

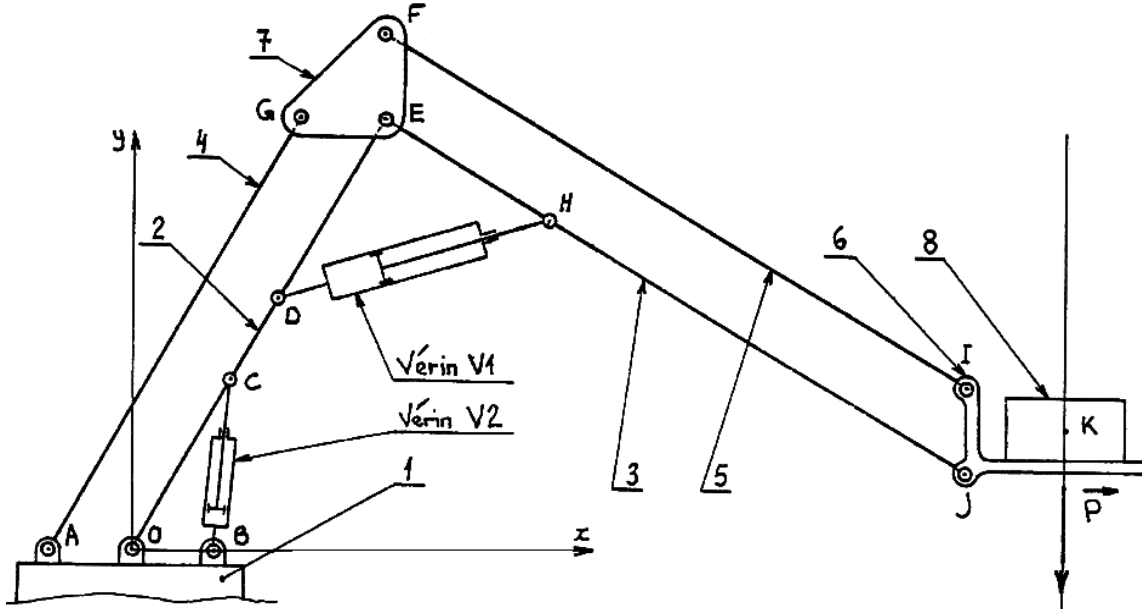


**Exemple 5 : MONTE CHARGE**

EZZ@HR@OUI

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.

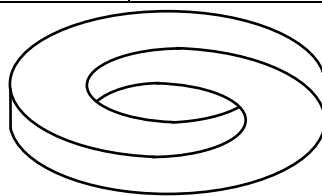


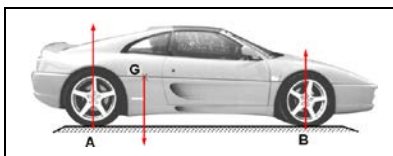
1- Compléter les phrases suivantes :

- 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 :

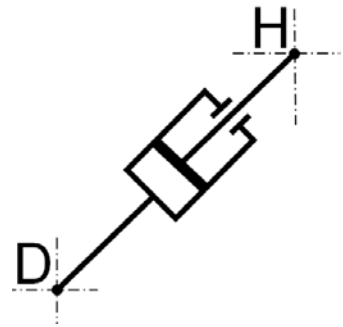
Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures





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 :

.....

.....

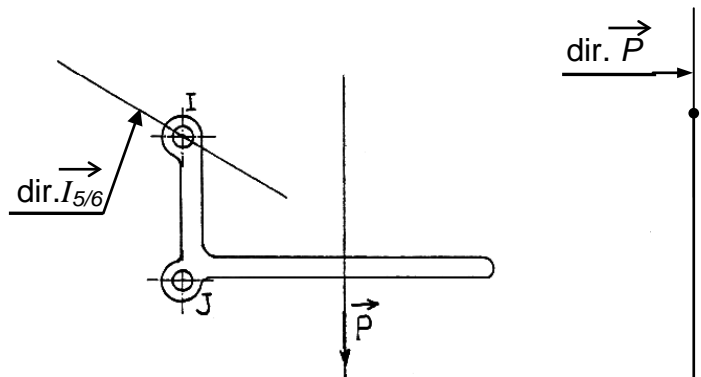
.....

.....

.....

.....

.....



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)

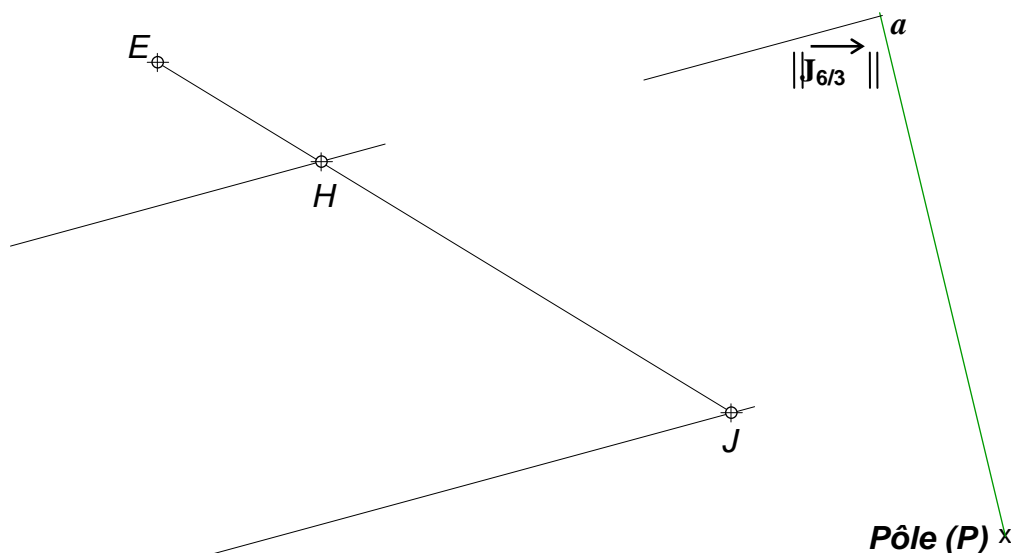
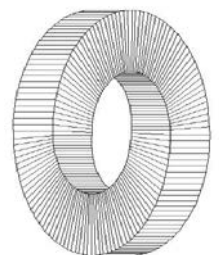
$\|\vec{I}_{5/6}\| = \dots\dots\dots$

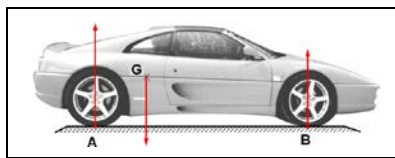
$\|\vec{J}_{3/6}\| = \dots\dots\dots$

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)

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

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



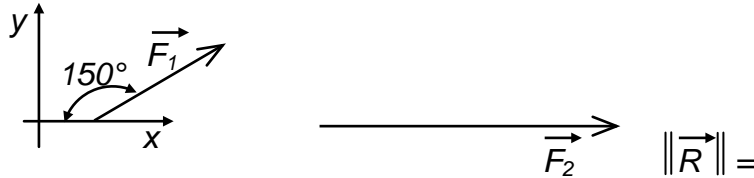


**Exemple 6 : SOMME DES FORCES et SUPPORT DE CHARGE**

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  $\implies$  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
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

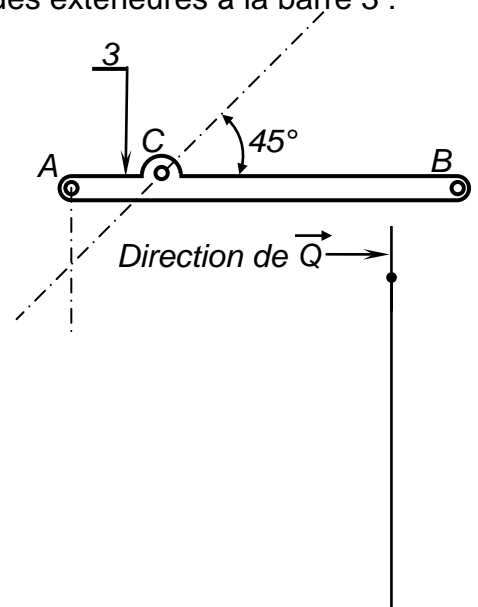
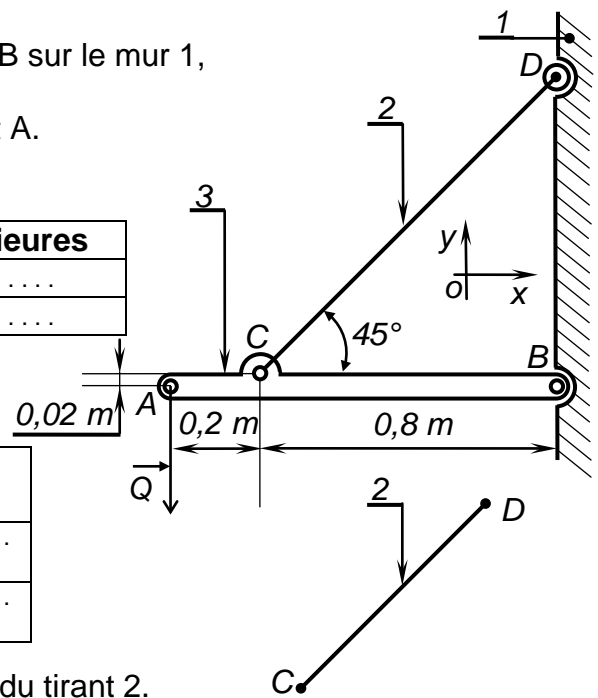
3.2- Déterminer graphiquement les actions mécaniques extérieures à la barre 3.

(Échelle des forces : 10 mm  $\implies$  125daN)

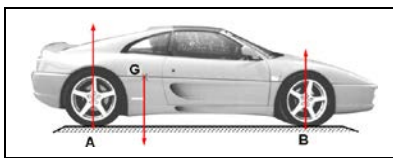
$||B_{1/3}|| = \dots\dots\dots$

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

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**

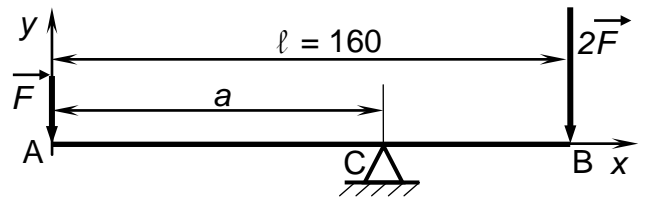
**A- QUESTIONS DE COURS :**

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 :

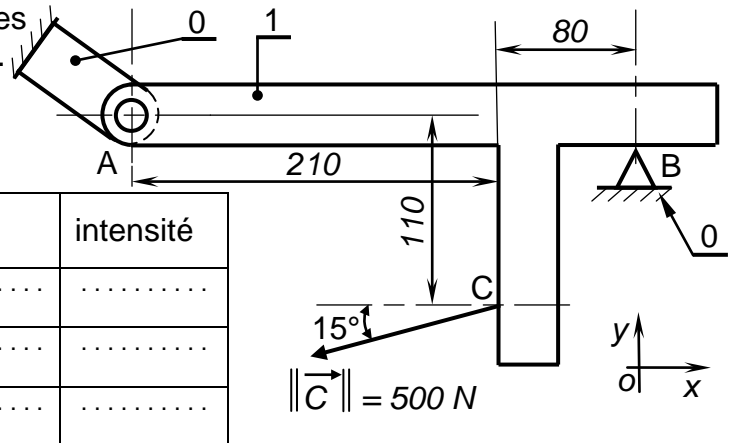


**C- LEVIER COUDÉ :**

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 :

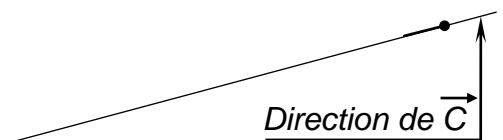


Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

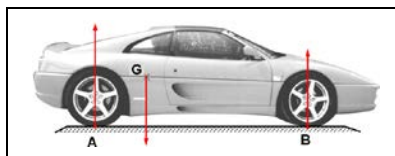
2- **Déterminer** graphiquement les actions mécaniques extérieures en A et B, avec :  $\|\vec{C}\| = 500\text{ N}$   
(Échelle des forces : 1 cm  $\iff$  100 N)

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

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 :**

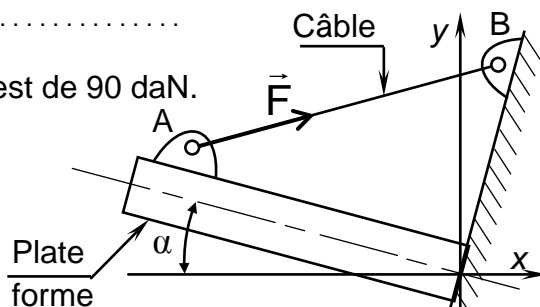
1- Citer les caractéristiques d'une force :

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  $\alpha = 15^\circ$



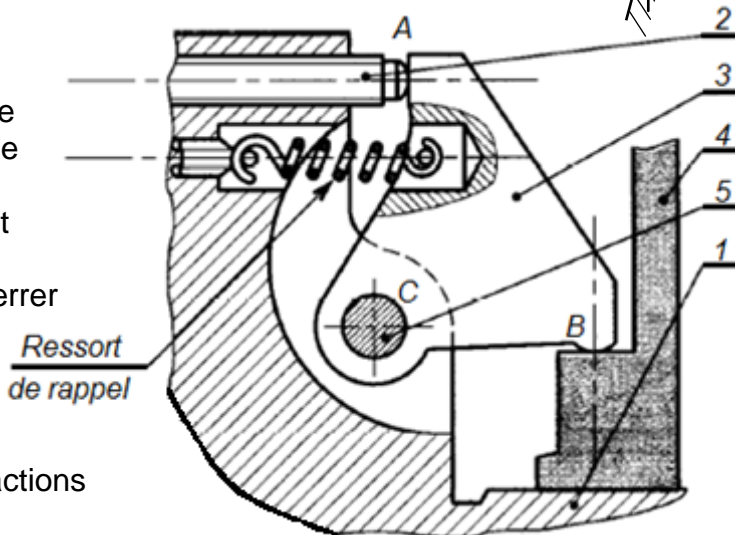
**C- SERRAGE PAR BRIDE**

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

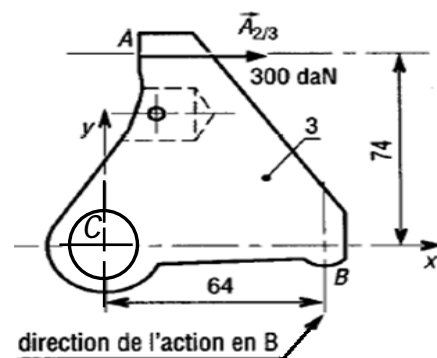
En manœuvrant la vis de pression 2 agissant en A (contact ponctuel) sur la bride 3 articulé (liaison pivot) en C autour de l'axe 5, vient serrer la pièce 4 sur le socle 1.

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

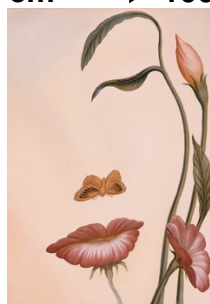


2- Énoncer le théorème de l'équilibre de la bride 3 :

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







2- Équilibre de 2 :

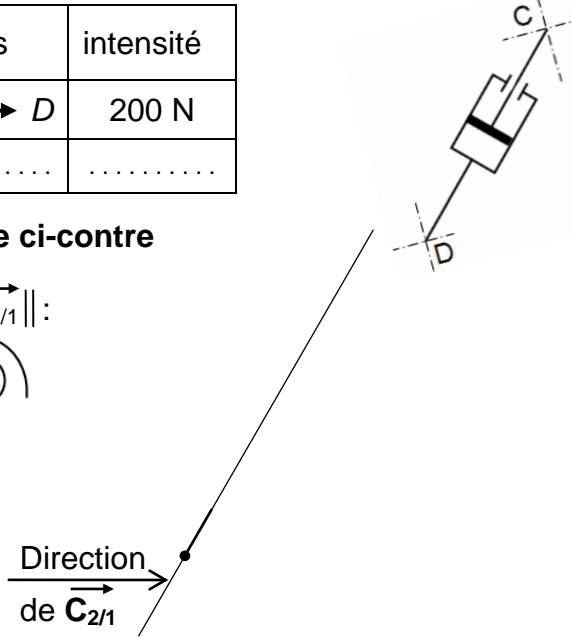
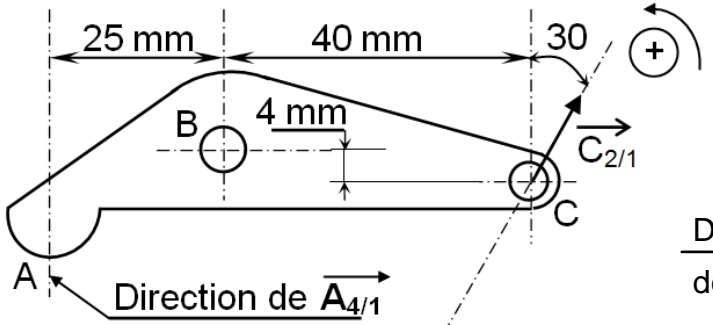
2.1- On isole le vérin 2. Compléter le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

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

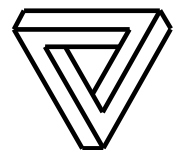


Polygone des forces  
Échelle 1 mm  $\rightarrow$  5 N

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

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

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



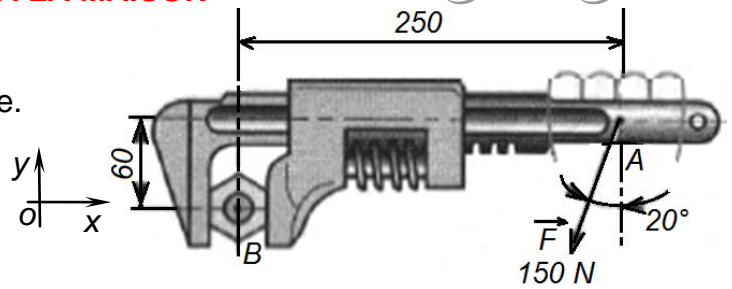
$\|\mathcal{M}_B(\vec{A}_{4/1})\| = \dots\dots\dots$

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

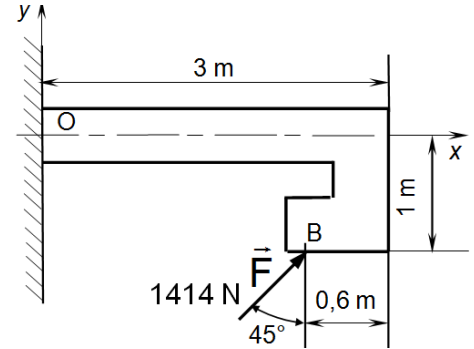


DEVOIR À LA MAISON

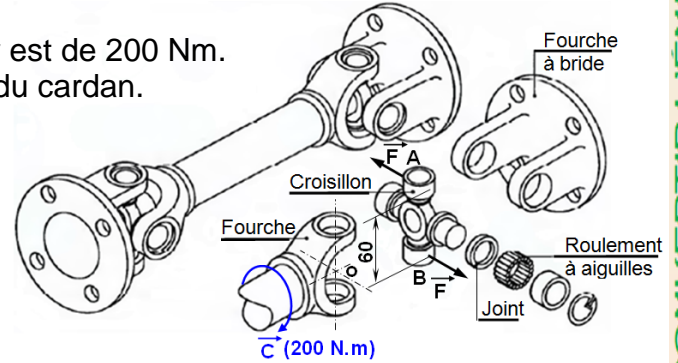
EX1- La force  $\vec{F}$  schématise l'action de serrage exercée par l'opérateur sur la clef à molette.  
Calculer le moment en B de la force  $\vec{F}$  ?



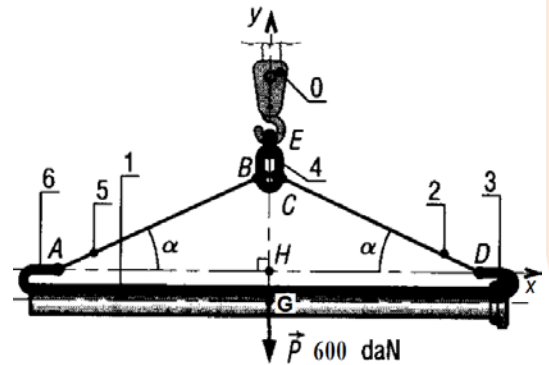
EX2- 1- Calculer la projection de  $\vec{F}$  sur l'axe x et sur l'axe y  
2- Calculer le moment en O de la force  $\vec{F}$ .



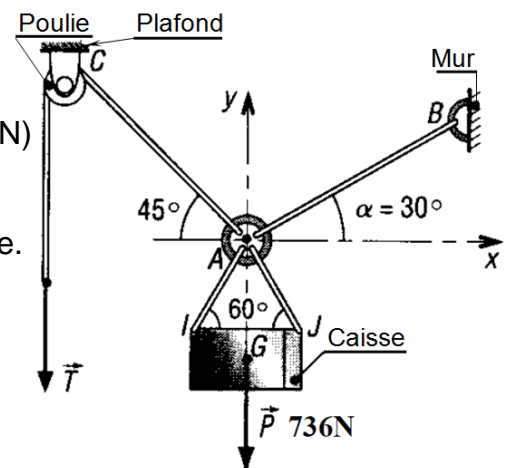
EX3- Le couple moteur C transmis par l'arbre moteur est de 200 Nm.  
En déduire les efforts exercés sur le croisillon du cardan.



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





**EX6- ÉLÉVATEUR**

EZZ@HR@OUI

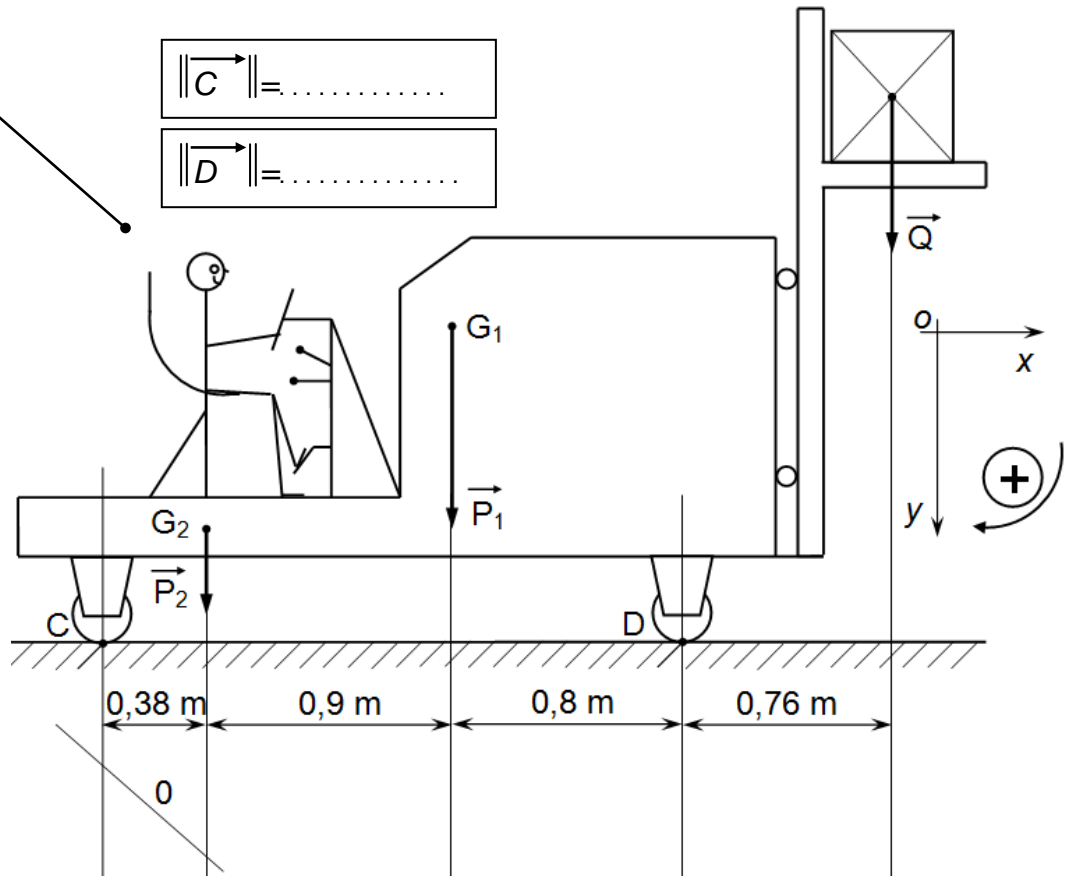
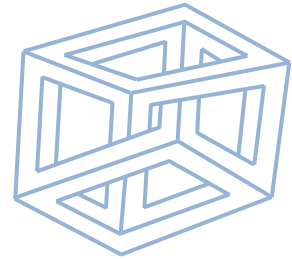
Un élévateur à fourche, donné par le schéma ci-dessous, soulève une charge  $\vec{Q}$  de 2000 N. Le poids  $\vec{P}_1$  du chariot a pour l'intensité  $P_1 = 5000$  N. Le poids  $\vec{P}_2$  du conducteur a pour l'intensité  $P_2 = 1000$  N.

**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.

.....

.....

.....

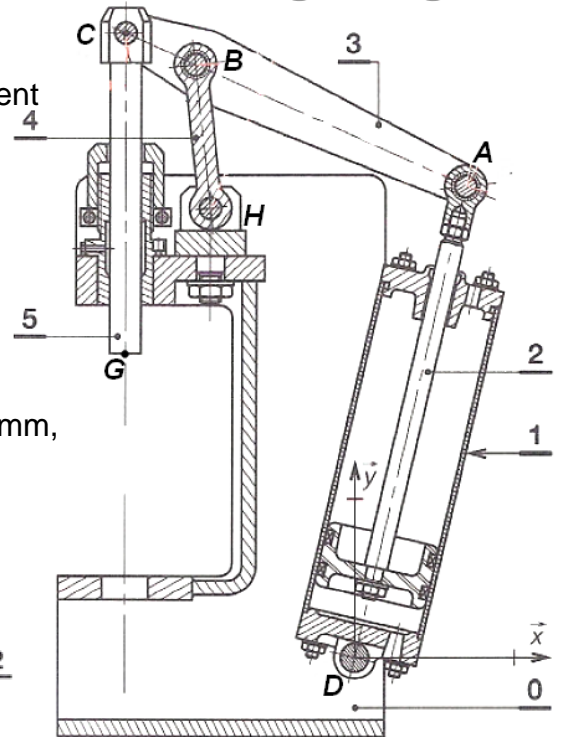
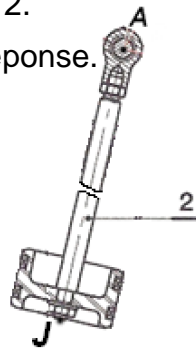
.....

.....

.....

.....

.....



2- Équilibre du vérin 1+2 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

.....

.....

.....

2.2- Théorème :

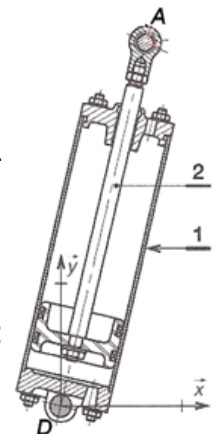
.....

.....

.....

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 :

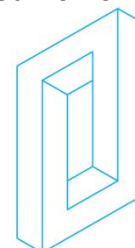
.....

.....

.....

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



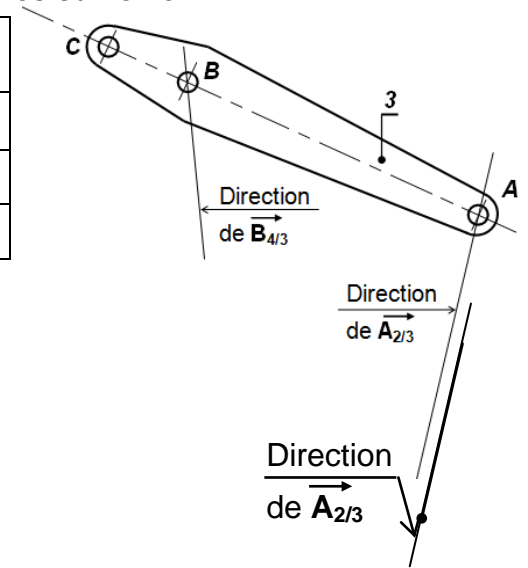
2- Équilibre du levier 3 : (Résolution graphique)

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

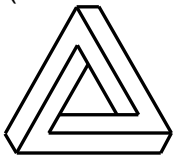
2.2- Théorème :

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

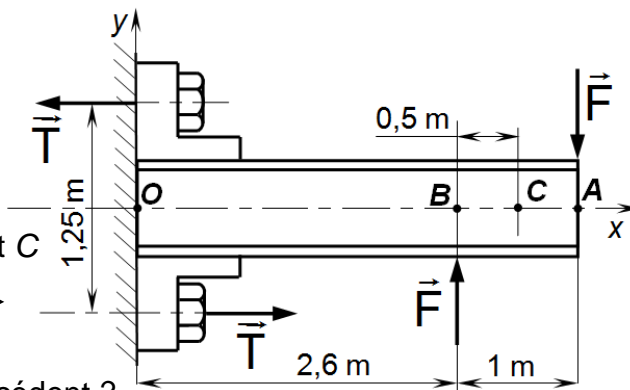
Soit le montage suivant avec :

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

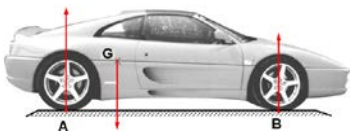
1- Calculer le moment en O du couple de force  $\vec{F}$  ?

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 ?



FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE

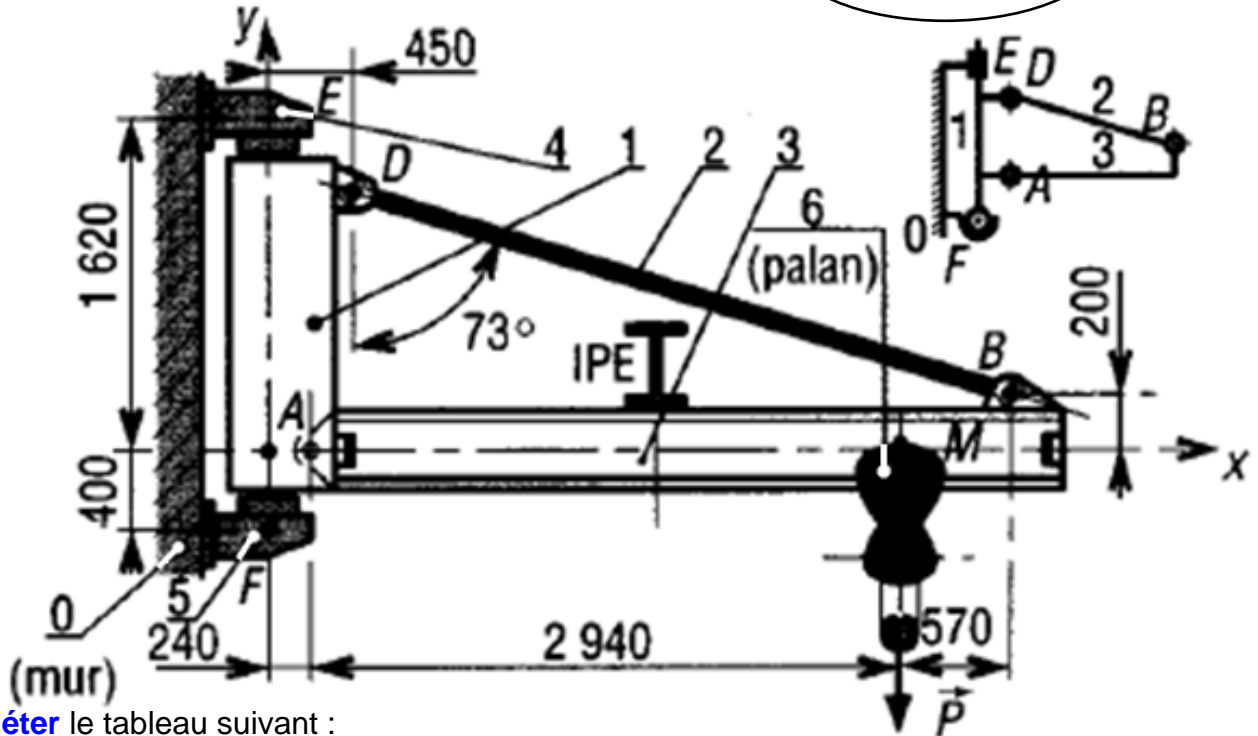
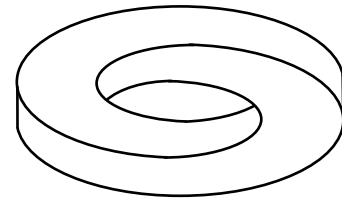


**EX8- PRESSE PNEUMATIQUE**

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

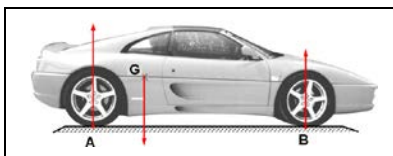
.....

.....

.....

.....

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



**3- Équilibre de 3 :**

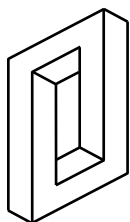
EZZ@HR@OUI

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

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

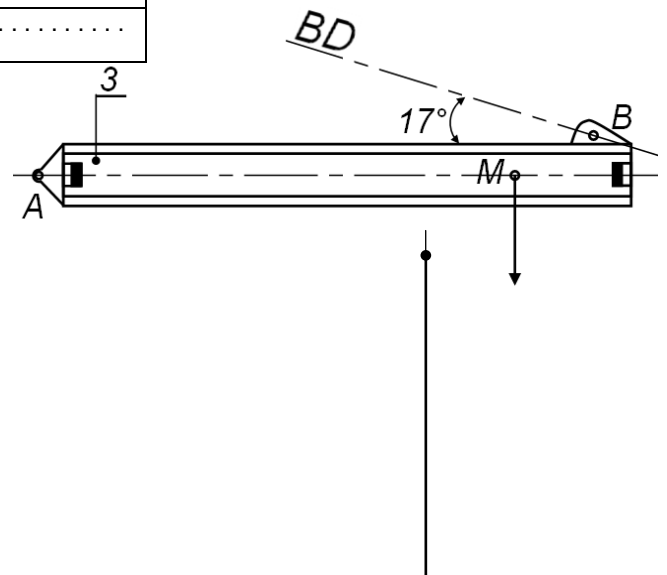
**3.1- Déterminer** graphiquement  $\|\vec{A}_{1/3}\|$  et  $\|\vec{B}_{2/3}\|$  :

**Polygone des forces**  
Échelle 1 mm  $\iff$  50 daN



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

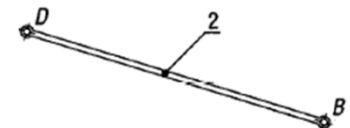
$\|\vec{B}_{2/3}\| = \dots\dots\dots$



**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
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

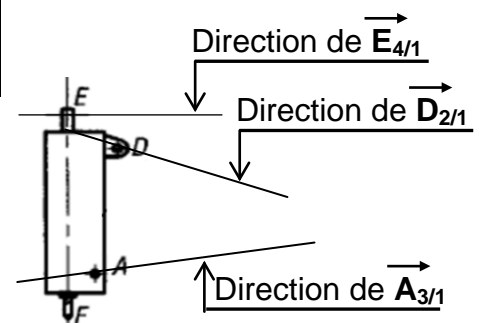


**4.2- Indiquer** les forces extérieures sur la figure ci-contre

**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
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....



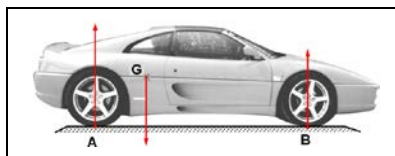
**5.2- Déterminer** graphiquement  $\|\vec{E}_{4/1}\|$  et  $\|\vec{F}_{5/1}\|$

**Polygone des forces : Échelle 1 mm  $\iff$  150 daN**

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

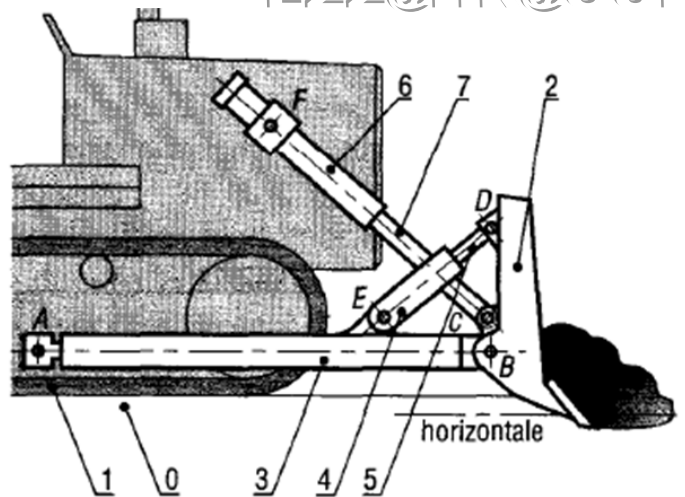
$\|\vec{F}_{5/1}\| = \dots\dots\dots$





**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

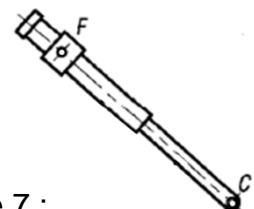
**1- Compléter** le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures

**2- Équilibre de 6+7 :**

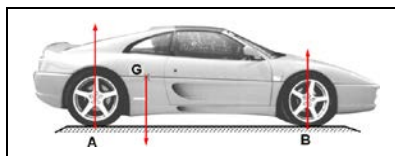
**2.1-** On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 6+7:

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 :

EZZ@HR@OUI

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

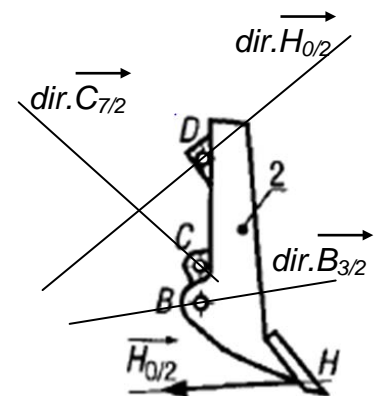


3.2- **Indiquer** les forces extérieures sur la **figure ci-contre** en cas de rentrée de 5 :

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

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



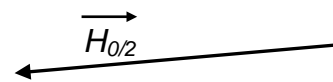
4.1- **Déterminer** graphiquement  $\|\vec{B}_{3/2}\|$  ;  $\|\vec{C}_{7/2}\|$  et  $\|\vec{D}_{5/2}\|$  :

**Polygone des forces : Échelle 1 mm  $\implies$  500 daN**

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

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

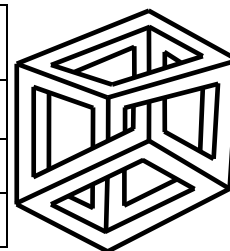
$\|\vec{D}_{5/2}\| = \dots\dots\dots$



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



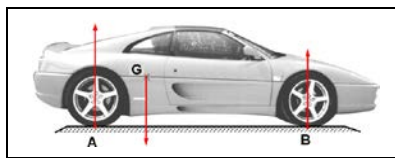
3.1- **Déterminer** graphiquement  $\|\vec{A}_{1/3}\|$

**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 :

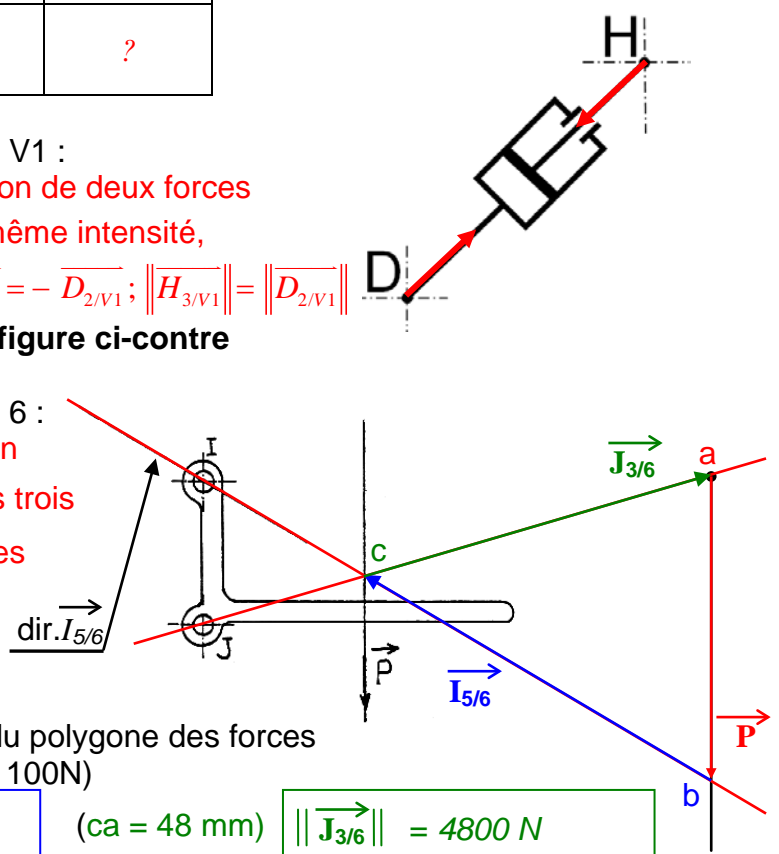
Le vérin V1 est en équilibre sous l'action de deux forces ( $\vec{H}_{3/V1}$  et  $\vec{D}_{2/V1}$ ) ; ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé.  $\vec{H}_{3/V1} = - \vec{D}_{2/V1}$  ;  $\|\vec{H}_{3/V1}\| = \|\vec{D}_{2/V1}\|$

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.

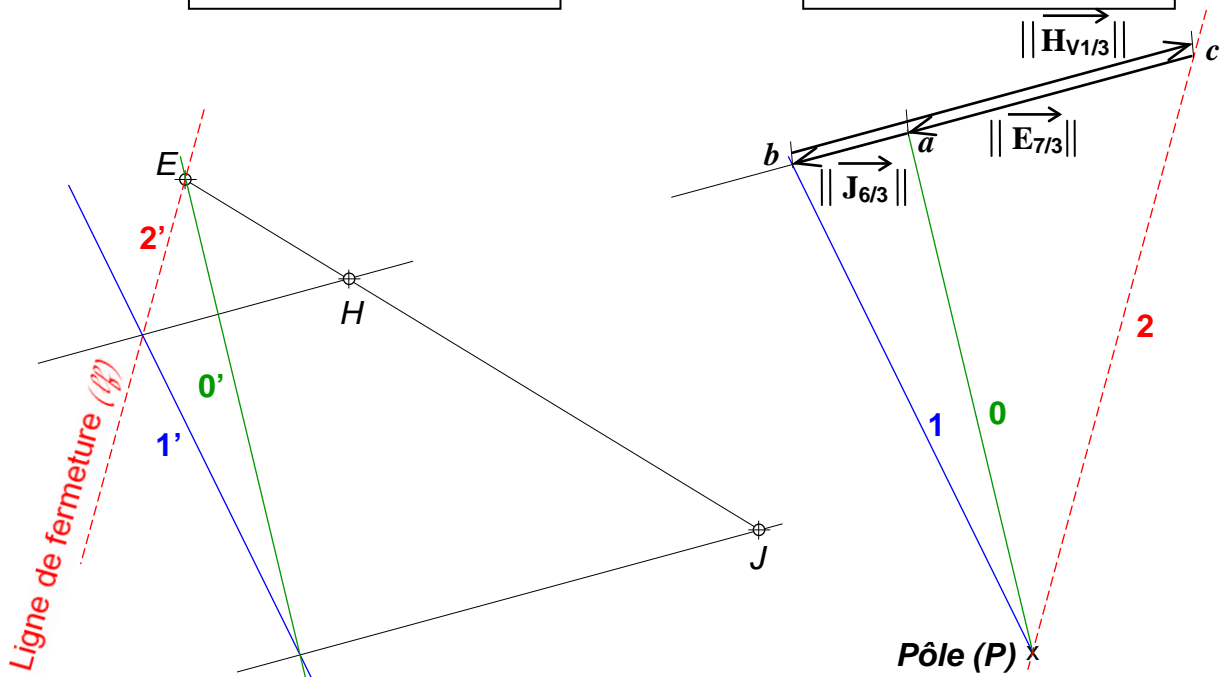


5.2- **Déterminer**  $\vec{I}_{5/6}$ ,  $\vec{J}_{3/6}$  par la méthode du polygone des forces (avec l'échelle des forces : 1mm  $\Leftrightarrow$  100N)

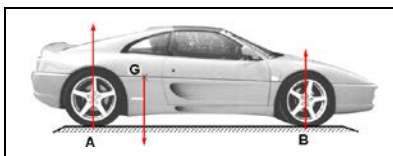
(bc = 53 mm)  $\|\vec{I}_{5/6}\| = 5300 \text{ N}$  (ca = 48 mm)  $\|\vec{J}_{3/6}\| = 4800 \text{ N}$

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

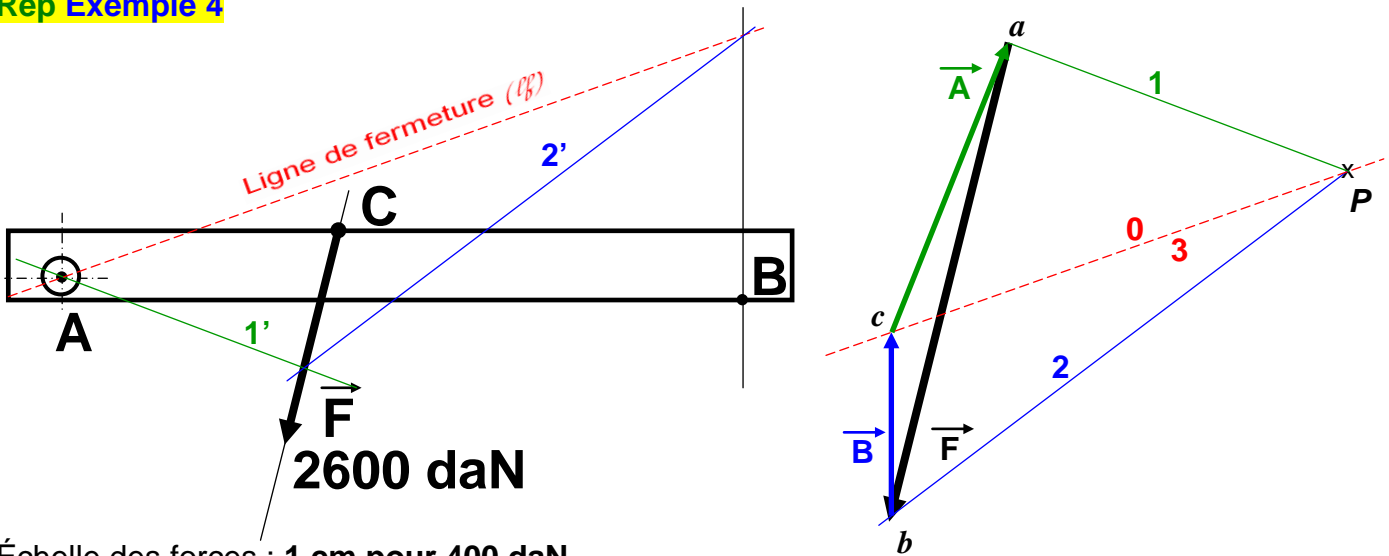


FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

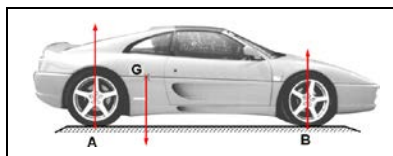
1- Compléter les phrases suivantes :

- 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

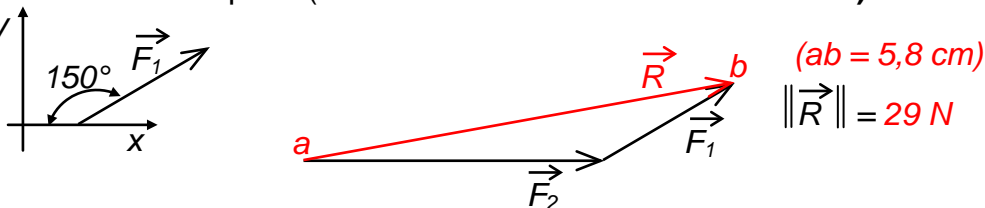


Rep Exemple 6

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 :

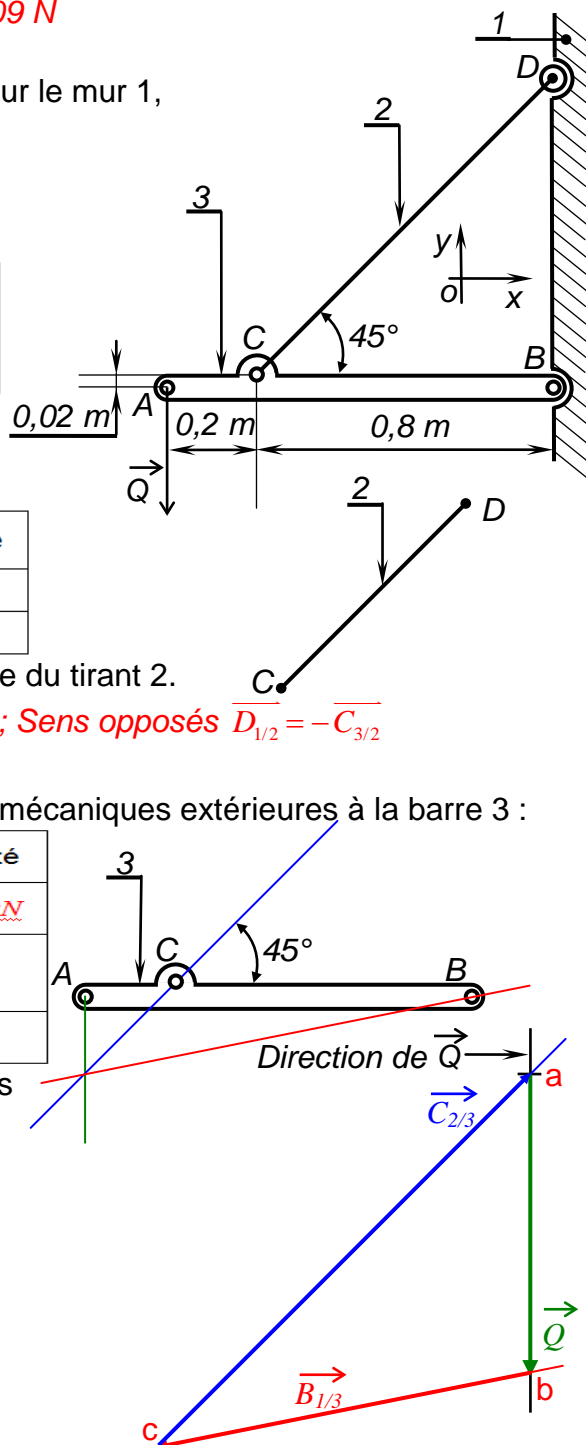
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\overline{Q}$	A	Verticale	Vers le bas	500 daN
$\overline{C_{2/3}}$	C	Inclinée / à l'horizontale de 45°	?	?
$\overline{B_{1/3}}$	B	?	?	?

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

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

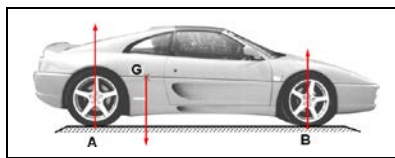
$$(bc = 50,5 \text{ mm}) \quad \|\overline{B_{1/3}}\| = 631,25 \text{ daN}$$

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



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 ;  $\vec{F}_{1/0} = -\vec{F}_{0/1}$

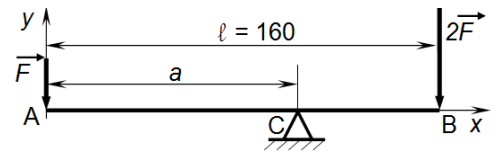
2- **Citer** le théorème de l'équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces coplanaires non parallèles : Si le solide (S) est en équilibre sous l'action de trois forces ( $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$  et  $\vec{C}$ ) non parallèles ; ces trois forces sont coplanaires et concourantes en un même point,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

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

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



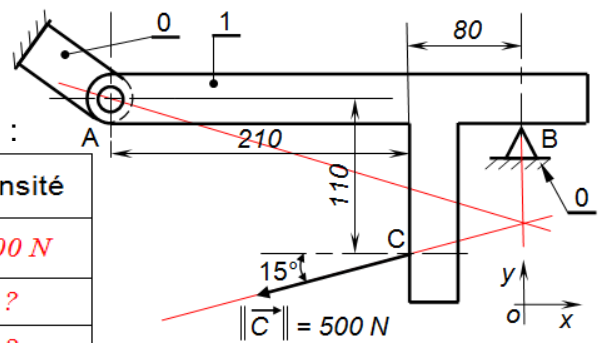
**C- LEVIER COUDÉ :**

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	$15^\circ$	$15^\circ$	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 :  $\|\vec{C}\| = 500 \text{ N}$

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

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

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

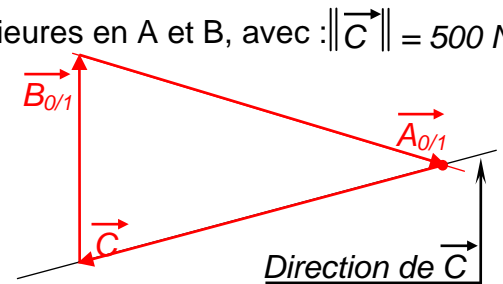
$$\sum \mathcal{M}_{/A} \vec{F}_{ext} = \vec{0} ; \mathcal{M}_{/A} \vec{C} + \mathcal{M}_{/A} \vec{A}_{0/1} + \mathcal{M}_{/A} \vec{B}_{0/1} = \vec{0} ;$$

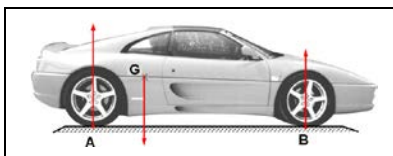
$$-\|\vec{C}\| \cdot \cos 15 \cdot 110 - \|\vec{C}\| \cdot \sin 15 \cdot 210 + 0 + \|\vec{B}_{0/1}\| \cdot 290 = 0$$

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

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

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





**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  $\vec{B}$ ) ;

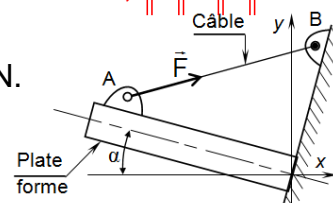
ces deux forces ont même intensité, même support mais sens opposé.  $\vec{A} = -\vec{B}$  ;  $\|\vec{A}\| = \|\vec{B}\|$

**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  $\alpha = 15^\circ$

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



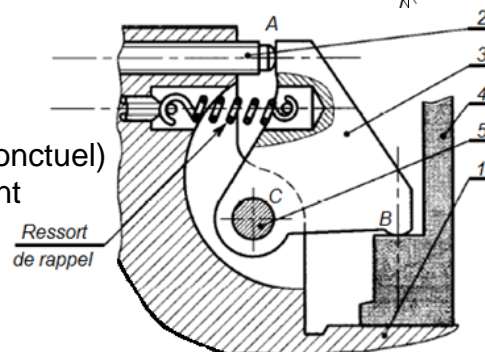
**C- SERRAGE PAR BRIDE**

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)

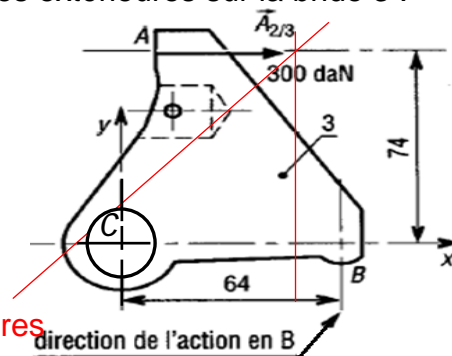
sur la bride 3 articulé (liaison pivot) en C autour de l'axe 5, vient serrer la pièce 4 sur le socle 1. **Hypothèses :**

- 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 :  $\|\vec{A}_{2/3}\| = 300 \text{ daN}$

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

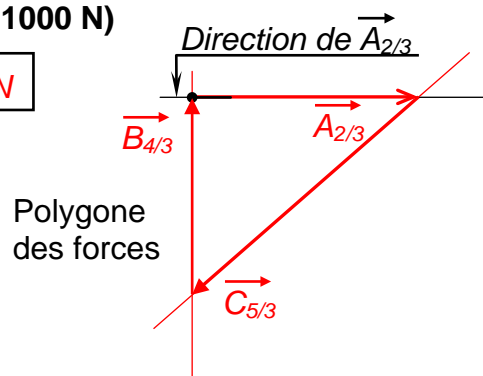
proj/x :  $\|\vec{A}_{2/3}\| + 0 + C_{(5/3)x} = 0$ . Alors :  $C_{(5/3)x} = -300 \text{ daN}$

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

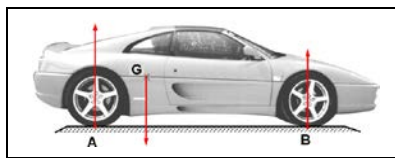
♦  $\sum \mathcal{M}_{/C} \vec{F}_{ext} = \vec{0}$  ;  $\mathcal{M}_{/C} \vec{A}_{2/3} + \mathcal{M}_{/C} \vec{B}_{4/3} + \mathcal{M}_{/C} \vec{C}_{5/3} = \vec{0}$  ;  $-\|\vec{A}_{2/3}\| \cdot 74 + \|\vec{B}_{4/3}\| \cdot 64 + 0 = 0$

$\|\vec{B}_{4/3}\| = \frac{64}{74} \|\vec{A}_{2/3}\|$  ; 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	$\vec{F}$	$\vec{P}$	
Point d'application	C	G	B
Direction	Horizontale	Verticale	Inclinée de $\alpha$ / 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

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

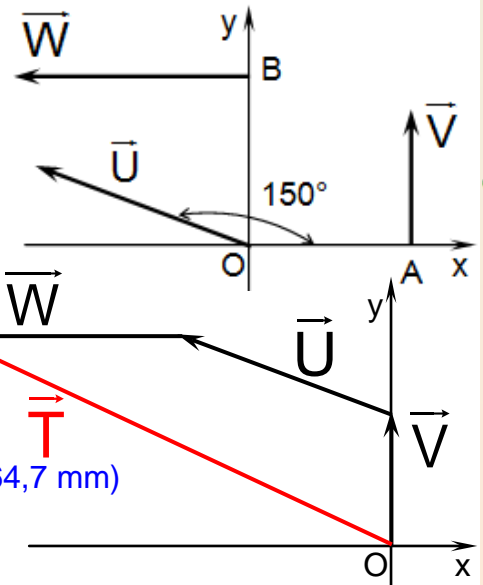
◆ Analytiquement :

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

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

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

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



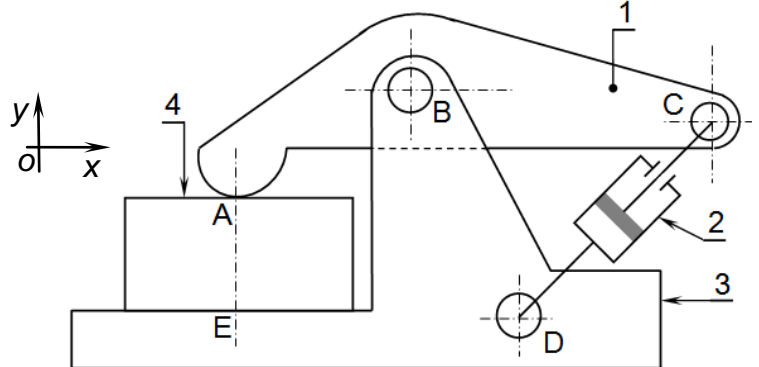
**C- SYSTÈME DE BLOCAGE**

Soit le système de blocage suivant :

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

**Hypothèse :**

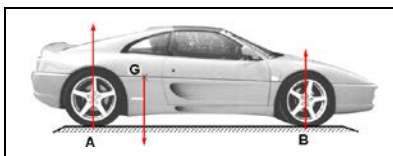
- Les poids des pièces sont négligés
- Les liaisons en A, B, C, D et E sont parfaites.



1- Compléter le tableau suivant :

Ensemble isolé	Éléments isolés	Forces extérieures	Forces intérieures
	1	$\vec{A}_{4/1}$ ; $\vec{B}_{3/1}$ ; $\vec{C}_{2/1}$	Néant
	$S_1 = \{1+2\}$	$\vec{A}_{4/S_1}$ ; $\vec{B}_{3/S_1}$ ; $\vec{D}_{4/S_1}$	$\vec{C}_{2/1}$ ; $\vec{C}_{1/2}$
	$S_2 = \{1+2+4\}$	$\vec{E}_{3/S_2}$ ; $\vec{B}_{3/S_2}$ ; $\vec{D}_{3/S_2}$	$\vec{C}_{2/1}$ ; $\vec{C}_{1/2}$ ; $\vec{A}_{4/1}$ ; $\vec{A}_{1/4}$

FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



2- Équilibre de 2 :

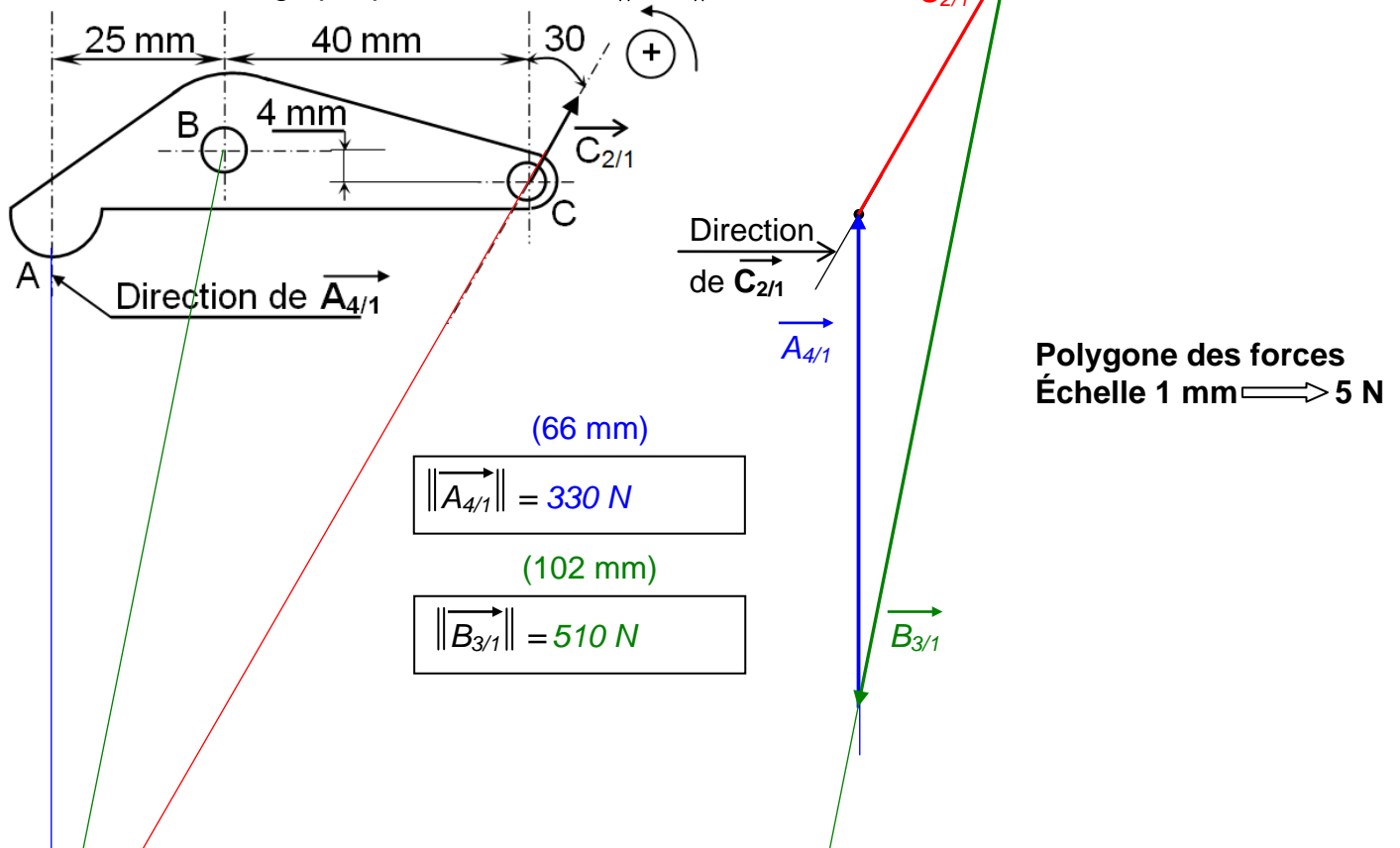
2.1- On isole le vérin 2. Compléter le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 2 :

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 ( $-\vec{z}$ )

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

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

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

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

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

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

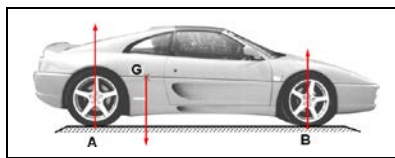
$$= 7328,20 \text{ Nmm}$$

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

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

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



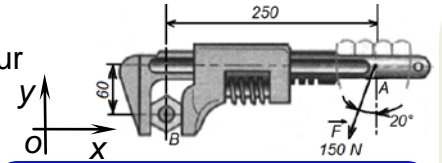


DEVOIR À LA MAISON

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  $\vec{F}$ ?

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

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

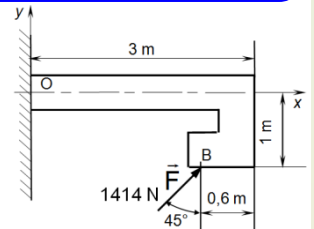


Le moment suivant l'axe (-z)

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  $\vec{F}$ .

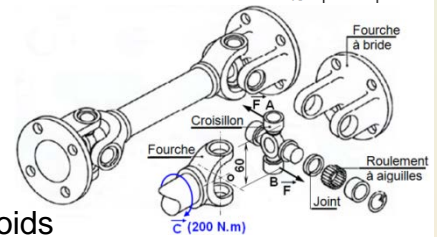
1-  $F_x = -\|\vec{F}\| \cdot \sin 45 = 999,84 \text{ N}$  ;  $F_y = -\|\vec{F}\| \cdot \cos 45 = 999,84 \text{ N}$

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

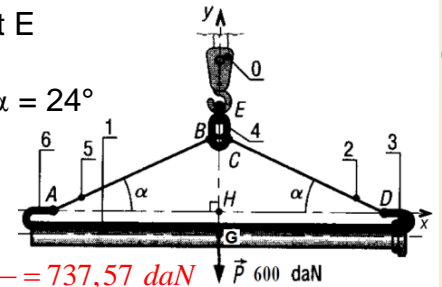
proj/x :  $\|\vec{T}_5\| \cdot \cos 24 - \|\vec{T}_2\| \cdot \cos 24 + 0 = 0$ . Alors :  $\|\vec{T}_5\| = \|\vec{T}_2\|$

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

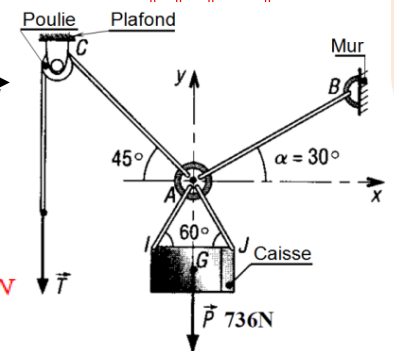
Équilibre de  $S_1 = \{\text{caisse} + \text{câble AI} + \text{câble AJ}\}$  :  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$  ;  $\vec{T}_{AB} + \vec{T}_{AC} + \vec{P} = \vec{0}$

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

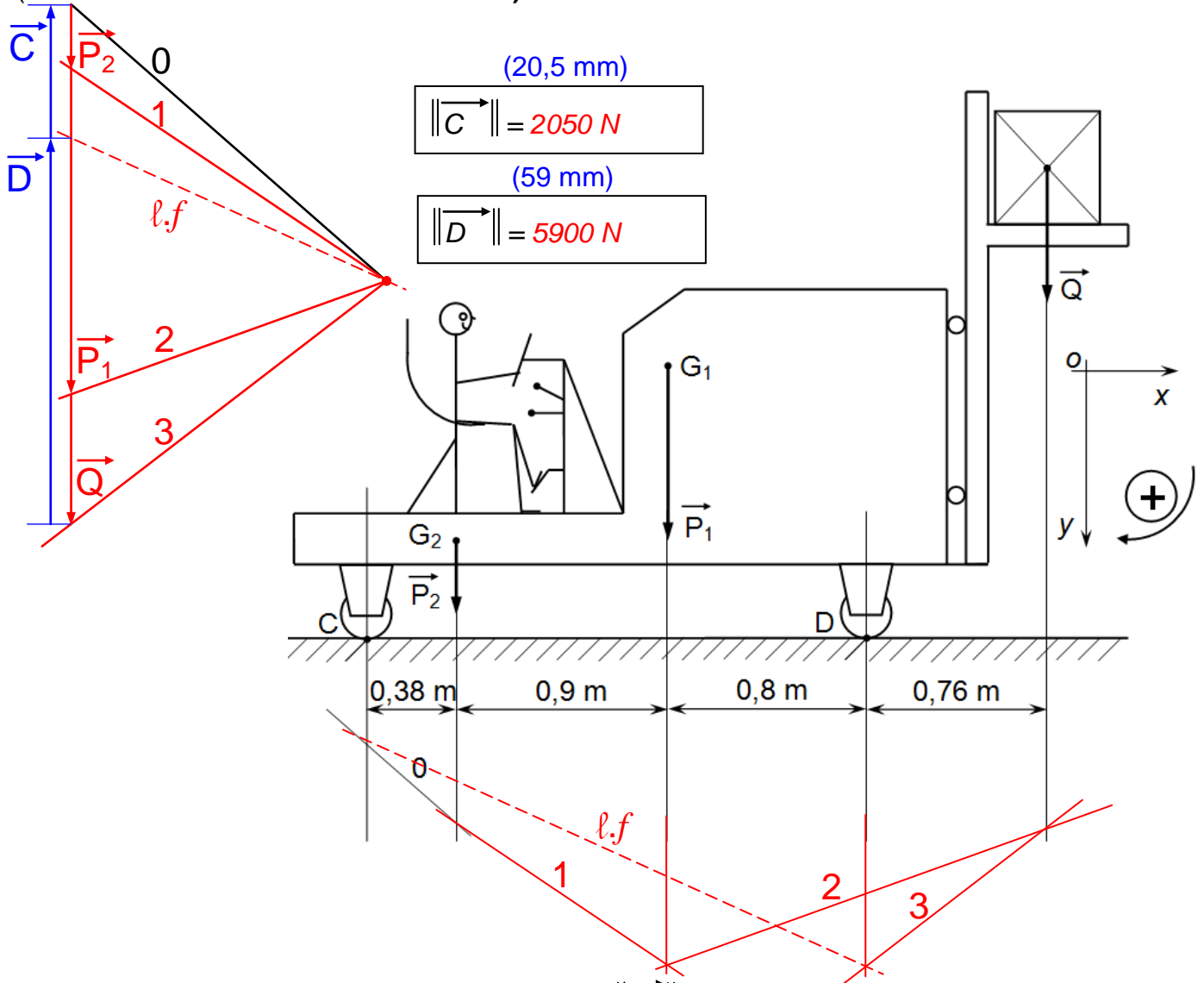
Un élévateur à fourche, donné par le schéma ci-dessous, soulève une charge  $\vec{Q}$  de 2000 N.  
Le poids  $\vec{P}_1$  du chariot a pour l'intensité  $P_1 = 5000$  N.  
Le poids  $\vec{P}_2$  du conducteur a pour l'intensité  $P_2 = 1000$  N.

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.

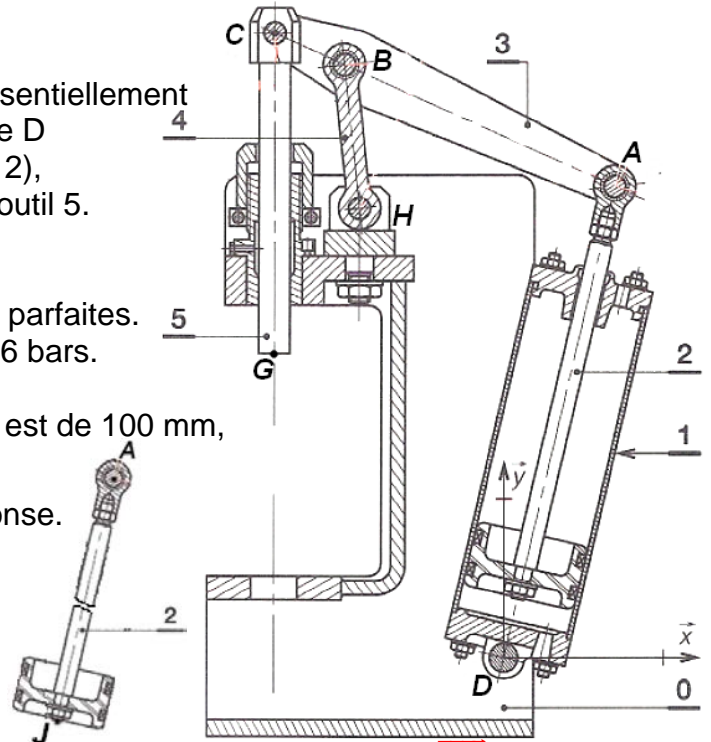
II- Travail demandé :

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

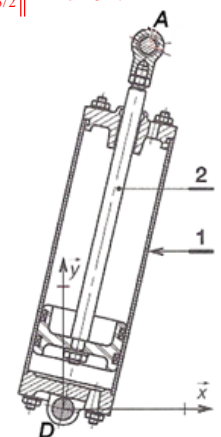
2- Équilibre de la bielle 4 :

2.1- Bilan des actions mécaniques extérieures.

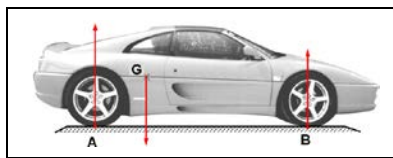
Équilibre de 4 : La bielle 4 est en équilibre sous l'action de deux forces ( $B_{3/4}$  et  $H_{0/4}$ )

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**

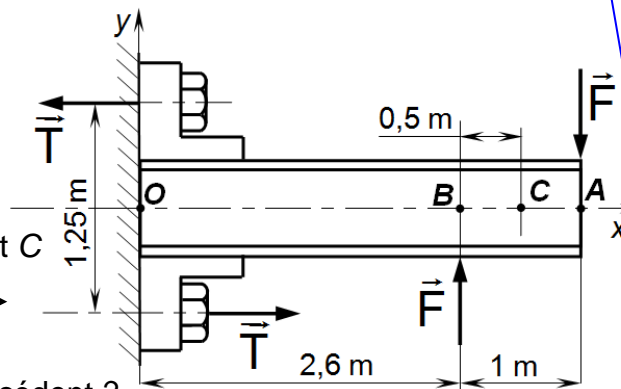
Soit le montage suivant avec :

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

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



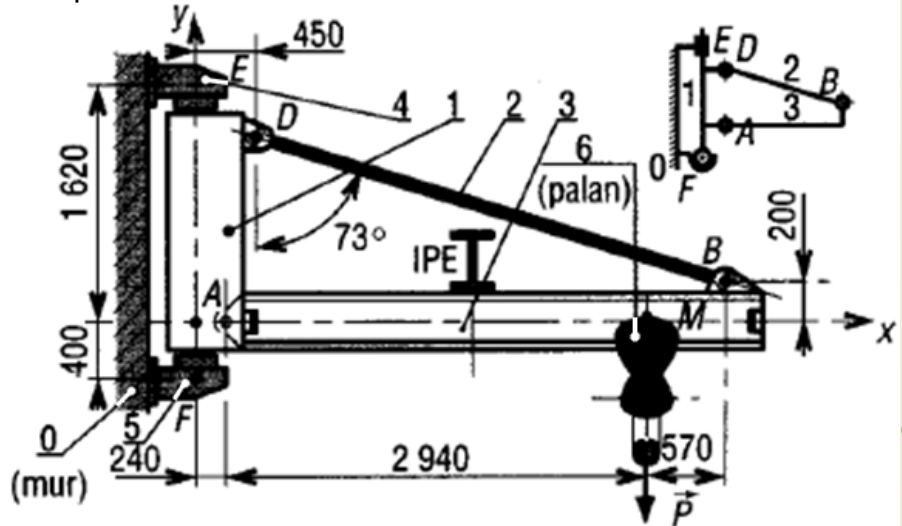
EX8-

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

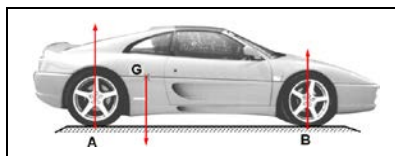
♦  $\sum \mathcal{M}_{/A} \vec{F}_{ext} = \vec{0}$  ;  $\mathcal{M}_{/A} \vec{A}_{1/3} + \mathcal{M}_{/A} \vec{B}_{2/3} + \mathcal{M}_{/A} \vec{P} = \vec{0}$  ;

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

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

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

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



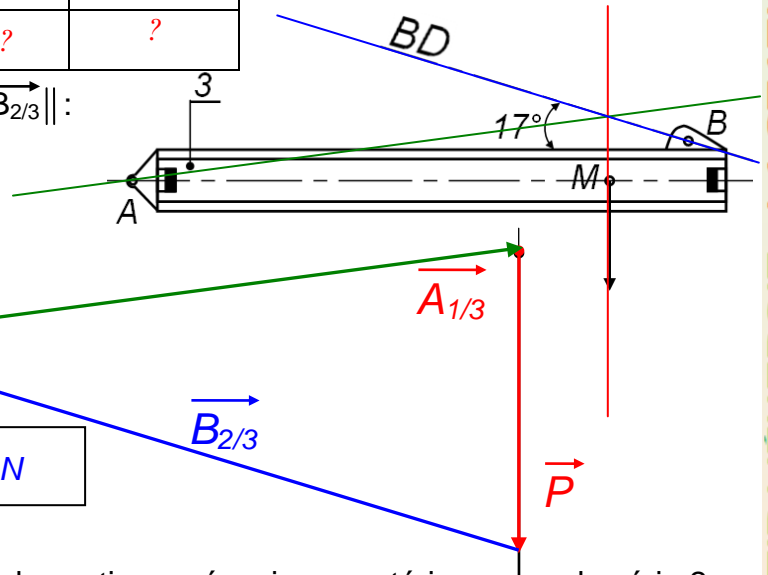
3- Équilibre de 3 :

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

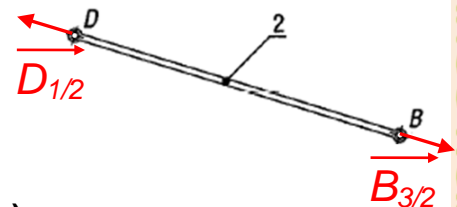


$\|\vec{A}_{1/3}\| = 4625 \text{ daN}$  (92,5 mm)  
 $\|\vec{B}_{2/3}\| = 4800 \text{ daN}$  (96 mm)

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

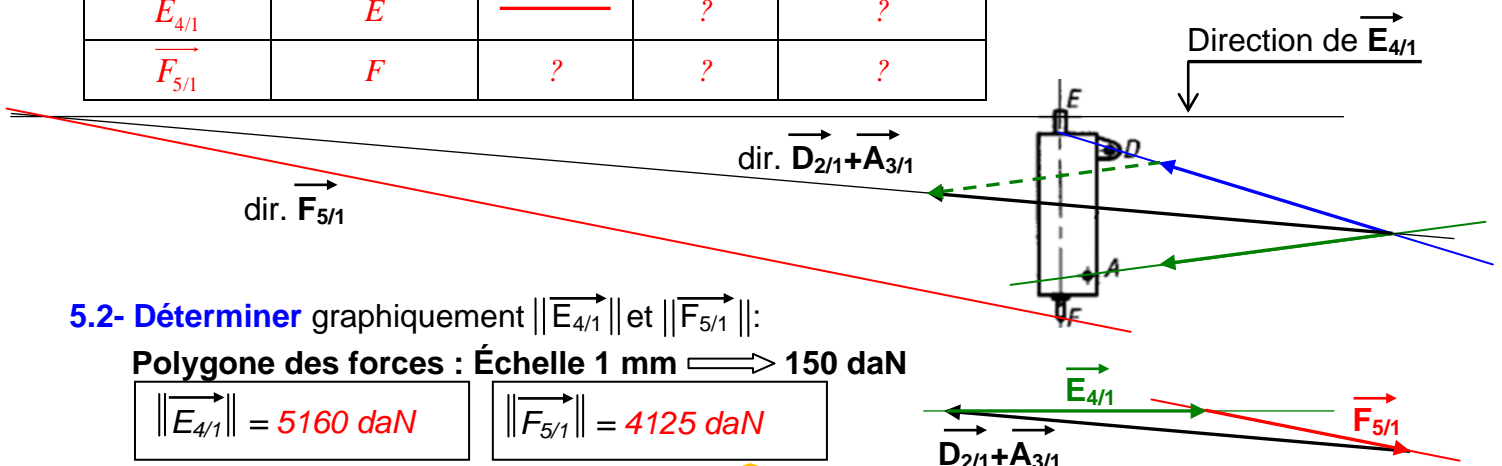


4.2- Indiquer les forces extérieures sur la figure ci-contre

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



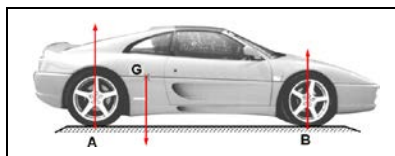
5.2- Déterminer graphiquement  $\|\vec{E}_{4/1}\|$  et  $\|\vec{F}_{5/1}\|$  :

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

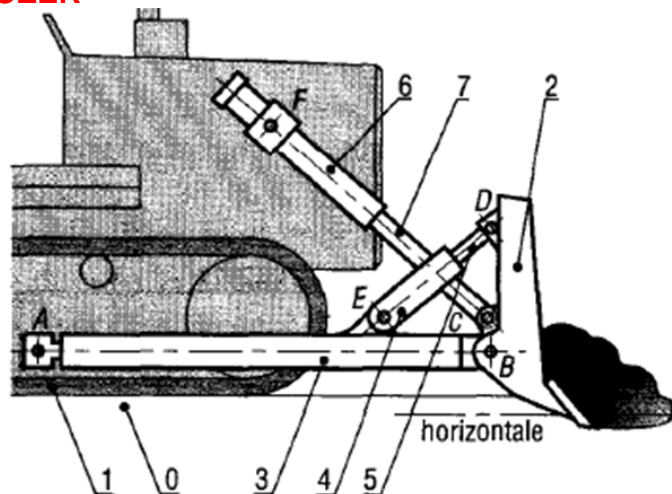




**EX8-**

**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

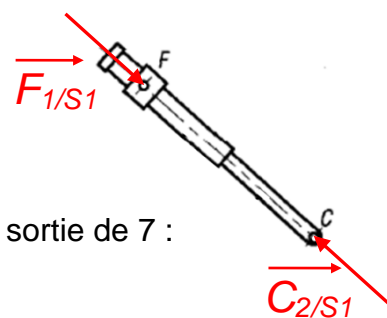
**1- Compléter** le tableau suivant :

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 :**

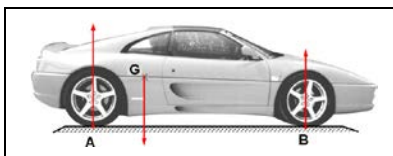
**2.1-** On isole le tirant 2. **Compléter** le bilan des actions mécaniques extérieures sur le vérin 6+7 :

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 :

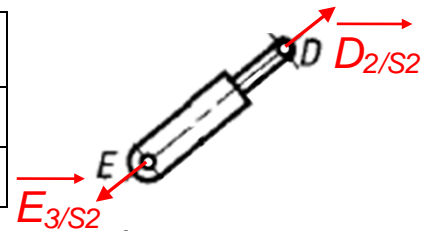
FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE : LA STATIQUE PLANE



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

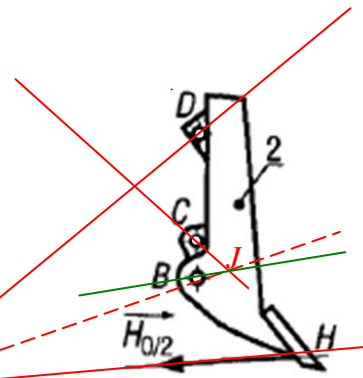


3.2- Indiquer les forces extérieures sur la figure ci-contre en cas de rentrée de 5 :

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 :

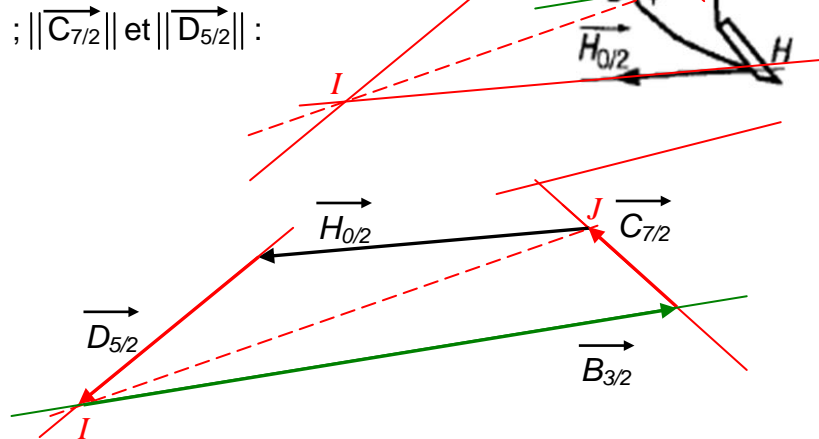
Forces extérieures	Point d'application	Direction	Sens	intensité
$\vec{H}_{0/2}$	H	5°	5°	22000 daN
$\vec{B}_{3/2}$	B	—	?	?
$\vec{C}_{7/2}$	C	CF	?	?
$\vec{D}_{5/2}$	D	DE	?	?



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 :

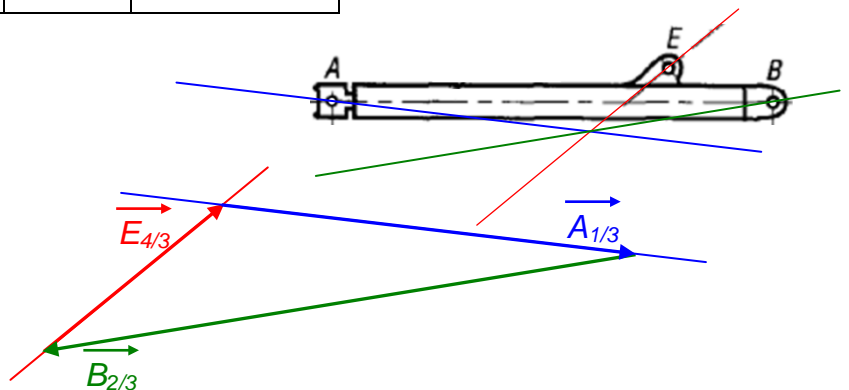
3.1- Compléter le tableau des actions mécaniques extérieures sur le bras de poussée 3 :

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

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