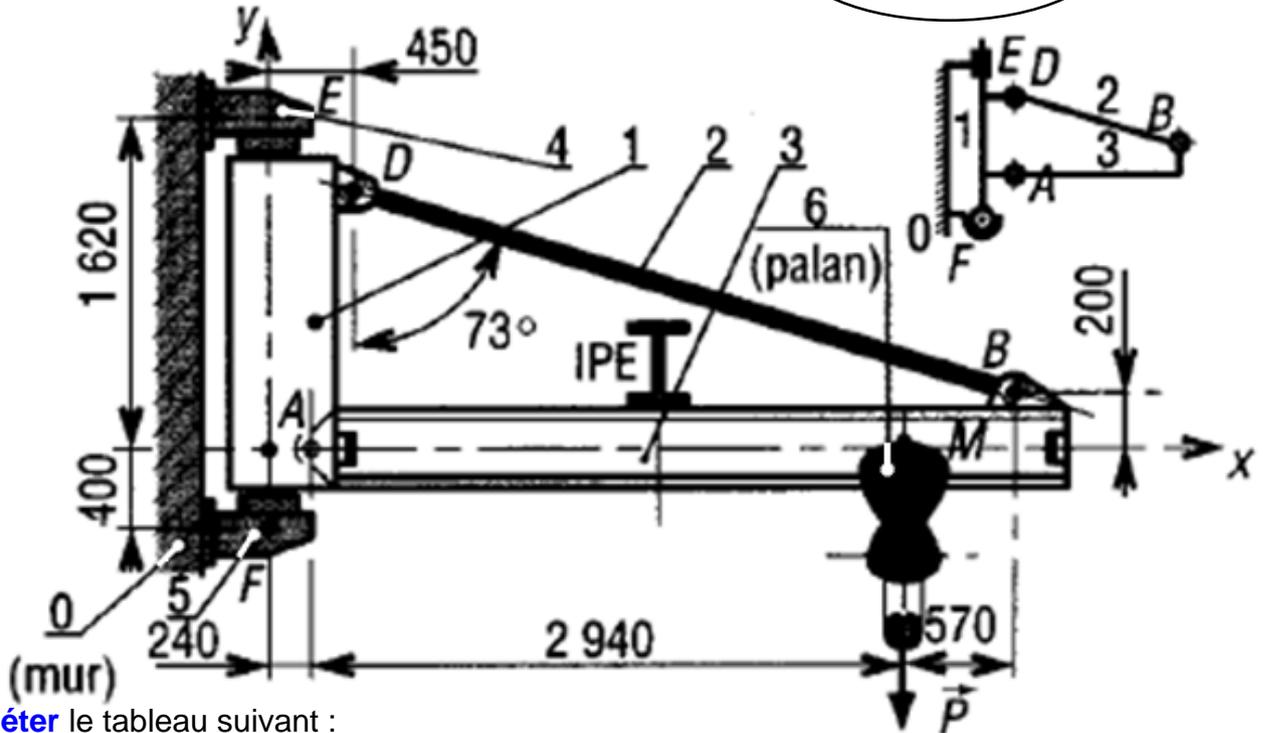
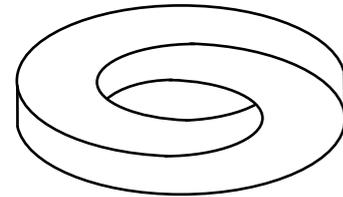


EX8- PRESSE PNEUMATIQUE

Une potence utilisée en manutention se compose d'une flèche 3 articulée en A sur une colonne pivotante 1 et d'un tirant 2 BD 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- 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.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

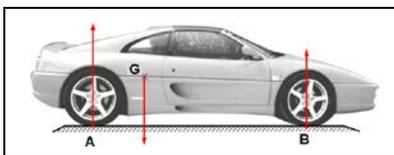
.....

.....

.....

.....

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



3- Équilibre de 3 :

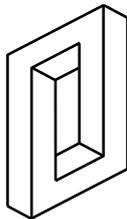
EZZ@HR@OUI

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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....
.....

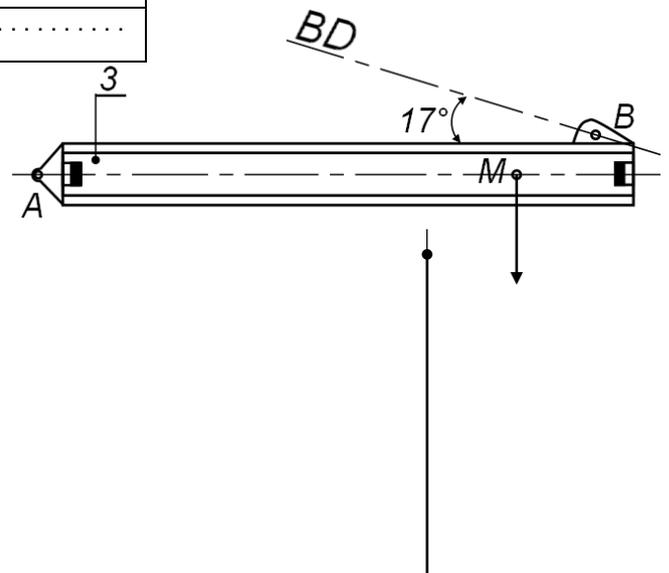
3.1- Déterminer graphiquement $\|\vec{A}_{1/3}\|$ et $\|\vec{B}_{2/3}\|$:

Polygone des forces
Échelle 1 mm \iff 50 daN



$\|\vec{A}_{1/3}\| = \dots\dots\dots$

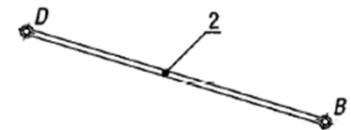
$\|\vec{B}_{2/3}\| = \dots\dots\dots$



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
.....
.....

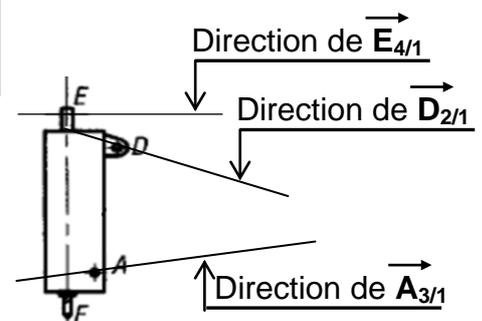


4.2- Indiquer les forces extérieures sur la figure ci-contre

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
$\vec{D}_{2/1}$	D	BD	$B \rightarrow D$	4829,6 daN
$\vec{A}_{3/1}$	A			4655,8 daN
.....
.....



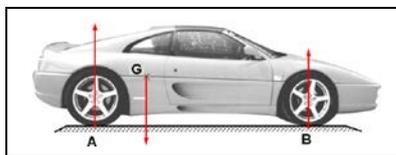
5.2- Déterminer graphiquement $\|\vec{E}_{4/1}\|$ et $\|\vec{F}_{5/1}\|$

Polygone des forces : Échelle 1 mm \iff 150 daN

$\|\vec{E}_{4/1}\| = \dots\dots\dots$

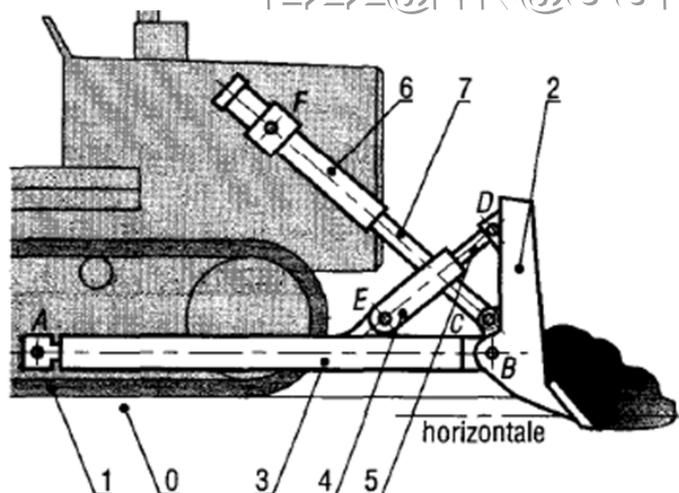
$\|\vec{F}_{5/1}\| = \dots\dots\dots$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



EX8-BULLDOZER

Un buteur 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. $H_{0/2}$ (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 des symétrie de l'appareil.



Hypothèse :

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

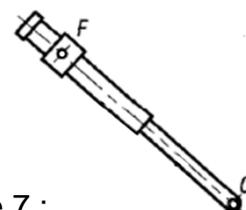
1- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures

2- Équilibre de 6+7 :

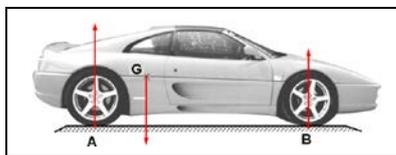
2.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 6+7:

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....
.....



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
.....
.....



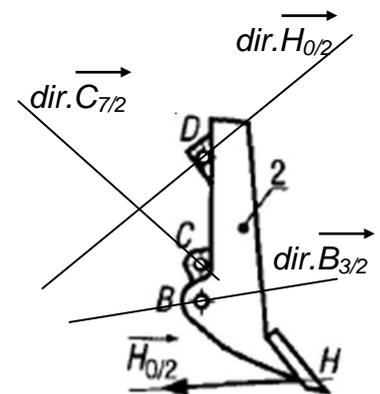
3.2- **Indiquer** les forces extérieures sur la **figure ci-contre** en cas de rentrée de 5 :

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

EZZ@HR@OUI

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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{H}_{0/2}$	H			22000 daN
.....
.....
.....



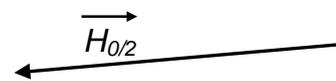
4.1- **Déterminer** graphiquement $\|\vec{B}_{3/2}\|$; $\|\vec{C}_{7/2}\|$ et $\|\vec{D}_{5/2}\|$:

Polygone des forces : Échelle 1 mm \implies 500 daN

$\|\vec{B}_{3/2}\| = \dots\dots\dots$

$\|\vec{C}_{7/2}\| = \dots\dots\dots$

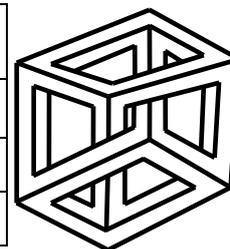
$\|\vec{D}_{5/2}\| = \dots\dots\dots$



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
.....
.....
.....



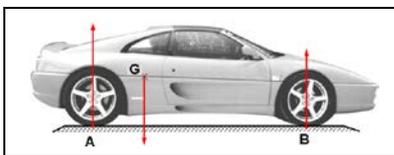
3.1- **Déterminer** graphiquement $\|\vec{A}_{1/3}\|$

Polygone des forces
Échelle 1 mm \implies 500 daN



$\|\vec{A}_{1/3}\| = \dots\dots\dots$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{H}_{3/V1}$	H	HD	$H \rightarrow D$	16200 N
$\vec{D}_{2/V1}$	D	DH	?	?

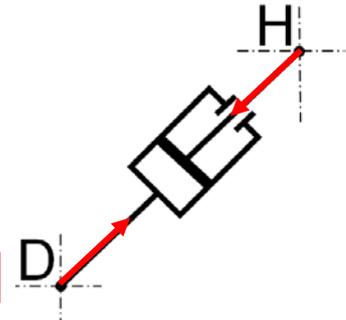
4- Équilibre de V1 :

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

Le vérin V1 est en équilibre sous l'action de deux forces

($\vec{H}_{3/V1}$ et $\vec{D}_{2/V1}$) ; ces deux forces ont même intensité,

même support mais sens opposé. $\vec{H}_{3/V1} = - \vec{D}_{2/V1}$; $\|\vec{H}_{3/V1}\| = \|\vec{D}_{2/V1}\|$



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

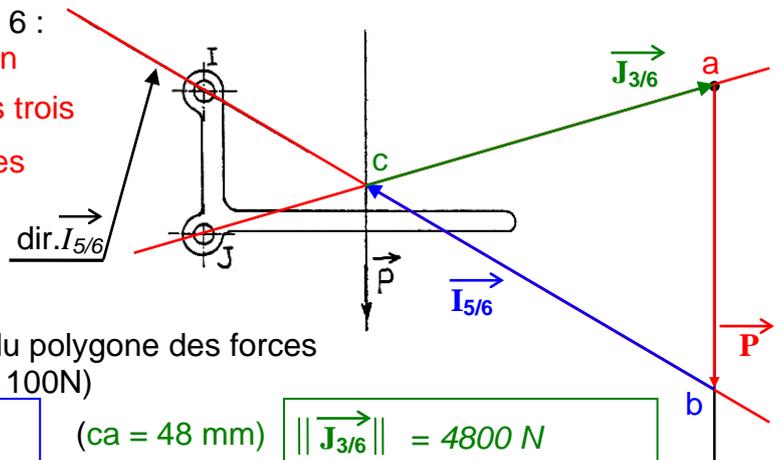
5- Équilibre de 6 :

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

La pièce 6 est en équilibre sous l'action

de 3 forces qui sont : ($\vec{I}_{5/6}$; $\vec{J}_{3/6}$; \vec{P}) ces trois

forces sont coplanaires et concourantes en même point.



5.2-Déterminer $\vec{I}_{5/6}$, $\vec{J}_{3/6}$ par la méthode du polygone des forces (avec l'échelle des forces : 1mm \Leftrightarrow 100N)

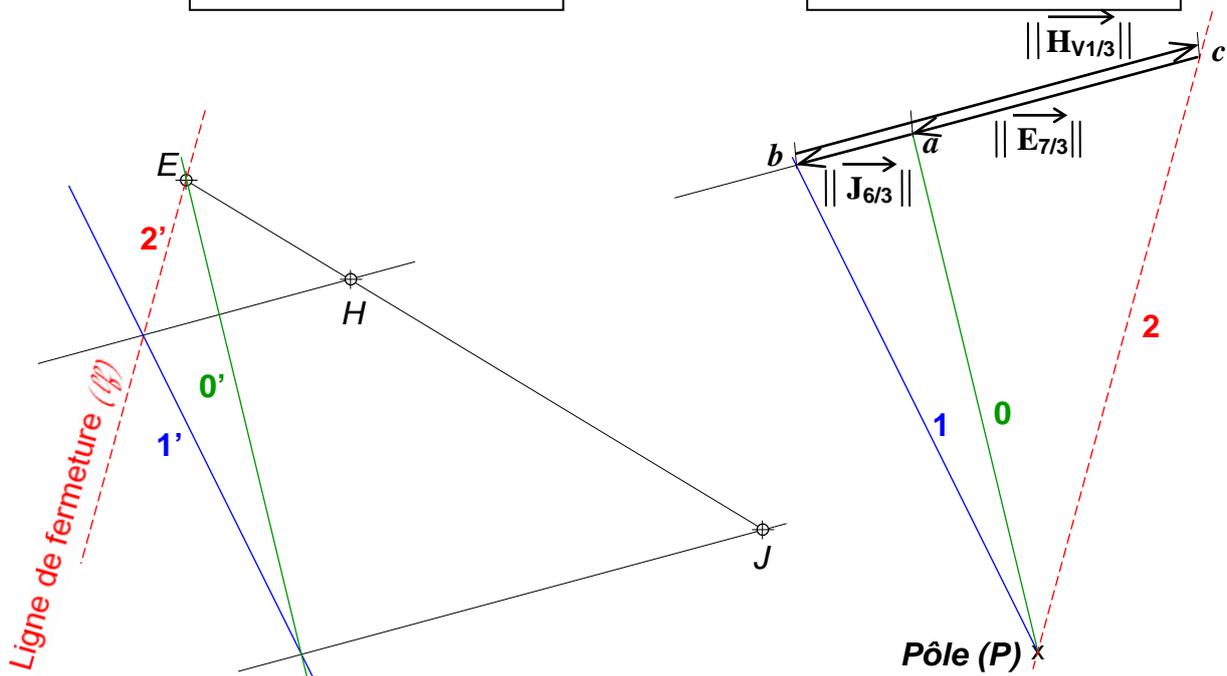
(bc = 53 mm) $\|\vec{I}_{5/6}\| = 5300 \text{ N}$

(ca = 48 mm) $\|\vec{J}_{3/6}\| = 4800 \text{ N}$

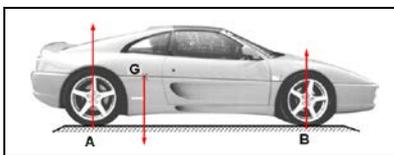
6- On isole l'avant bras primaire 3, déterminer $\|\vec{H}_{V1/3}\|$; $\|\vec{E}_{7/3}\|$ par la méthode du dynamique-funiculaire. (Échelle des forces : 1mm \Leftrightarrow 300N)

(bc = 55 mm) $\|\vec{H}_{V1/3}\| = 16500 \text{ N}$

(ca = 39 mm) $\|\vec{J}_{3/6}\| = 11700 \text{ N}$

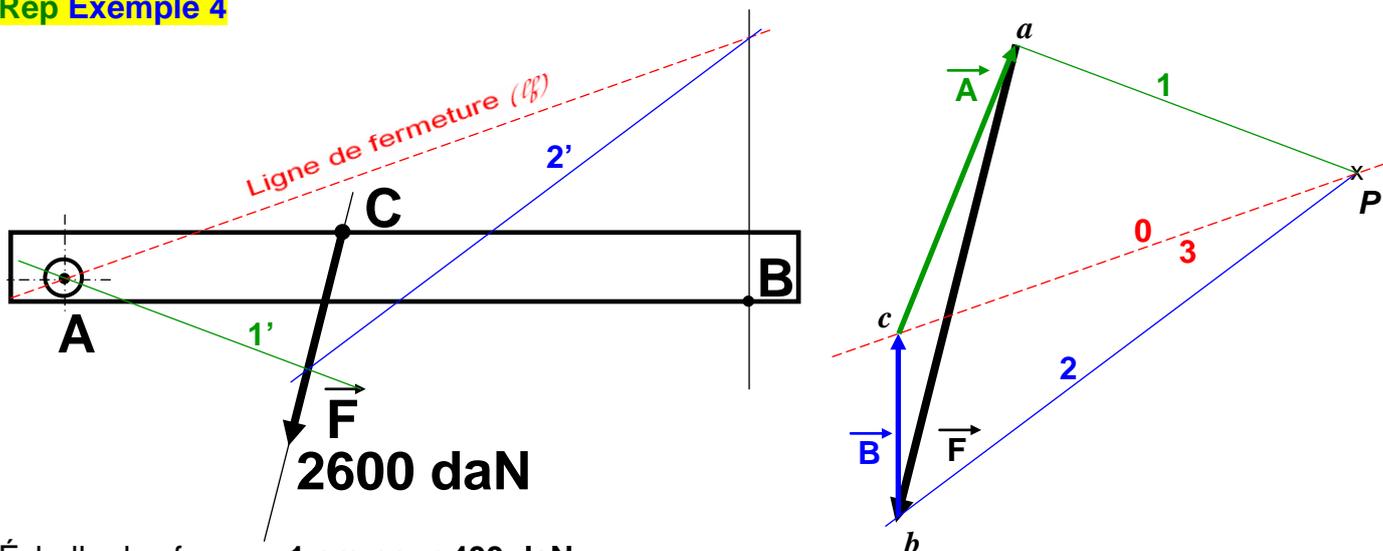


FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



LA STATIQUE PLANE

Rep Exemple 4



Échelle des forces : 1 cm pour 400 daN

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

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

Rep Exemple 5

MONTE CHARGE

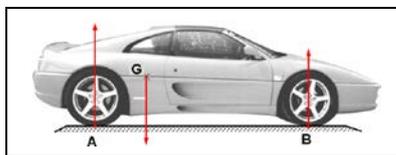
1- Compléter les phrases suivantes :

- 1.1- L'avant bras secondaire 5 est soumis à l'action de 2 forces qui sont : $(\vec{F}_{7/5}; \vec{I}_{6/5})$ 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 : $(\vec{D}_{2/V1}; \vec{H}_{3/V1})$ 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 : $(\vec{E}_{7/3}; \vec{H}_{V1/3}; \vec{J}_{6/3})$ ces trois forces sont coplanaires et parallèles.
- 1.4- Le porte charge 6 est soumis à l'action de 3 forces qui sont : $(\vec{I}_{5/6}; \vec{J}_{3/6}; \vec{P})$ ces trois forces sont coplanaires et concourantes en même point.

2- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	$6+8 = S1$	$\vec{I}_{5/S1}; \vec{J}_{3/S1}; \vec{P}$	$\vec{Force}_{6/8}; \vec{Force}_{8/6}$
	$3+5+6+8+VI = S2$	$\vec{E}_{7/S2}; \vec{F}_{7/S2}; \vec{D}_{2/S2}; \vec{P}$	$\vec{I}_{5/6}; \vec{I}_{6/5}; \vec{J}_{3/6}; \vec{J}_{6/3}; \vec{H}_{3/V1}; \vec{H}_{V1/3}; \vec{Force}_{6/8}; \vec{Force}_{8/6}$
	$3+5+6+7+8+VI = S3$	$\vec{G}_{4/S3}; \vec{D}_{2/S3}; \vec{E}_{2/S3}; \vec{P}$	$\vec{I}_{5/6}; \vec{I}_{6/5}; \vec{J}_{3/6}; \vec{J}_{6/3}; \vec{H}_{3/V1}; \vec{H}_{V1/3}; \vec{Force}_{6/8}; \vec{Force}_{8/6}; \vec{E}_{3/7}; \vec{E}_{7/3}; \vec{F}_{5/7}; \vec{F}_{7/5}$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE

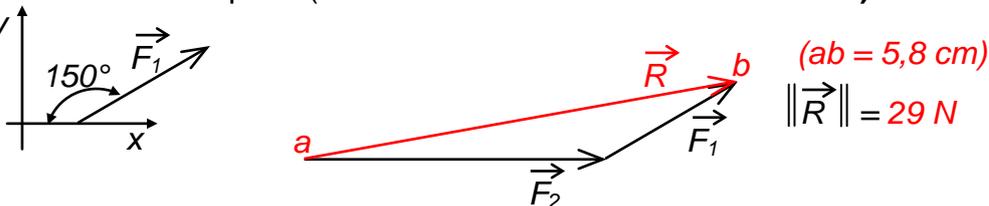


Rep Exemple 6

SOMME DES FORCES et SUPPORT DE CHARGE

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

♦ Méthode graphique :



♦ Méthode analytique :

$$R_x = \|F_1\| \cdot \cos 30 + \|F_2\| = 10 \cdot \sqrt{3}/2 + 20 = 28,66$$

$$R_y = \|F_1\| \cdot \sin 30 + 0 = 10 \cdot 1/2 + 0 = 5$$

$$\|R\| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{28,66^2 + 5^2} = 29,09 \text{ N}$$

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 Q 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	$\overline{D_{1/S1}}; \overline{C_{3/S1}}$
$S_2 = \{2, 3\}$	$\overline{C_{2/3}}; \overline{C_{3/2}}$	$\overline{Q}; \overline{B_{1/S2}}; \overline{D_{1/S2}}$

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
$\overline{D_{1/2}}$	D	CD	?	?
$\overline{C_{3/2}}$	C	CD	?	?

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

Même direction (CD) ; Même module $\|D_{1/2}\| = \|C_{3/2}\|$; Sens opposés $D_{1/2} = -C_{3/2}$

3- Équilibre de la barre 3 :

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

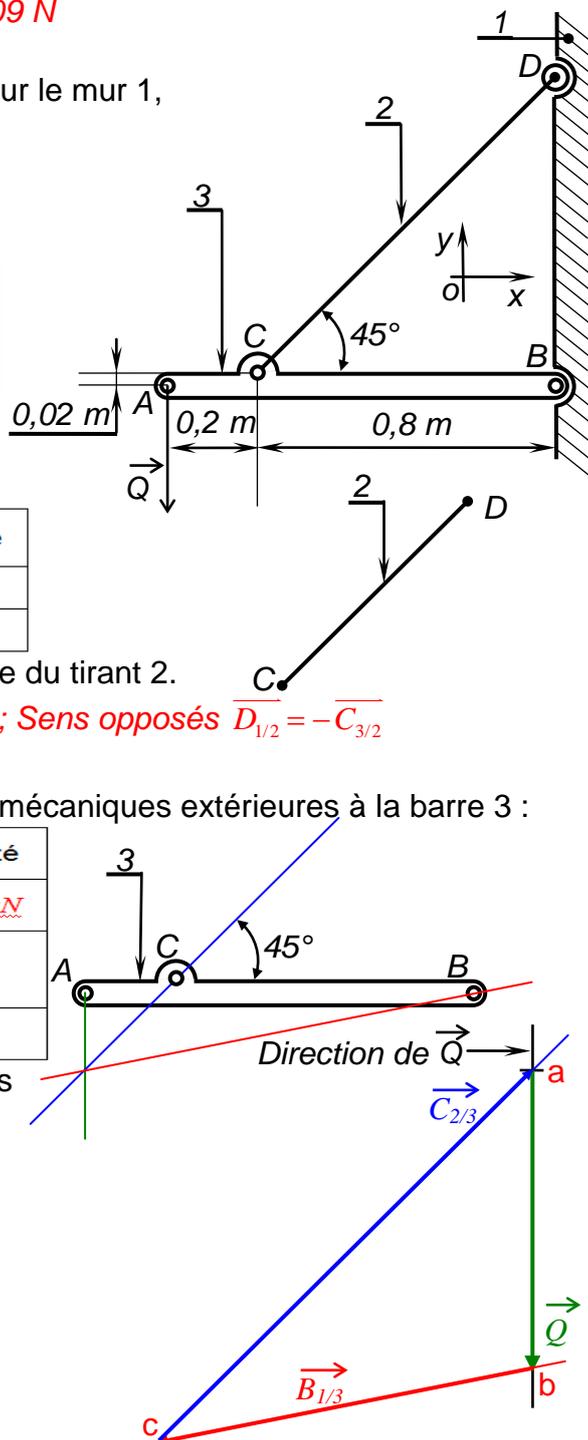
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
\overline{Q}	A	Verticale	Vers le bas	500 daN
$\overline{C_{2/3}}$	C	Inclinée / à l'horizontale de 45°	?	?
$\overline{B_{1/3}}$	B	?	?	?

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

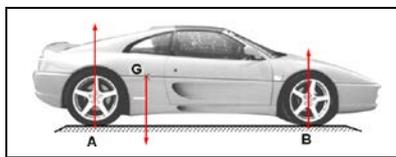
(Échelle des forces : 10 mm \iff 125 daN)

$$(bc = 50,5 \text{ mm}) \quad \|\overline{B_{1/3}}\| = 631,25 \text{ daN}$$

$$(ca = 70 \text{ mm}) \quad \|\overline{C_{2/3}}\| = 875 \text{ daN}$$



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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 $\vec{F}_{1/0}$ sur le solide 0, de même le solide 0 exerce sur le solide 1, une force $\vec{F}_{0/1}$. Ces deux forces ont même module, même point d'application, même support mais le sens est opposé ; $\vec{F}_{1/0} = -\vec{F}_{0/1}$

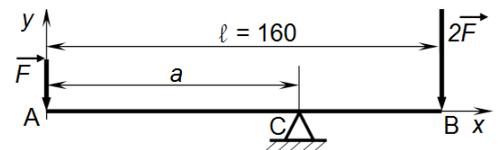
2- **Citer** le théorème de l'équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces coplanaires non parallèles : Si le solide (S) est en équilibre sous l'action de trois forces (\vec{A} , \vec{B} et \vec{C}) non parallèles ; ces trois forces sont coplanaires et concourantes en un même point, et $\sum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

B- ÉQUILIBRE D'UNE POUTRE :

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

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

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



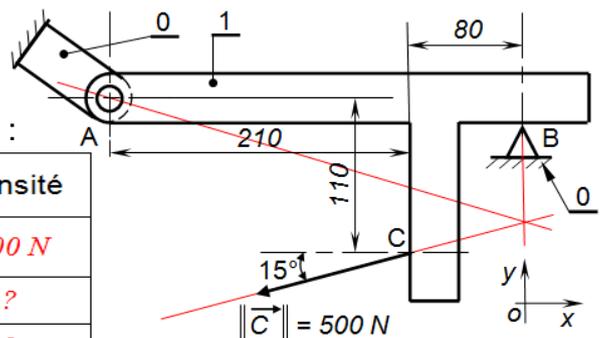
C- LEVIER COUDÉ :

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
$\vec{B}_{0/1}$	B	Verticale	?	?
$\vec{A}_{0/1}$	A	?	?	?



2- **Déterminer** graphiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec : $\|\vec{C}\| = 500 \text{ N}$ (Échelle des forces : 1 cm \iff 100 N)

$$\|\vec{B}_{0/1}\| = 275 \text{ N} ; \|\vec{A}_{0/1}\| = 505 \text{ N}$$

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

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} ; \vec{C} + \vec{B}_{0/1} + \vec{A}_{0/1} = \vec{0}$$

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

$$\text{proj}/y : -\|\vec{C}\| \cdot \sin 15 + \|\vec{B}_{0/1}\| + A_{(0/1)Y} = 0.$$

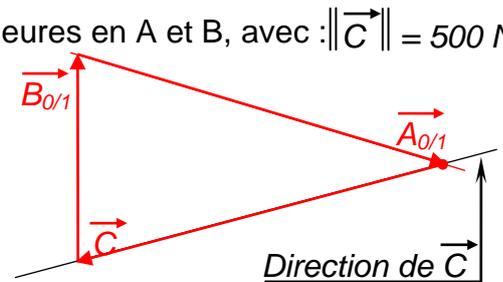
$$\sum \mathcal{M}_{/A} \vec{F}_{ext} = \vec{0} ; \mathcal{M}_{/A} \vec{C} + \mathcal{M}_{/A} \vec{A}_{0/1} + \mathcal{M}_{/A} \vec{B}_{0/1} = \vec{0} ;$$

$$-\|\vec{C}\| \cdot \cos 15 \cdot 110 - \|\vec{C}\| \cdot \sin 15 \cdot 210 + 0 + \|\vec{B}_{0/1}\| \cdot 290 = 0$$

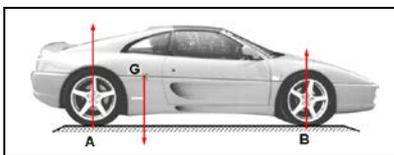
$$\|\vec{B}_{0/1}\| = \frac{\|\vec{C}\| \cdot (\cos 15 \cdot 110 + \sin 15 \cdot 210)}{290} = \frac{500 \cdot (\cos 15 \cdot 110 + \sin 15 \cdot 210)}{290} ; \text{ Donc : } \|\vec{B}_{0/1}\| = 276,90 \text{ N}$$

$$A_{(0/1)Y} = \|\vec{C}\| \cdot \sin 15 - \|\vec{B}_{0/1}\| = 500 \cdot \sin 15 - 276,90. \text{ Alors : } A_{(0/1)Y} = -147,49 \text{ N}$$

$$\text{D'où : } \|\vec{A}_{0/1}\| = \sqrt{(A_{(0/1)X})^2 + (A_{(0/1)Y})^2} = \sqrt{(482,96)^2 + (-147,49)^2}. \text{ Donc : } \|\vec{A}_{0/1}\| = 504,97 \text{ N}$$



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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}) ;

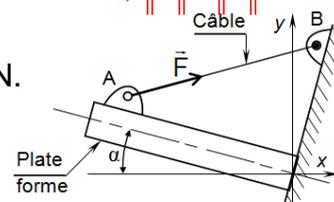
ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\vec{A} = -\vec{B}$; $\|\vec{A}\| = \|\vec{B}\|$

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 $\alpha = 15^\circ$

$$F_y = F_x \cdot \tan 15 = 24,11 \text{ daN} ; F = \frac{F_x}{\cos 15} = \frac{90}{\cos 15} = 93,17 \text{ daN}$$



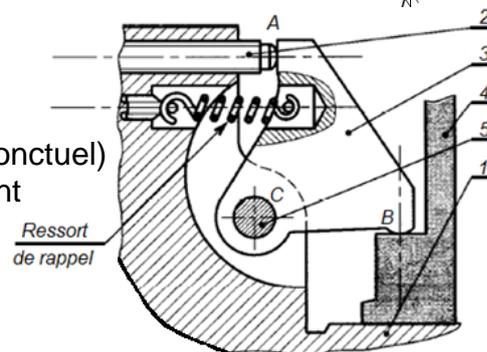
C- SERRAGE PAR BRIDE

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)

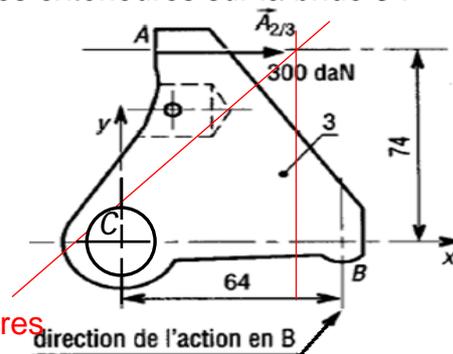
sur la bride 3 articulé (liaison pivot) en C autour de l'axe 5, vient serrer la pièce 4 sur le socle 1. **Hypothèses :**

- 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 : $\|\vec{A}_{2/3}\| = 300 \text{ daN}$ (Échelle des forces : 1 cm \iff 1000 N)

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

4- Déterminer analytiquement les actions mécaniques

extérieures en A et B, avec : $\|\vec{A}_{2/3}\| = 300 \text{ daN}$

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

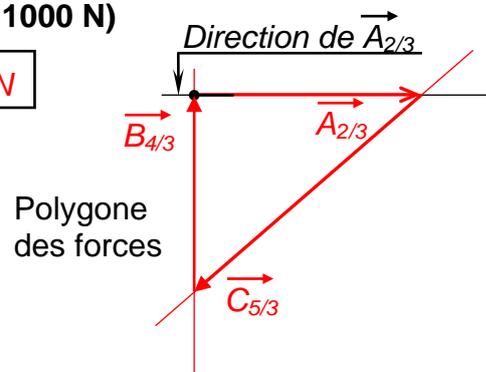
proj/x : $\|\vec{A}_{2/3}\| + 0 + C_{(5/3)x} = 0$. Alors : $C_{(5/3)x} = -300 \text{ daN}$

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

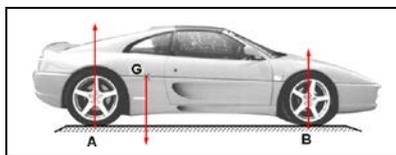
♦ $\sum \mathcal{M}_{/C} \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\mathcal{M}_{/C} \vec{A}_{2/3} + \mathcal{M}_{/C} \vec{B}_{4/3} + \mathcal{M}_{/C} \vec{C}_{5/3} = \vec{0}$; $-\|\vec{A}_{2/3}\| \cdot 74 + \|\vec{B}_{4/3}\| \cdot 64 + 0 = 0$

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

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



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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 \iff 0,5N)

Ensemble			
Force			
Point d'application	C	G	B
Direction	Horizontale	Verticale	Inclinée de α / 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 \iff 6

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

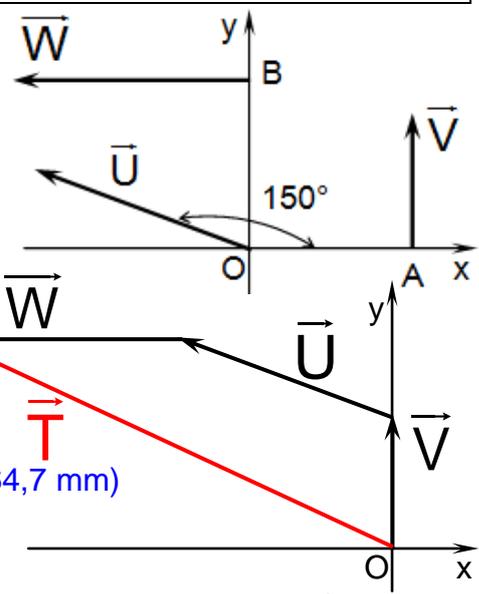
◆ Analytiquement :

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 : $\|\vec{T}\| = \sqrt{(T_x)^2 + (T_y)^2} = \sqrt{(-9,52)^2 + (5,5)^2}$

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



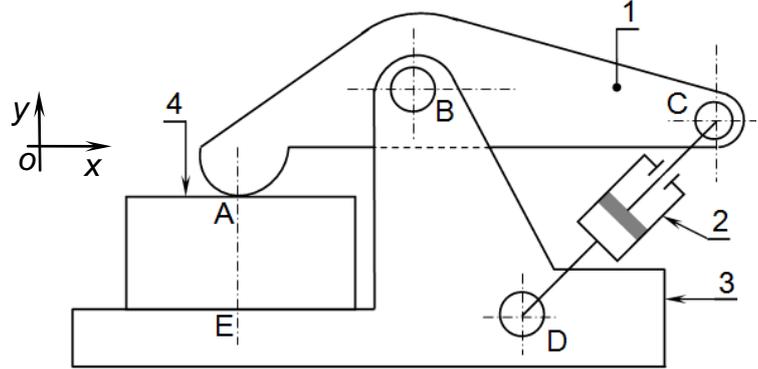
C- SYSTÈME DE BLOCAGE

Soit le système de blocage suivant :

- 1 : Bride ; 3 : Support
- 2 : Vérin ; 4 : Pièce à serrer

Hypothèse :

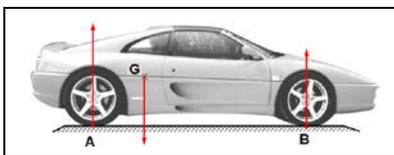
- Les poids des pièces sont négligés
- Les liaisons en A, B, C, D et E sont parfaites.



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}	$\overline{A_{4/S_1}} ; \overline{B_{3/S_1}} ; \overline{D_{4/S_1}}$	$\overline{C_{2/1}} ; \overline{C_{1/2}}$
	S ₂ = {1+2+4}	$\overline{E_{3/S_2}} ; \overline{B_{3/S_2}} ; \overline{D_{3/S_2}}$	$\overline{C_{2/1}} ; \overline{C_{1/2}} ; \overline{A_{4/1}} ; \overline{A_{1/4}}$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



2- Équilibre de 2 :

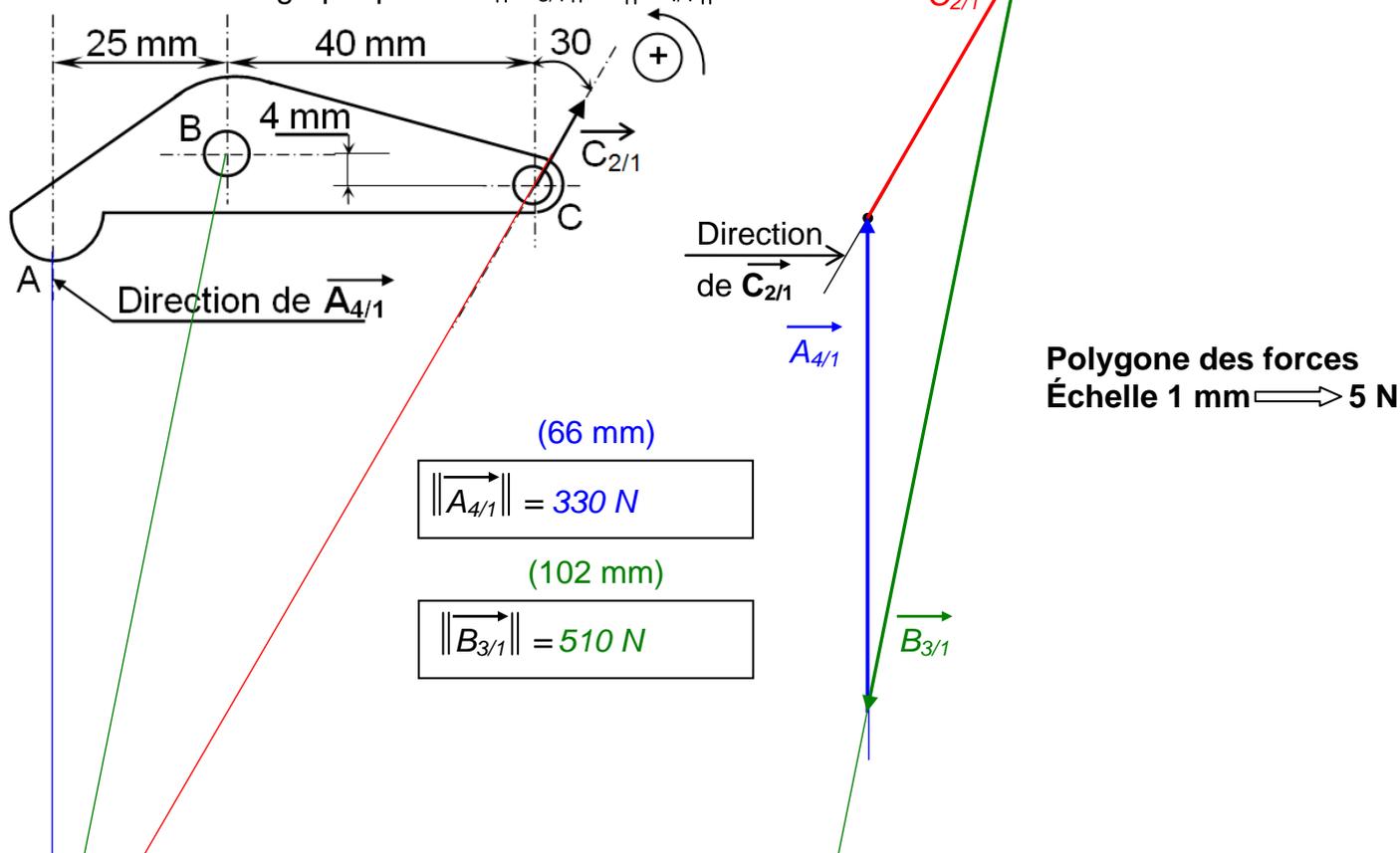
2.1- On isole le vérin 2. Compléter le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

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 $\|\vec{A}_{4/1}\|$:



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 ($-\vec{z}$)

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

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

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

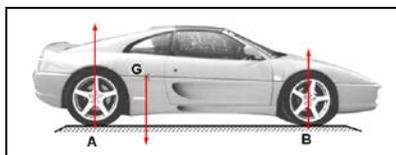
$$\|\vec{M}_{B/A_{4/1}}\| = -8250 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \|\vec{M}_{B/C_{2/1}}\| &= \|\vec{C}_{2/1}\| \cdot \sin 30 \cdot 4 + \|\vec{C}_{2/1}\| \cdot \cos 30 \cdot 40 \\ &= 200 \cdot 4 (\sin 30 + \cos 30 \cdot 10) \\ &= 7328,20 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

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

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

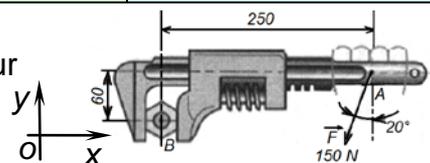


DEVOIR À LA MAISON

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} ?

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

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

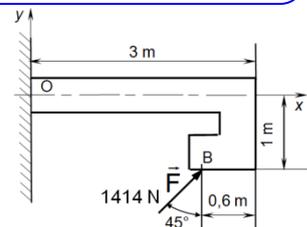


Le moment suivant l'axe (-z)

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- $F_x = -\|\vec{F}\| \cdot \sin 45 = 999,84 \text{ N}$; $F_y = -\|\vec{F}\| \cdot \cos 45 = 999,84 \text{ N}$

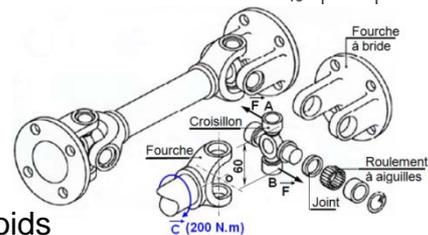
2- $\|\mathcal{M}_O \vec{F}\| = \|\vec{F}\| \cdot \sin 45 \cdot 1 + \|\vec{F}\| \cdot \cos 45 \cdot 3 = 1414 \cdot \cos 45 \cdot (1+3) = 3999,39 \text{ Nm}$



EX3- Le couple moteur C transmis par l'arbre moteur est de 200 Nm.

En déduire les efforts exercés sur le croisillon du cardan.

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



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 ; $\alpha = 24^\circ$

Équilibre de $S_1=1+3+6$: $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{T}_5 + \vec{T}_2 + \vec{P} = \vec{0}$

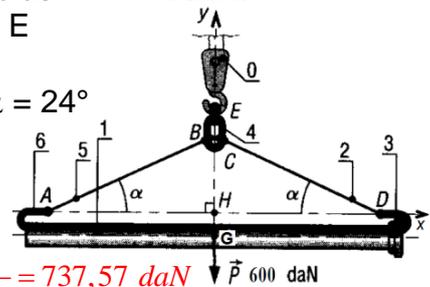
proj/x : $\|\vec{T}_5\| \cdot \cos 24 - \|\vec{T}_2\| \cdot \cos 24 + 0 = 0$. Alors : $\|\vec{T}_5\| = \|\vec{T}_2\|$

proj/y : $\|\vec{T}_5\| \cdot \sin 24 + \|\vec{T}_2\| \cdot \sin 24 - P = 0$. Alors : $\|\vec{T}_5\| = \frac{P}{2 \cdot \sin 24} = \frac{600}{2 \cdot \sin 24} = 737,57 \text{ daN}$

Donc : $\|\vec{T}_5\| = \|\vec{T}_2\| = \|\vec{A}_{5/S_1}\| = \|\vec{D}_{2/S_1}\| = 737,57 \text{ daN}$

D'après le principe des actions mutuelles $\|\vec{A}_{5/S_1}\| = \|\vec{D}_{2/S_1}\| = \|\vec{B}_{54}\| = \|\vec{C}_{2/4}\| = 737,57 \text{ daN}$

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 \vec{E}_{0/S_2}) ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé. $\vec{P} = -\vec{E}_{0/S_2}$; $\|\vec{P}\| = \|\vec{E}_{0/S_2}\| = 600 \text{ daN}$



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 : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{I} + \vec{J} + \vec{P} = \vec{0}$

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

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

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

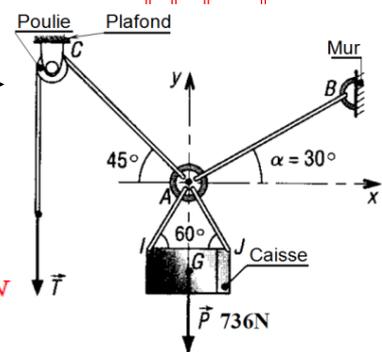
Équilibre de $S_1 = \{\text{caisse} + \text{câble AI} + \text{câble AJ}\}$: $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{T}_{AB} + \vec{T}_{AC} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $\|\vec{T}_{AB}\| \cdot \cos 30 - \|\vec{T}_{AC}\| \cdot \cos 45 + 0 = 0$. Alors : $\|\vec{T}_{AB}\| = \|\vec{T}_{AC}\| \cdot \frac{\cos 45}{\cos 30}$

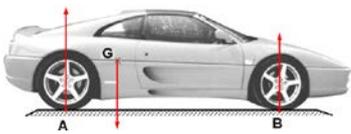
proj/y : $\|\vec{T}_{AB}\| \cdot \sin 30 + \|\vec{T}_{AC}\| \cdot \sin 45 - P = 0$. Alors : $\|\vec{T}_{AB}\| = \frac{P}{\sin 30} - \|\vec{T}_{AC}\| \cdot \frac{\sin 45}{\sin 30} = \|\vec{T}_{AC}\| \cdot \frac{\cos 45}{\cos 30}$

Donc : $\|\vec{T}_{AC}\| = \frac{P}{\sin 30} \cdot \left(\frac{\cos 30 \cdot \sin 30}{\sin 30 \cdot \cos 45 + \sin 45 \cdot \cos 30} \right) = \frac{P \cdot \cos 30}{\sin 75} = \frac{736 \cdot \cos 30}{\sin 75} = 659,87 \text{ N}$

Et $T = \|\vec{T}_{AC}\| = 659,87 \text{ N}$; $\|\vec{T}_{AB}\| = 659,87 \cdot \frac{\cos 45}{\cos 30} = 538,78 \text{ N}$



$\sin(a+b) = \sin a \cdot \cos b + \sin b \cdot \cos a$



EX6-

ÉLÉVATEUR

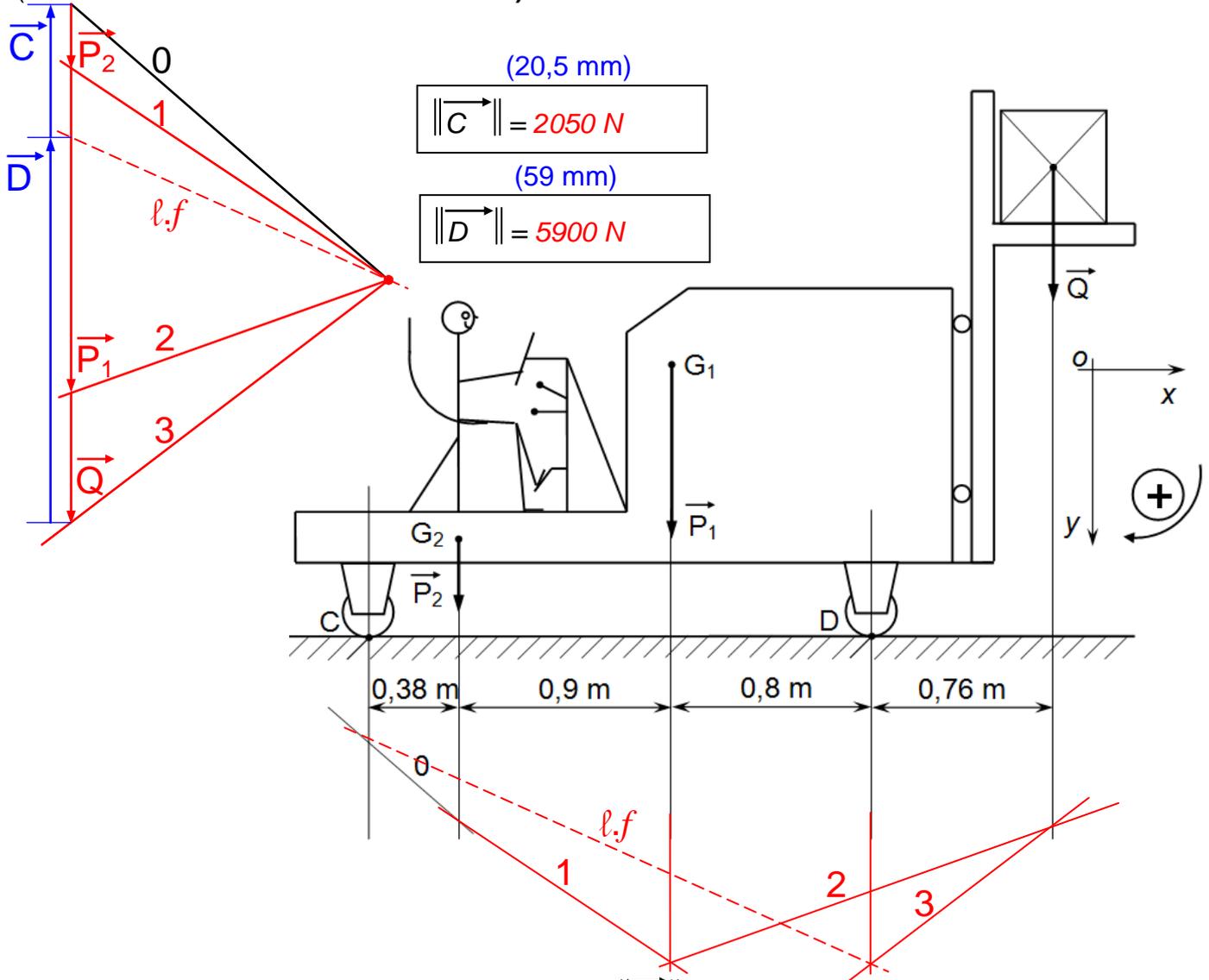
Un élévateur à fourche, donné par le schéma ci-dessous, soulève une charge \vec{Q} de 2000 N.
Le poids \vec{P}_1 du chariot a pour l'intensité $P_1 = 5000$ N.
Le poids \vec{P}_2 du conducteur a pour l'intensité $P_2 = 1000$ N.

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 \implies 100 N)



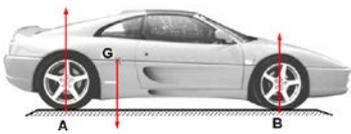
2- Déterminer algébriquement la charge maximale $\|\vec{Q}'\|$ que le chariot pourra soulever avant que la roue C quitte le sol ($\vec{Q}_{Sol/1} = \vec{0}$)

♦ $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$; $\vec{P}_2 + \vec{P}_1 + \vec{Q}' + \vec{D} = \vec{0}$; proj/y : $P_2 + P_1 + Q' - D = 0$.

♦ $\sum \overrightarrow{\mathcal{M}}_{/D} F_{ext} = \vec{0}$; $\overrightarrow{\mathcal{M}}_{/D} P_2 + \overrightarrow{\mathcal{M}}_{/D} P_1 + \overrightarrow{\mathcal{M}}_{/D} Q' + \overrightarrow{\mathcal{M}}_{/D} D = \vec{0}$; $-\|\vec{P}_2\| \cdot 1,7 - \|\vec{P}_1\| \cdot 0,8 + \|\vec{Q}'\| \cdot 0,76 + 0 = 0$

$\|\vec{Q}'\| = \frac{1}{0,76} (\|\vec{P}_2\| \cdot 1,7 + \|\vec{P}_1\| \cdot 0,8) = \frac{1}{0,76} (1000 \cdot 1,7 + 5000 \cdot 0,8)$; Donc : $\|\vec{Q}'\| = 7500$ N

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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 :

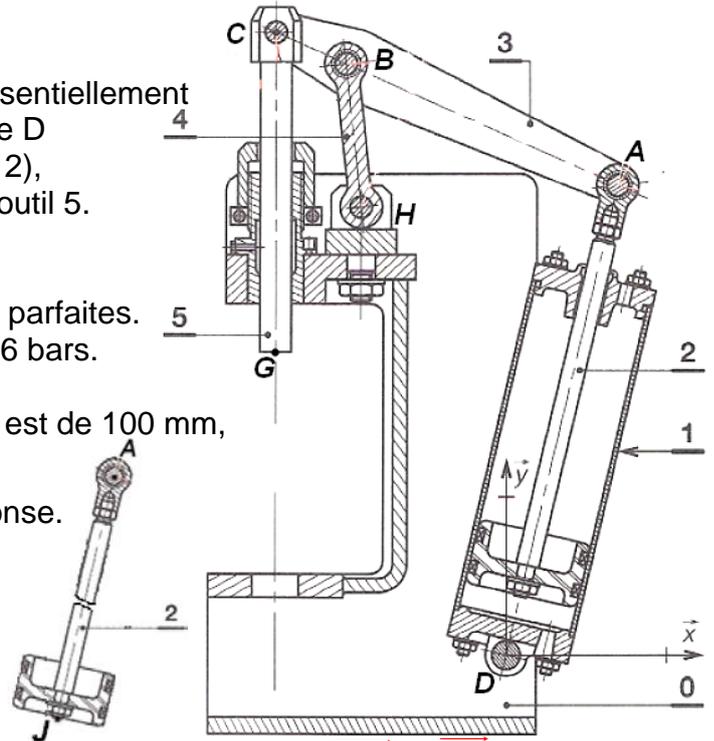
1- Sachant que le diamètre intérieur du cylindre 1 est de 100 mm,

Calculer l'action $\|J_{gaz/2}\|$ du gaz sur le piston 2.

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

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

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



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

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 ($A_{3/(1+2)}$ et $D_{0/(1+2)}$)

2.2- Théorème :

Équilibre de 1+2 : Le système 1+2 est en équilibre sous l'action de deux forces ($A_{3/(1+2)}$ et $D_{0/(1+2)}$) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais

le sens est opposé. $\vec{A}_{3/(1+2)} = -\vec{D}_{0/(1+2)}$; $\|A_{3/(1+2)}\| = \|D_{0/(1+2)}\| = 4710 \text{ N}$

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

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

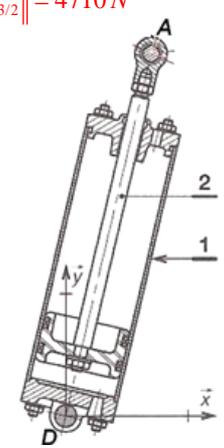
2- Équilibre de la bielle 4 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

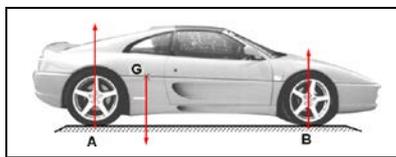
Équilibre de 4 : La bielle 4 est en équilibre sous l'action de deux forces ($B_{3/4}$ et $H_{0/4}$)

2.2- Théorème :

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



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{B}_{3/4}$	B	BH	?	?
$\vec{H}_{0/4}$	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 ($\vec{A}_{2/3}$, $\vec{B}_{4/3}$ et $\vec{C}_{5/3}$).

2.2- Théorème :

Le levier 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.

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

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

2.4- Déterminer graphiquement $\|\vec{B}_{4/3}\|$ et $\|\vec{C}_{5/3}\|$:
(Échelle des forces 1 mm \rightarrow 200 N)

(122 mm)

(100 mm)

$\ \vec{B}_{4/3}\ = 24400 \text{ N}$	$\ \vec{C}_{5/3}\ = 20000 \text{ N}$
---------------------------------------	---------------------------------------

B- COUPLE DE FORCES

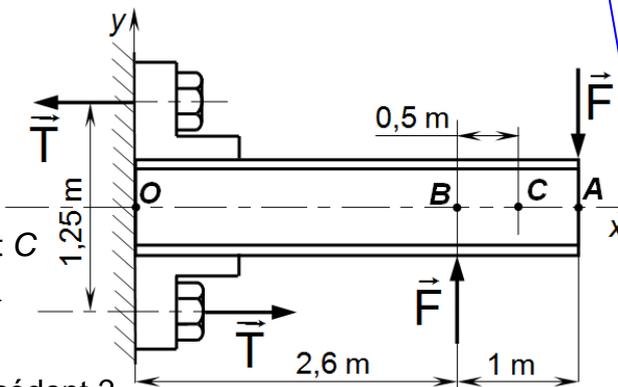
Soit le montage suivant avec :

$\|\vec{F}\| = 500 \text{ N}$

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

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

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



1- $\|\vec{M}_{O} \vec{F}_A\| + \|\vec{M}_{O} \vec{F}_B\| = (-500 \cdot 3,6) + (500 \cdot 2,6) = -500 \text{ Nm}$

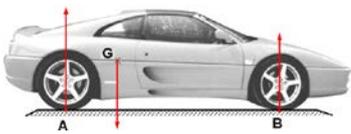
2- $\|\vec{M}_{A} \vec{F}_A\| + \|\vec{M}_{A} \vec{F}_B\| = 0 + (-500 \cdot 1) = -500 \text{ Nm}$

$\|\vec{M}_{B} \vec{F}_A\| + \|\vec{M}_{B} \vec{F}_B\| = -500 \cdot 1 + 0 = -500 \text{ Nm}$

$\|\vec{M}_{C} \vec{F}_A\| + \|\vec{M}_{C} \vec{F}_B\| = -500 \cdot 0,5 + (-500 \cdot 0,5) = -500 \text{ Nm}$

3- $\|\vec{M}_{O} \vec{T}\| + \|\vec{M}_{O} \vec{T}\| = (T \cdot 0,625) + (T \cdot 0,625) = T \cdot 1,25 = 500 \text{ Nm} ; T = \frac{500}{1,25} = 400 \text{ N}$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE

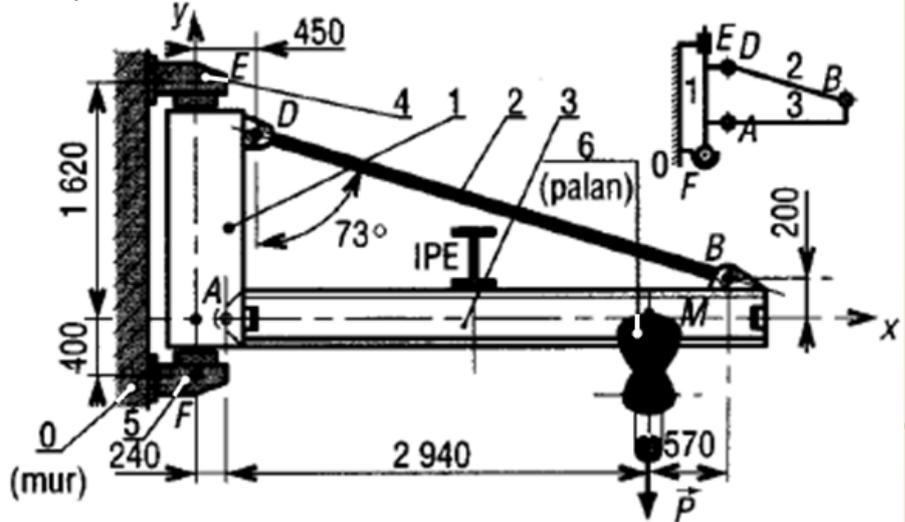


EX8- PRESSE PNEUMATIQUE

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	$\vec{B}_{3/2}; \vec{D}_{1/2}$	Néant
	3	$\vec{A}_{1/3}; \vec{B}_{2/3}; \vec{P}$	Néant
	1	$\vec{E}_{4/1}; \vec{F}_{5/1}; \vec{A}_{3/1}; \vec{D}_{2/1}$	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.

♦ $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}; \vec{A}_{1/3} + \vec{B}_{2/3} + \vec{P} = \vec{0}$

proj/x : $A_{(1/3)X} - \|\vec{B}_{2/3}\| \cdot \cos 17 + 0 = 0$. Alors : $A_{(1/3)X} = \|\vec{B}_{2/3}\| \cdot \cos 17$

proj/y : $A_{(1/3)Y} + \|\vec{B}_{1/3}\| \cdot \sin 17 - P = 0$

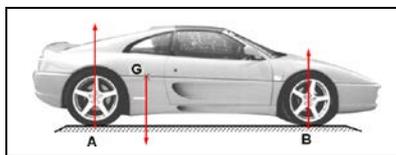
♦ $\sum \mathcal{M}_A \vec{F}_{ext} = \vec{0}; \mathcal{M}_A \vec{A}_{1/3} + \mathcal{M}_A \vec{B}_{2/3} + \mathcal{M}_A \vec{P} = \vec{0};$

$0 + \|\vec{B}_{2/3}\| \cdot (\cos 17 \cdot 0,2 + \sin 17 \cdot 3,51) - \|\vec{P}\| \cdot 2,94 = 0$; $\|\vec{B}_{2/3}\| = \frac{\|\vec{P}\| \cdot 2,94}{(\cos 17 \cdot 0,2 + \sin 17 \cdot 3,51)} = 48296,25 \text{ N}$

$A_{(1/3)X} = \|\vec{B}_{2/3}\| \cdot \cos 17 = 48296,25 \cdot \cos 17 = 46185,93 \text{ N}$

$A_{(1/3)Y} = P - \|\vec{B}_{1/3}\| \cdot \sin 17 = 20000 - 48296,25 \cdot \sin 17 = 5879,54 \text{ N}$

$\|\vec{A}_{1/3}\| = \sqrt{(A_{(1/3)X})^2 + (A_{(1/3)Y})^2} = \sqrt{(46185,93)^2 + (5879,54)^2} = 46558,66 \text{ N}$



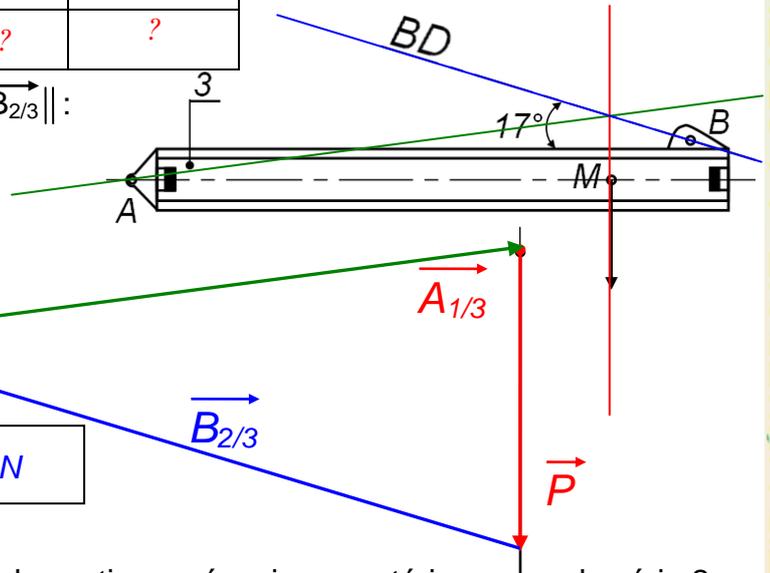
3- Équilibre de 3 :

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	$2 \cdot 10^4 \text{ N}$
$\vec{B}_{2/3}$	B	BD	?	?
$\vec{A}_{1/3}$	A	?	?	?

3.1- Déterminer graphiquement $\|\vec{A}_{1/3}\|$ et $\|\vec{B}_{2/3}\|$:

Polygone des forces
Échelle 1 mm \iff 50 daN

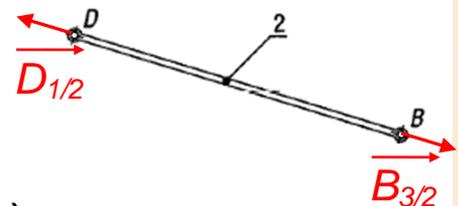


$\|\vec{A}_{1/3}\| = 4625 \text{ daN}$ (92,5 mm)
 $\|\vec{B}_{2/3}\| = 4800 \text{ daN}$ (96 mm)

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
$\vec{B}_{3/2}$	B	BD	$D \rightarrow B$	$4829,6 \text{ daN}$
$\vec{D}_{1/2}$	D	BD	$B \rightarrow D$	$4829,6 \text{ daN}$

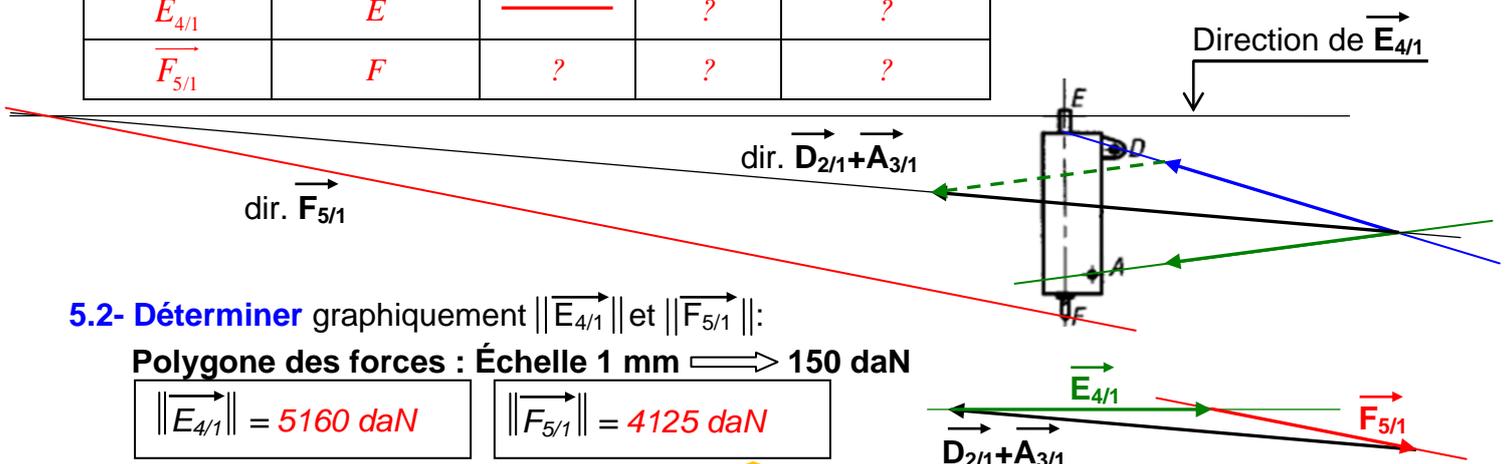


4.2- Indiquer les forces extérieures sur la figure ci-contre

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
$\vec{D}_{2/1}$	D	BD	$B \rightarrow D$	$4829,6 \text{ daN}$
$\vec{A}_{3/1}$	A			$4655,8 \text{ daN}$
$\vec{E}_{4/1}$	E		?	?
$\vec{F}_{5/1}$	F	?	?	?

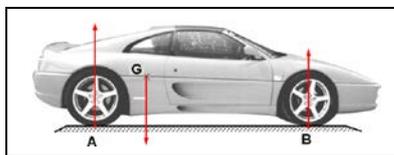


5.2- Déterminer graphiquement $\|\vec{E}_{4/1}\|$ et $\|\vec{F}_{5/1}\|$:

Polygone des forces : Échelle 1 mm \iff 150 daN

$\|\vec{E}_{4/1}\| = 5160 \text{ daN}$
 $\|\vec{F}_{5/1}\| = 4125 \text{ daN}$

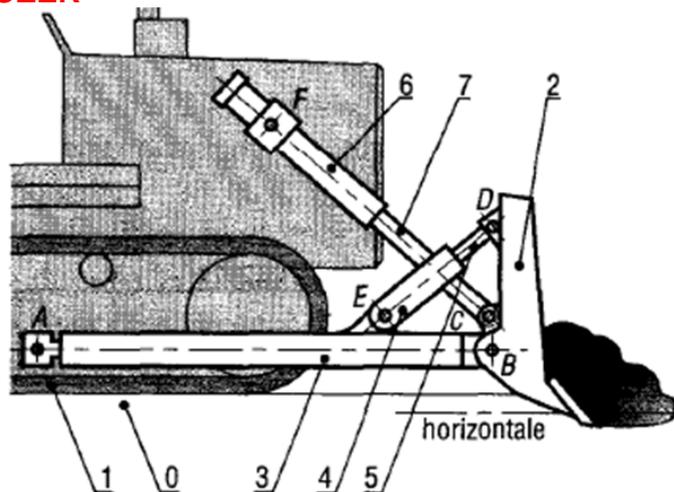
FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



EX8-

BULLDOZER

Un buteur 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. $H_{0/2}$ (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

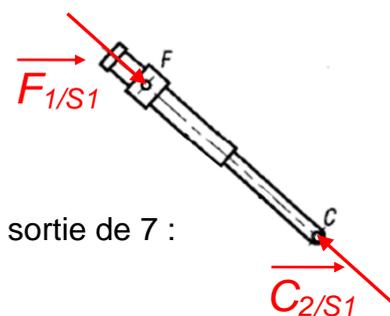
1- Compléter le tableau suivant :

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

2- Équilibre de 6+7 :

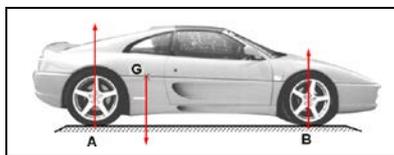
2.1- On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 6+7 :

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



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

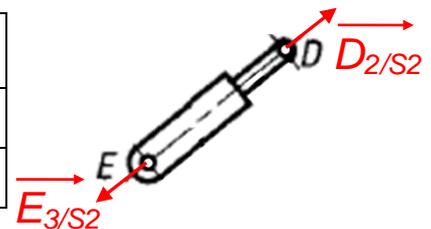
FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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
$\vec{E}_{3/S2}$	<i>E</i>	<i>DE</i>	?	?
$\vec{D}_{2/S2}$	<i>D</i>	<i>DE</i>	?	?

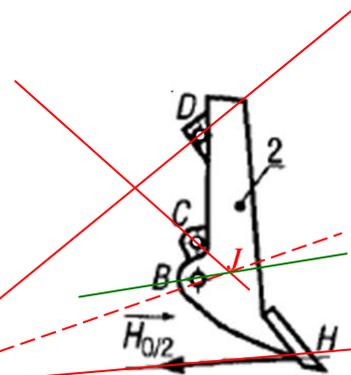


3.2- Indiquer les forces extérieures sur la **figure ci-contre** en cas de rentrée de 5 :

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 :

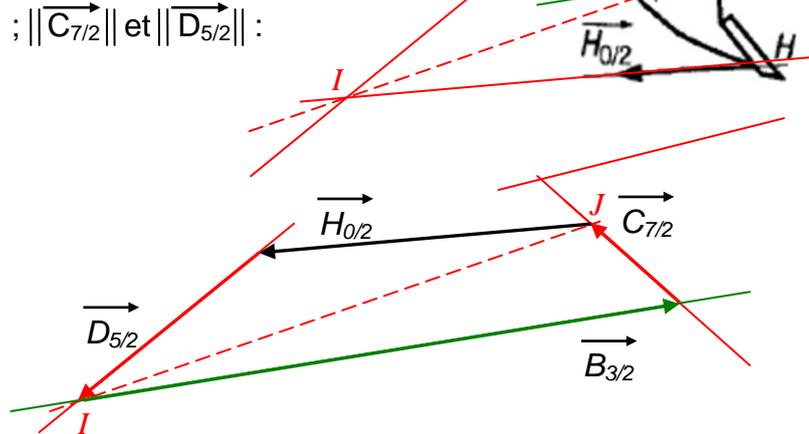
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{H}_{0/2}$	<i>H</i>	5°	5°	22000 daN
$\vec{B}_{3/2}$	<i>B</i>	—	?	?
$\vec{C}_{7/2}$	<i>C</i>	<i>CF</i>	?	?
$\vec{D}_{5/2}$	<i>D</i>	<i>DE</i>	?	?



4.1- Déterminer graphiquement $\|\vec{B}_{3/2}\|$; $\|\vec{C}_{7/2}\|$ et $\|\vec{D}_{5/2}\|$:

Polygone des forces
Échelle 1 mm \iff 500 daN

- (80) $\|\vec{B}_{3/2}\| = 40000 \text{ daN}$
- (16) $\|\vec{C}_{7/2}\| = 8000 \text{ daN}$
- (31) $\|\vec{D}_{5/2}\| = 15500 \text{ daN}$



3- Équilibre de 3 :

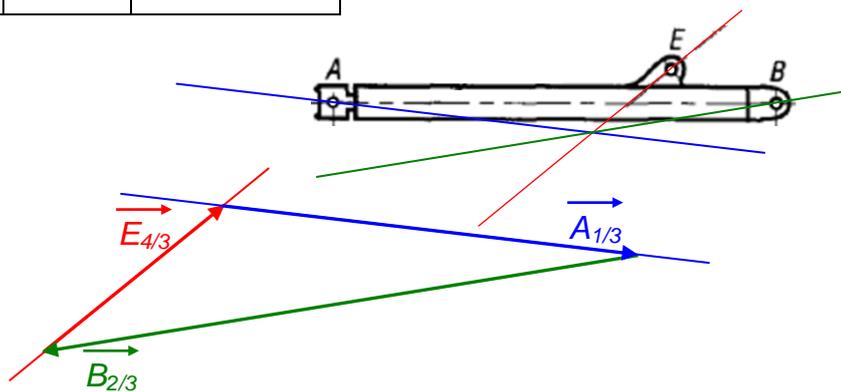
3.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le bras de poussée 3 :

Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{B}_{2/3}$	<i>B</i>	—	\leftarrow	37750 daN
$\vec{E}_{4/3}$	<i>E</i>	<i>ED</i>	$E \rightarrow D$	15500 daN
$\vec{A}_{1/3}$	<i>A</i>	?	?	?

3.1- Déterminer graphiquement $\|\vec{A}_{1/3}\|$

Polygone des forces
Échelle 1 mm \iff 500 daN

- (55) $\|\vec{A}_{1/3}\| = 27500 \text{ daN}$



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE