

# BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Étude et Définition de Produits Industriels

Épreuve E1 - Unité : U 11

Étude du comportement mécanique d'un système technique

Temps conseillé

**Lecture du sujet**

**(20 minutes)**

**A – La stabilité du manipulateur Festo**

**(45 minutes)**

**A-1** Le basculement du manipulateur Festo.

**A-2** La masse du contre poids.

**B – L'encombrement minimum pour une barrière de protection**

**(35 minutes)**

**C – La cadence du manipulateur.**

**(35 minutes)**

**D – Le modèle de piston rotatif et la pression**

**(20 minutes)**

**E – Flexion de la plaque horizontale**

**(25 minutes)**

## PROPOSITION DU POIDS DES COMPÉTENCES À ÉVALUER

CAPACITÉS ET COMPÉTENCES				U11	
				QUESTIONS	%
C1	S'Inform Analyser	C11	Décoder un CdCf		
		C12	Analyser un produit	1 à 28	75%
		C13	Analyser une pièce	29 à 33	10%
		C14	Collecter des données		
C2	Traiter Décider	C21	Organiser son travail		0 %
		C22	Étudier et choisir une solution	34 à 39	15%
C3	Mettre en œuvre Produire	C31	Définir une solution. un projet en exploitant des outils informatiques		
		C32	Produire les dessins de définition de produit		
		C33	Produire les documents connexes		
C4	Communiquer Inform	C41	Communiquer dans le cadre d'une revue de projet		
		C42	Communiquer en entreprise		

PARTIE A : On cherche à vérifier la stabilité du manipulateur Festo lors de son fonctionnement.

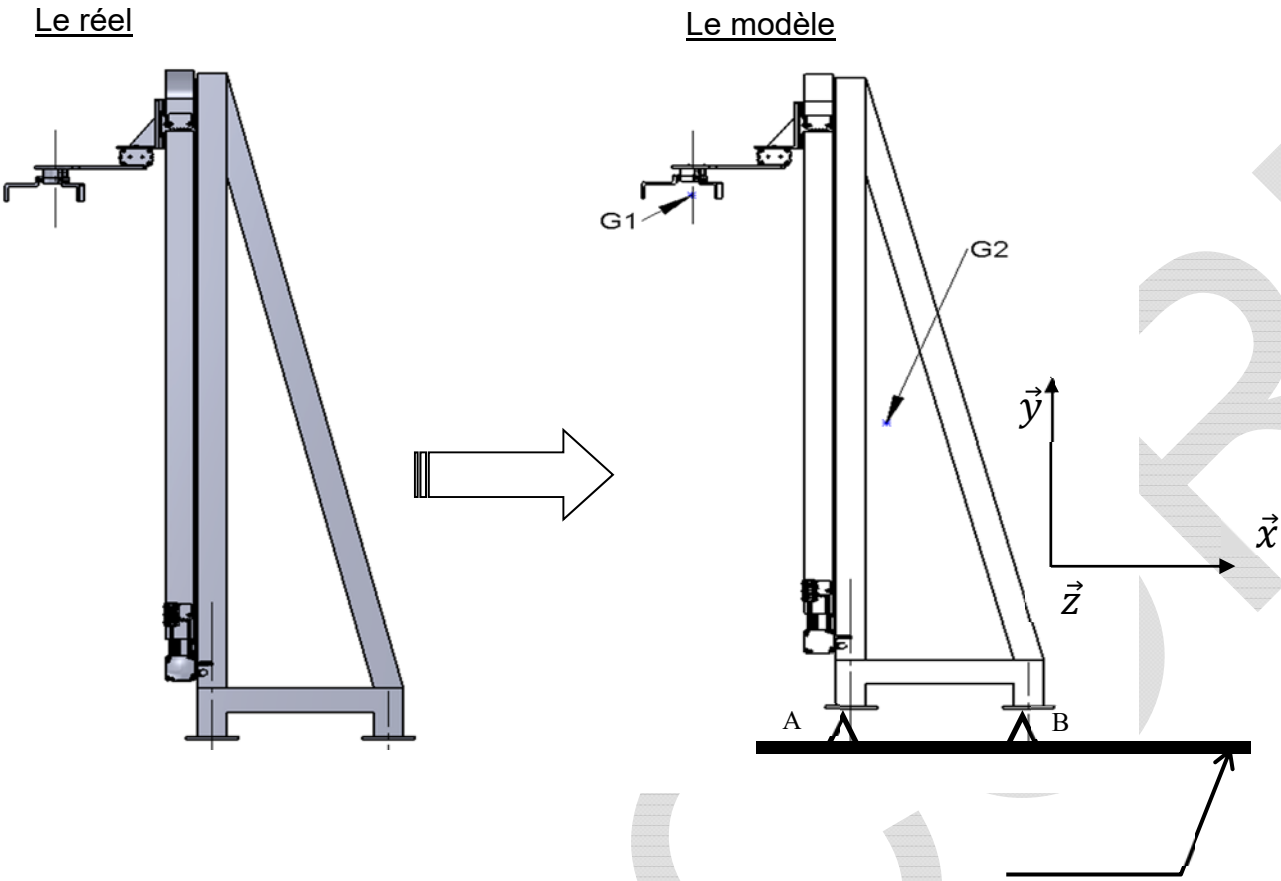
OBJECTIF A1 : VÉRIFICATION du basculement du manipulateur Festo en condition extrême.

Hypothèse :

- Le manipulateur Festo admet un plan de symétrie  $(0, \vec{x}, \vec{y})$ . L'étude sera menée dans ce plan.

On donne :

- Masse du disque frein : **18 kg**
- Masse du Piston rotatif : **12 kg**
- Masse des 3 Mors : **2 kg**
- Coefficient dynamique en fonctionnement  **$k = 3$**
- $G_2$  centre de gravité de l'ensemble  $\{E\} = \{\text{Bâti, 3, 4, 6, 7}\}$
- Masse totale de l'ensemble des autres éléments = **50 kg**
- La valeur de l'accélération de la pesanteur :  **$\|\vec{g}\| = 10 \text{ N/s}^2$**



Question 1 – CALCULER le poids  $\|\vec{P}_T\|$  au point  $G_1$  de l'ensemble disque frein, piston rotative et Mors.

Pièces	Masse en kg	Poids en N
Disque frein	18	180
Piston rotatif	12	120
Les 3 Mors	2	20
Poids total ( $P_T$ ) :		320

Question 2 – CALCULER le poids  $\|\vec{P}_1\|$  qui est dû à l'inertie des pièces en mouvement.

$$\|\vec{P}_1\| = k \cdot P_T = 960 \text{ N}$$

Question 3 – TRACER le poids  $\vec{P}_1$ , en fonction de l'échelle, au point  $G_1$  sur la figure n°1, page 11/18.

Question 4 – CALCULER le poids  $\|\vec{P}_2\|$  des autres éléments.

50x10

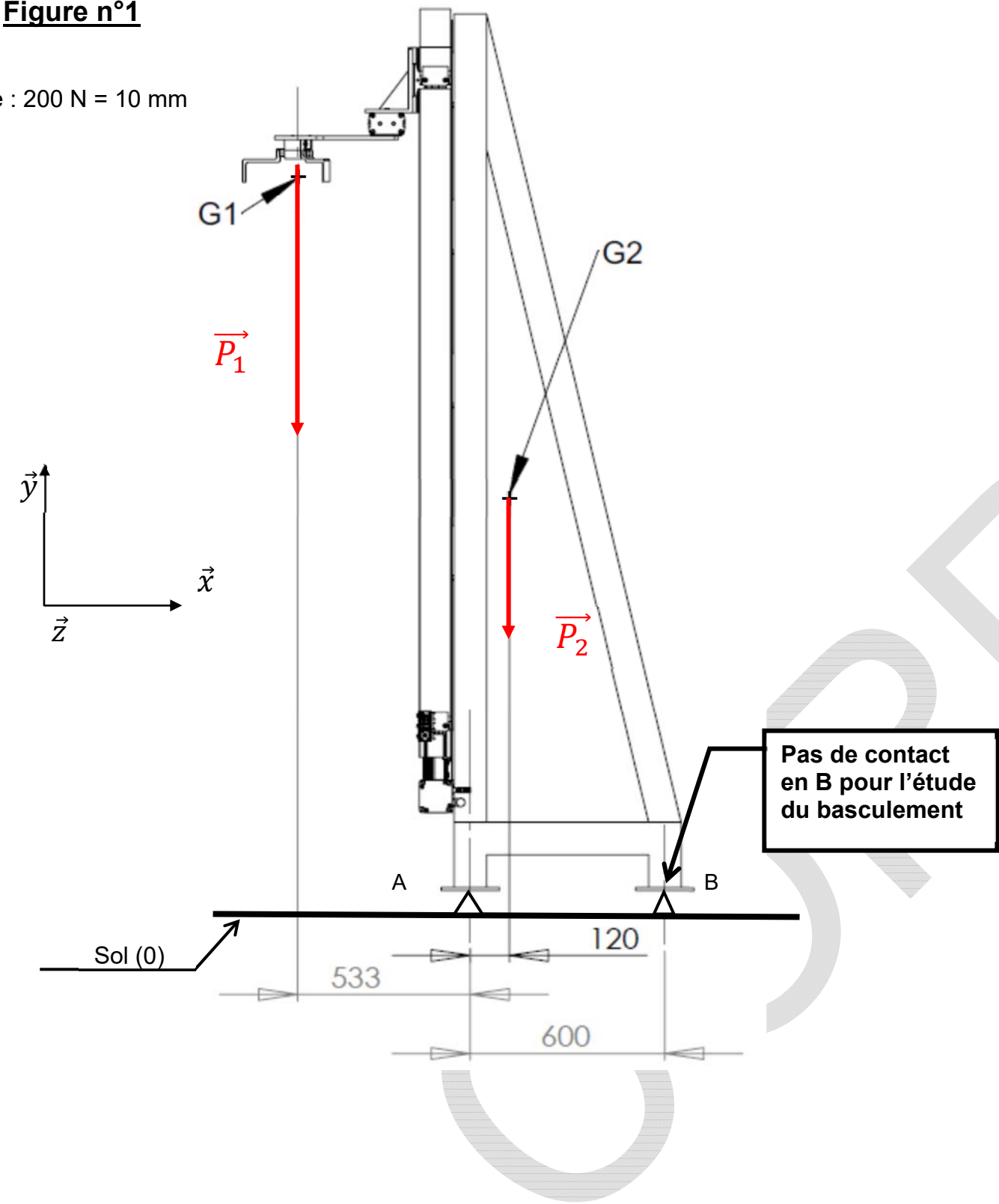
$$\|\vec{P}_2\| = 500 \text{ N}$$

Question 5 – TRACER le poids  $\vec{P}_2$ , en fonction de l'échelle, au point  $G_2$  sur la figure n°1, page 11/18.

ATTENTION : Par la suite nous considérons qu'il n'y a pas de contact au point B entre le sol et l'ensemble {E}.

Figure n°1

Échelle : 200 N = 10 mm



On isole Le Bras manipulateur

Question 6 – COMPLÉTER le tableau bilan des actions

Actions	P.A	D	S	Intensité (N)
$\vec{P}_1$	G <sub>1</sub>		↓	960
$\vec{P}_2$	G <sub>2</sub>		↓	500
$\vec{A}_{0/manipulateur}$	A	?	?	?

Question 7 – DÉTERMINER à quel type d'action est soumis le manipulateur Festo.  
(Cocher la bonne réponse)

Forces concourantes ☐

Forces parallèles ☒

Question 8 – CALCULER le moment au point A de l'effort  $\vec{P}_1$  en N.m.

$0,533 \times 960 = 511,68$

$\| \overrightarrow{M_A\{\vec{P}_1\}} \| = 511,68 \text{ N.m}$

Question 9 – CALCULER le moment au point A de l'effort  $\vec{P}_2$  en N.m.

$0,12 \times 500$

$\| \overrightarrow{M_A\{\vec{P}_2\}} \| = 60 \text{ N.m}$

Figure n°2

Question 10 – SÉLECTIONNER dans quelle configuration se trouve le manipulateur Festo à partir du tableau suivant.

(Cocher la bonne réponse)

Stable		Incertitude		Basculement	
$\ M_A\{\vec{P_1}\}\  < \ M_A\{\vec{P_2}\}\ $	<input type="checkbox"/>	$\ M_A\{\vec{P_1}\}\  = \ M_A\{\vec{P_2}\}\ $	<input type="checkbox"/>	$\ M_A\{\vec{P_1}\}\  > \ M_A\{\vec{P_2}\}\ $	<input checked="" type="checkbox"/>

OBJECTIF A2 : DÉTERMINER la masse du contre poids.

Afin d’éviter le basculement, on se propose d’étudier la solution qui consiste à créer un contre poids  $\vec{P_3}$  au point C (figure n° 2, page 12/18).

Question 11 – ÉCRIRE, à l’aide du principe fondamental de la statique, l’équation des moments au point A (voir la figure n°2, page 12/18).

$M_A\{\vec{P_1}\} + M_A\{\vec{A_{manipulateur}/0}\} + M_A\{\vec{P_2}\} + M_A\{\vec{P_3}\} = \vec{0}$

Question 12 – CALCULER la valeur de  $\|\vec{P_3}\|$  minimum pour éviter le basculement.

$(0,533 \times 960) + 0 - (0,12 \times 500) + (0.6 \times P_3) = 0$

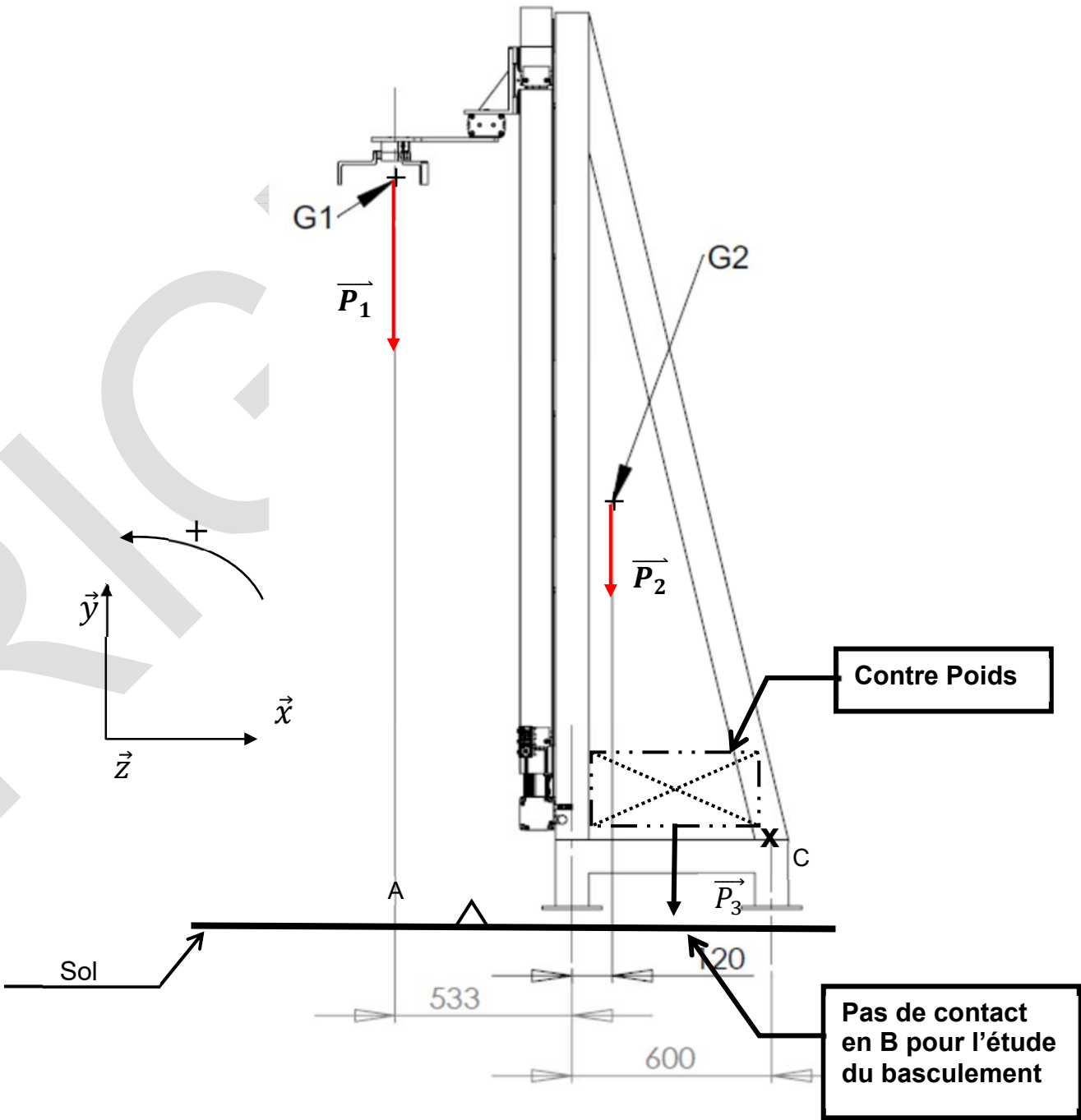
$511,68 - 60 + (0.6 \times P_3) = 0$

$\|\vec{P_3}\| = 752,8 \text{ N.m}$

Question 13 – CALCULER la masse  $M_3$  du contre poids.

$M_3 = \|\vec{P_3}\| / 10$  ,  $M_3 = 752,8 / 10$

$m_3 = 75,28 \text{ kg}$



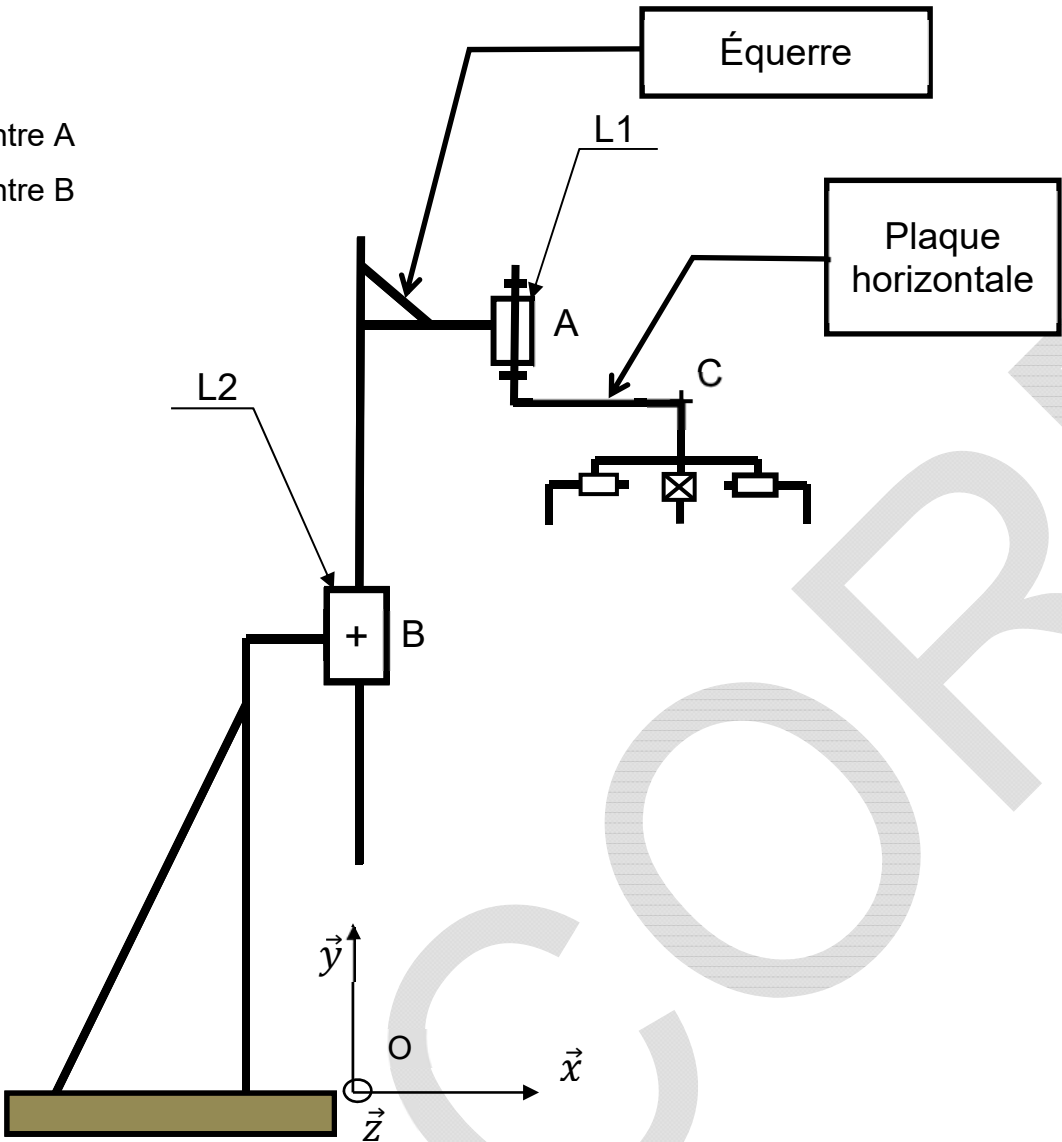
**PARTIE B : Afin de sécuriser le nouveau poste de travail en fonctionnement, il est nécessaire de déterminer l'encombrement minimum pour réaliser une barrière de protection adaptée au manipulateur Festo.**

**OBJECTIF : DÉTERMINER** les cotes minimums du rectangle d'encombrement ( $L_{\vec{z}}, H_{\vec{y}}$ ) dans le but de réaliser une barrière de protection.

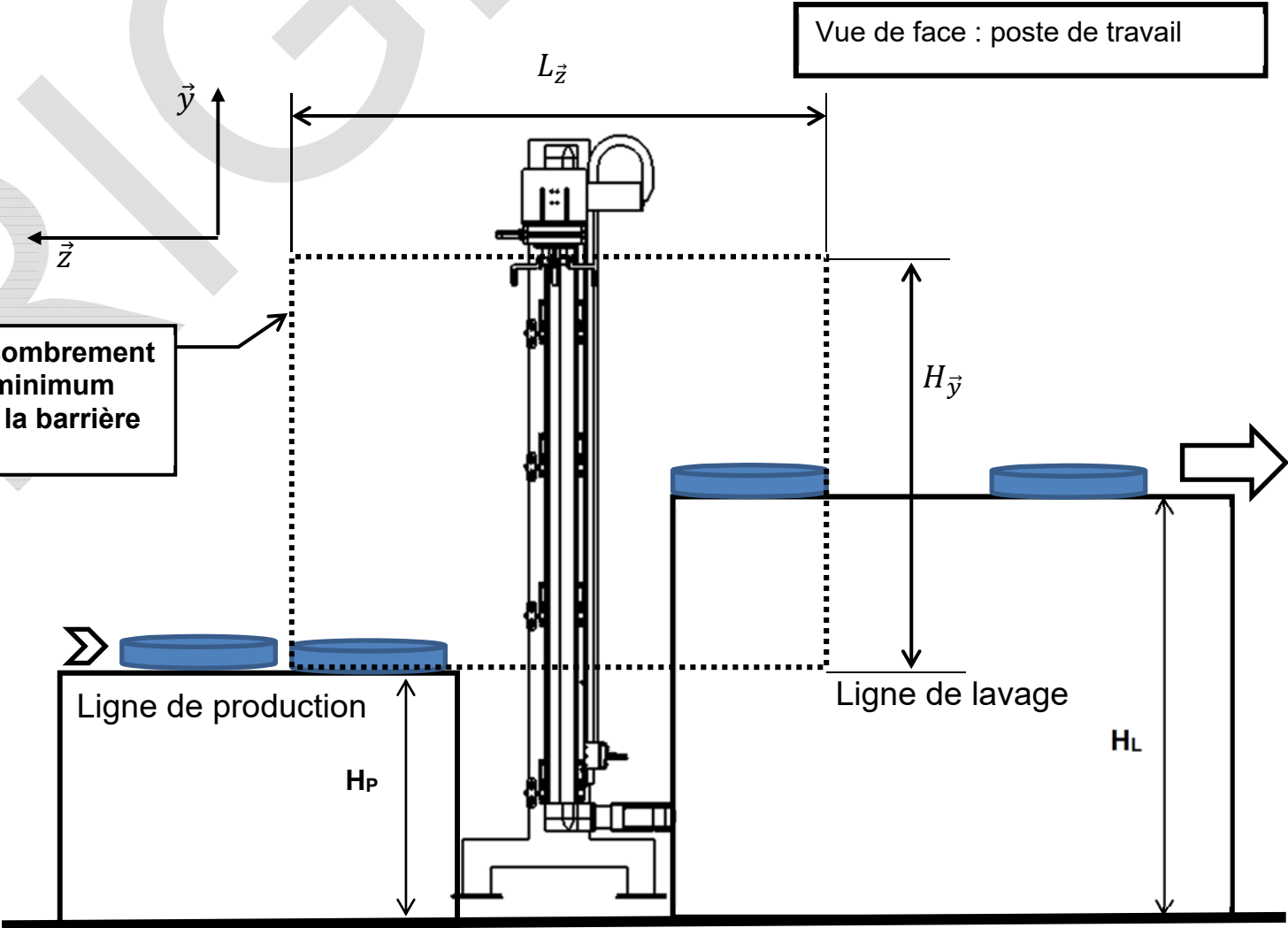
**Données :**

Schéma cinématique

- L1 : liaison de centre A
- L2 : liaison de centre B



- Hauteur de la ligne de production ( $H_P$ ) : 600 mm
- Hauteur de la ligne de lavage( $H_L$ ) : 1020 mm
- Longueur d'encombrement minimum  $L_{\vec{z}}$ .
- Hauteur d'encombrement minimum  $H_{\vec{y}}$ .
- Le vérin rotatif effectue une rotation de 180°.



Question 14 – DONNER les noms des liaisons, les centres et les axes.

- L1 : ... pivot de centre A, d'axe  $\vec{y}$ .  
L2 : ... glissière de centre B, d'axe  $\vec{y}$

Question 15 – DÉTERMINER la nature du mouvement de la Plaque horizontale (2) par rapport à l'Équerre (6) défini à la page 5/18.

mouvement de rotation d'axe  $\vec{y}$

Question 16 – DONNER le plus grand diamètre avant du disque frein (voir page 7/18).

$\varnothing_A \text{ maxi} = 323 \text{ mm}.$

Question 17 – TRACER et REPÉRER la trajectoire du point C :  $T_{C \in 2/6}$   
(C appartenant à la plaque horizontale (2) par rapport l'Équerre (6)) sur la figure n°3, page 14/18.

Question 18 – DÉTERMINER le débattement maximum du point C sur l'axe  $\vec{z}$  sur la figure n°3. Vous noterez les points C' vers  $\vec{z}$  négatif et C'' vers  $\vec{z}$  positif.

Question 19 – TRACER le diamètre  $\varnothing_A$  maxi du disque frein à l'échelle 1:5 aux points C' et C'' sur la figure n°3, page 14/18.

Question 20 – DÉTERMINER en fonction de l'échelle la longueur d'encombrement sur l'axe  $\vec{z}$  ( $L_{\vec{z}}$ ) en mm.

Longueur mesurée = 173 mm → Longueur d'encombrement = 173 x 5 = 865 mm

$L_{\vec{z}} \approx 865 \text{ mm}$

Question 21 – DONNER la nature du mouvement de l'Équerre (6) par rapport au Bâti (5).

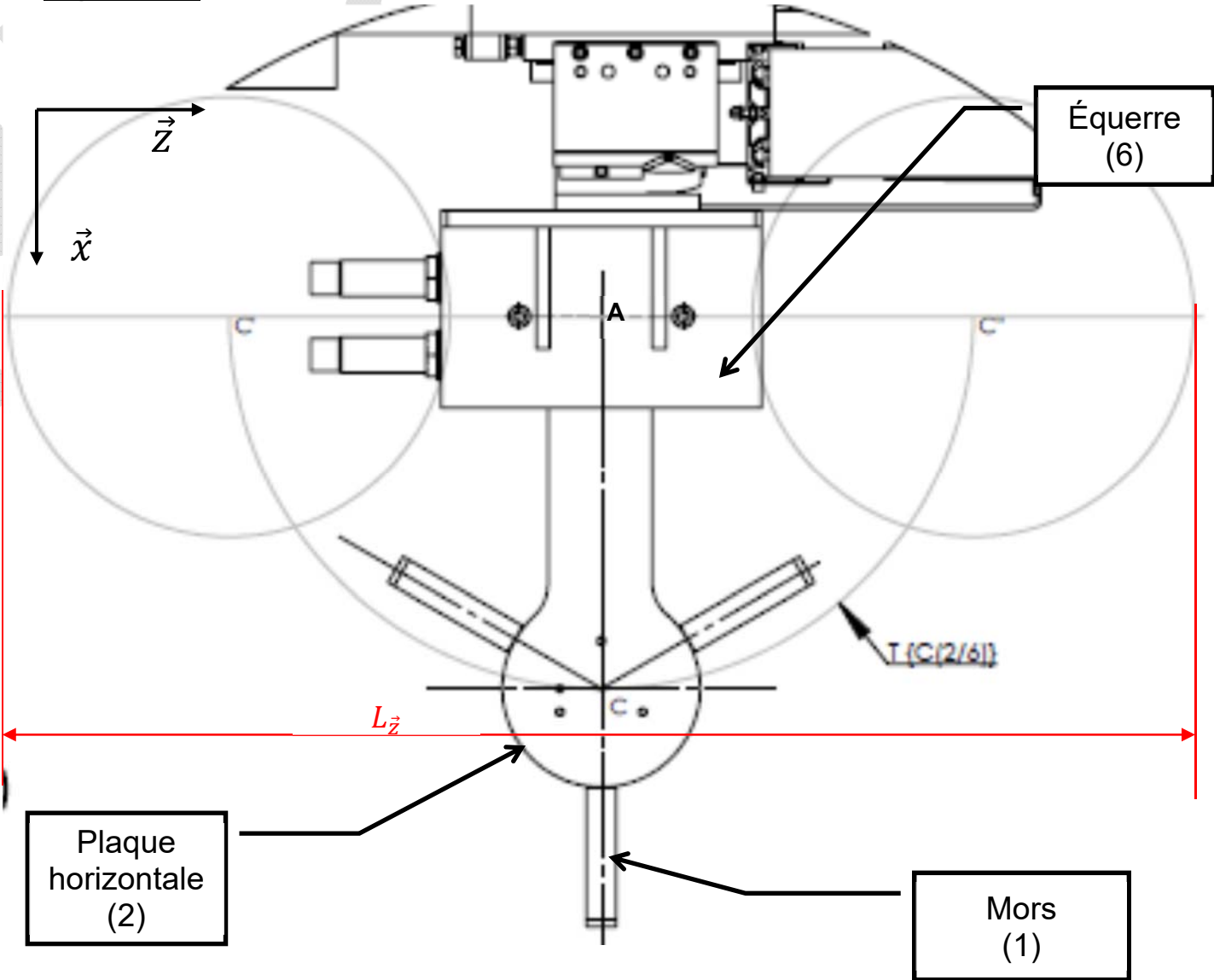
Translation d'axe  $\vec{y}$

Question 22 – CALCULER la hauteur d'encombrement sur l'axe  $\vec{y}$  ( $H_{\vec{y}}$ ) en mm, à partir de H<sub>P</sub> et du document page 6/18.

$2330 - 600 = 1730 \text{ mm}$

$H_{\vec{y}} = 1730 \text{ mm}$

Figure n°3.



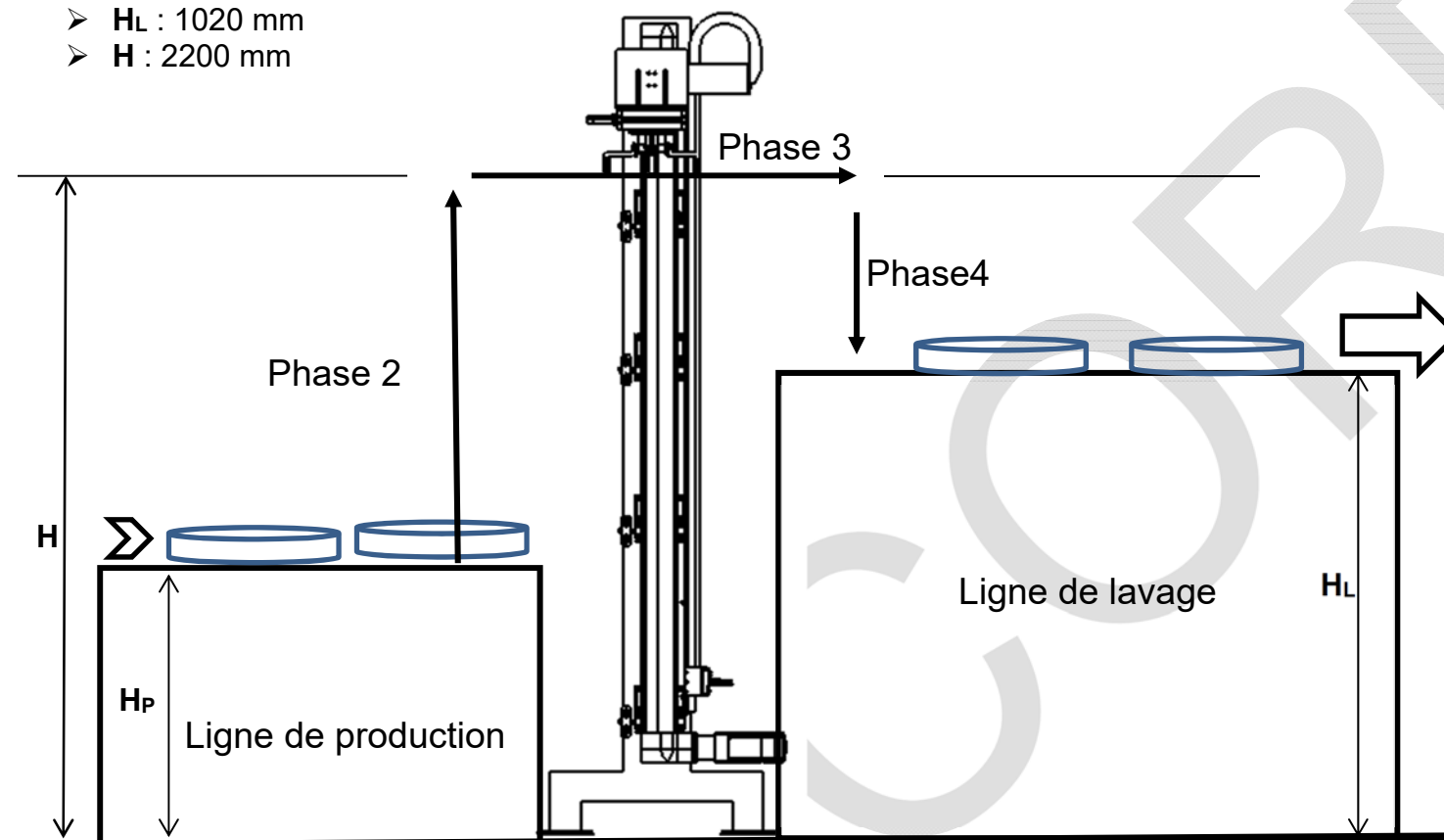


**PARTIE C : On souhaite vérifier que la capacité du manipulateur Festo soit compatible avec l'ancienne configuration.**

**OBJECTIF : DÉTERMINER** la durée du cycle  $T_C$  (aller et retour) du manipulateur Festo.

**Données :**

- La cadence du poste dans l'ancienne configuration est de **31,5 s/pièce**.
- L'ensemble fait des mouvements successifs :
  - Phase 1 : Saisie à un temps de  **$T_1 = 1\text{s}$**
  - Phase 2 : Déplacement vertical du disque frein à la vitesse,  **$V_2 = 0,252\text{ m/s}$** .
  - Phase 3 : Rotation horizontale du disque frein sur un angle de  $180^\circ$  à un temps de  **$T_3 = 2\text{s}$** .
  - Phase 4 : Déplacement vertical du disque frein à la vitesse :  **$V_4 = 0,252\text{ m/s}$** .
  - Phase 5 : Dépose du disque frein à un temps de  **$T_5 = 1\text{s}$** .
  - Les arrêts intermédiaires du disque frein sont estimés pour un cycle (aller et retour)  **$T_6 = 1,4\text{s}$** .
- Afin de simplifier notre étude, on considérera que les phases 1 et 3 sont des mouvements rectilignes uniformes.
- $H_P$  : 600 mm
- $H_L$  : 1020 mm
- $H$  : 2200 mm



**Question 23 – ÉCRIRE** pour la phase 2 l'équation du mouvement correspondant.

$$X_2(t) = V_2 \times T_2$$

**Question 24 – CALCULER** la durée  $T_2$  de la phase 2.

$$T_2 = (2,2 - 0,6) / 0,252$$

$$T_2 = 6,35\text{ s}$$

**Question 25 – ÉCRIRE** pour la phase 4 l'équation du mouvement correspondant.

$$X_4(t) = V_4 \times T_4$$

**Question 26 – CALCULER** la durée  $T_4$  de la phase 4.

$$T_4 = (2,2 - 1,02) / 0,252$$

$$T_4 = 4,68\text{ s}$$

**Question 27 – CALCULER** la durée du cycle  $T_C$  (aller et retour).

$$T_C = T_1 + (T_2 + T_3 + T_4) \times 2 + T_5 + T_6 = 29,4\text{ s}$$

$$T_C = 29,4\text{ s}$$

**Question 28 – VÉRIFIER et JUSTIFIER** si la cadence est compatible avec le temps de cycle de l'ancienne configuration.

Oui car la cadence du poste manipulateur est inférieure au poste précédent ( $31,5 > 29,4$ )

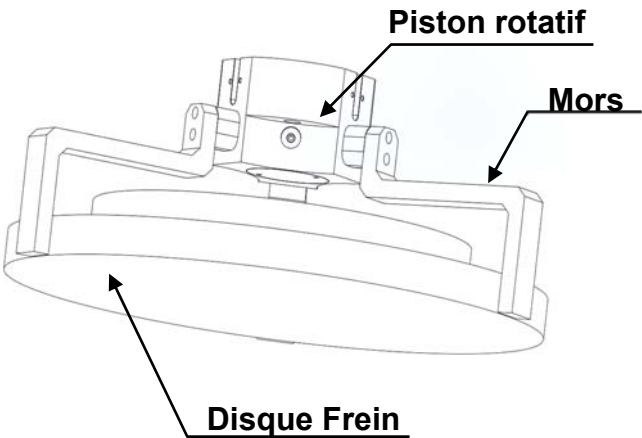
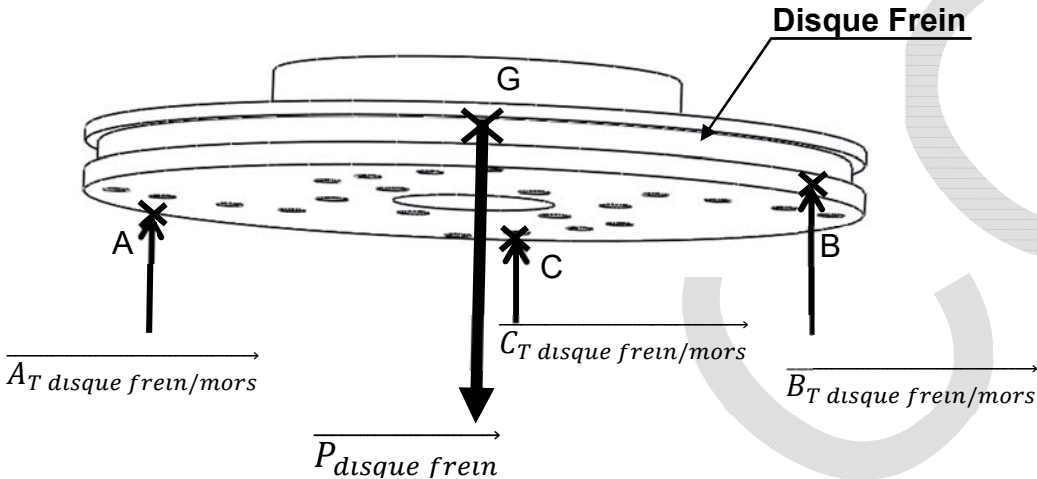
**PARTIE D : Les effets dynamiques créés par les différents mouvements peuvent faire tomber le disque frein lors de son déplacement. Cette partie va nous permettre de déterminer le type de piston rotatif afin de supprimer le risque de chute du disque frein.**

**OBJECTIF : DÉTERMINER** le piston rotatif.

- Hypothèses :**
- On néglige le poids propre des pièces devant les autres actions données.
  - Le facteur d'adhérence aux points de contacts (A, B, C) n'est pas négligé.
  - Le mécanisme sera étudié sur un mors au point B dans un plan parallèle au poids du disque frein.
  - Les contacts entre les mors et le disque frein sont aux points A, B et C (voir figure ci-dessous).

**Données :**

- Poids du disque frein au point G :  $\|\vec{P}_{disque\ frein}\| = 180\ N$
- Le manipulateur Festo fonctionne sur une pression : **3 Bars**
- Mors : Acier inoxydable
- Facteur d'adhérence entre le mors et le disque frein :  $\mu = 0,4$
- Relation entre le facteur d'adhérence  $\mu$  et les efforts (normale, tangentielle) :  $\mu = \frac{\|F_{tangentielle}\|}{\|F_{normale}\|}$ ,

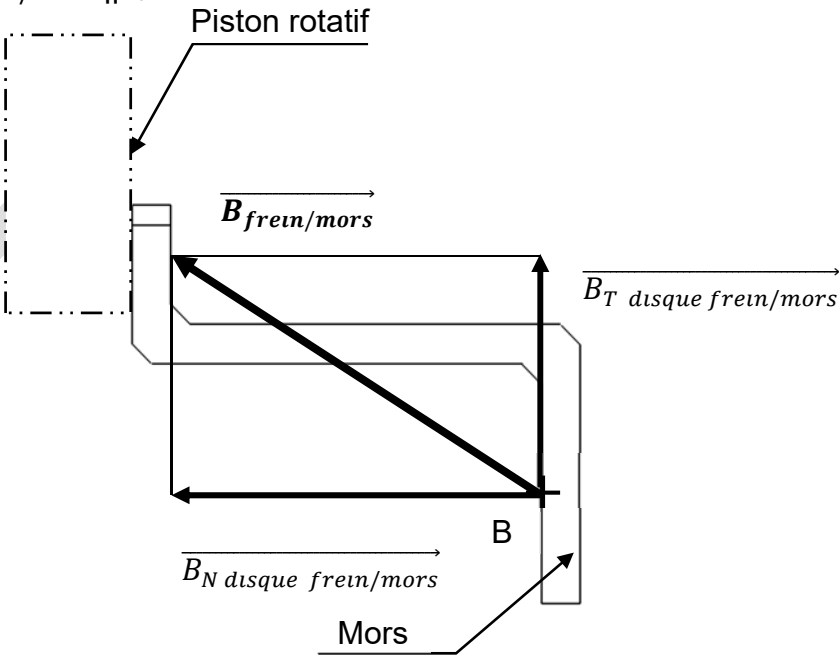


On donne :

L'effort tangentiel au point B,  $\|\vec{B}_T\ disque\ frein/mors}\|$  (voir figure ci-dessous).

$$\|\vec{B}_T\ disque\ frein/mors}\| = \frac{\|\vec{P}\|}{3} = \frac{180}{3}$$

$$\|\vec{B}_T\ disque\ frein/mors}\| = 60\ N$$

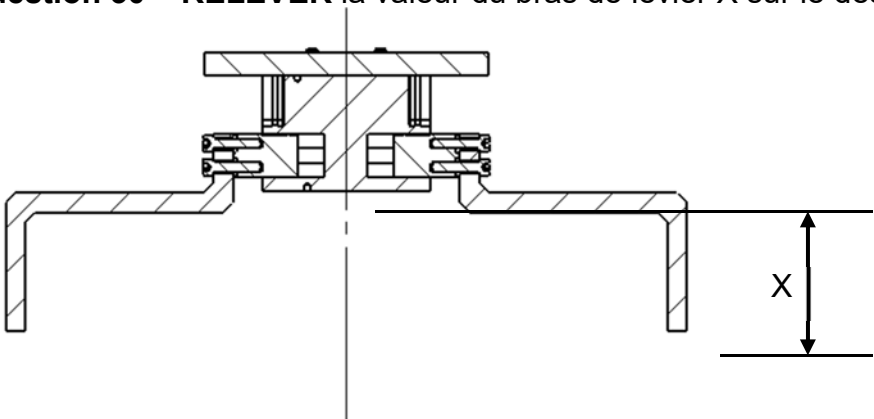


**Question 29 – CALCULER** l'effort normal de l'action au point **B** (voir figure ci-dessus).

$$\|\vec{B}_N\ disque\ frein/mors}\| = \frac{\|\vec{B}_T\ disque\ frein\ /mors}\|}{\mu} = 60 / 0,4 = 150\ N$$

$$\|\vec{B}_N\ disque\ frein/mors}\| = 150\ N$$

**Question 30 – RELEVER** la valeur du bras de levier X sur le dessin d'ensemble (DT2, page 6/18).



$$X = 70\ mm$$



Question 31 – DONNER le type du piston rotatif qui convient en fonction du bras de levier (X) et de la pression (voir DT3, page 7/18).

HGDD -63 -A

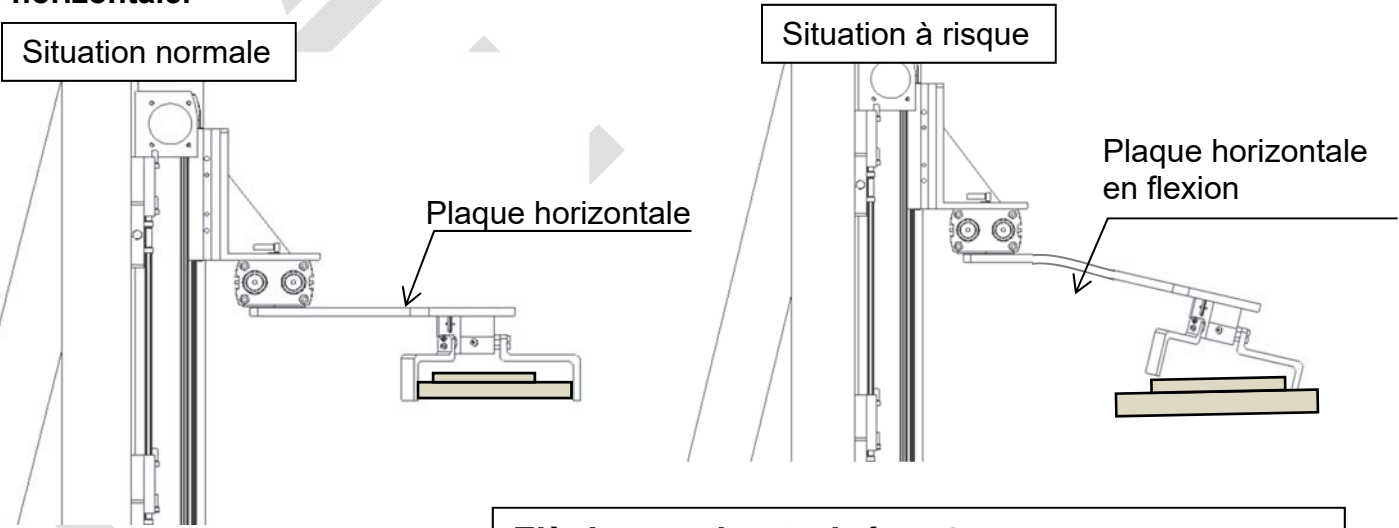
Question 32 – DÉTERMINER en fonction du modèle piston rotatif choisit précédemment l'effort de préhension pour la valeur X d' un bras de levier (voir DT3, page 7/18).

$$\|\vec{F_H}\| \approx 180 \text{ N}$$

Question 33 – VÉRIFIER et JUSTIFIER si l'effort de préhension est suffisant pour supprimer le risque de chute du disque frein.

Oui car l'effort de préhension du piston rotatif ( type HGDD 63 –A ), pour une valeur de X = 70 est supérieur à  $\|\vec{B_{N \text{ disque frein/mors}}}\|$ .

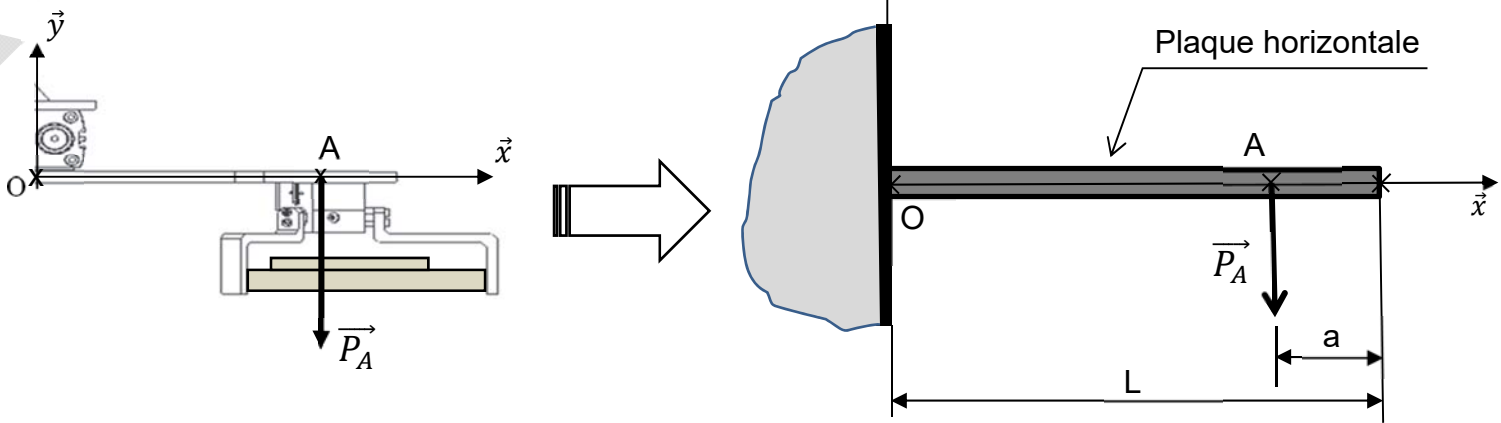
PARTIE E : Pour améliorer la préhension du disque frein, nous allons limiter la flexion de la plaque horizontale.



$$\text{Flèche maxi autorisée : } f_{maxi} < 2 \text{ mm}$$

OBJECTIF : VÉRIFICATION de la flèche de la plaque horizontale.

Hypothèses :  
Le réel

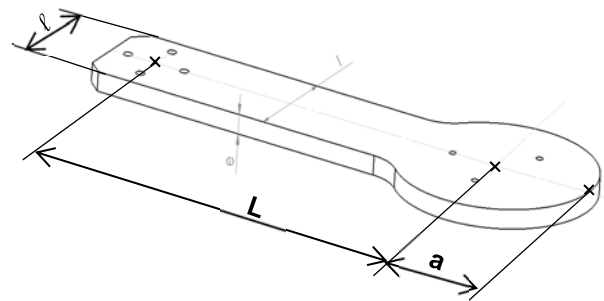


- On néglige le poids propre de la plaque horizontale.
- La plaque horizontale est modélisée par une poutre en liaison fixe (encastrement) en 0 et une charge concentrée au point A (  $\vec{P_A}$  ).
- On considère que la plaque horizontale est de section moyenne (rectangulaire) constante sur toute la longueur (L).

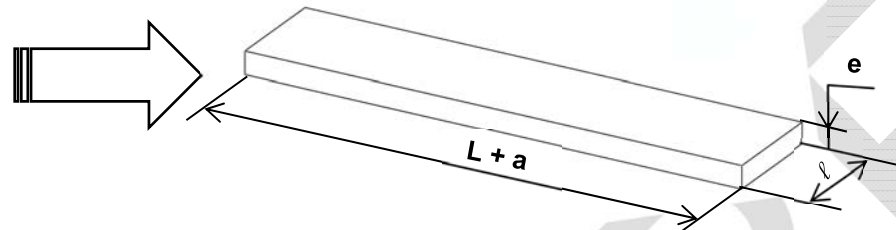
**Données :**

- L'ensemble D = {disque frein, piston rotatif, les 3 mors} a un poids:  $\|\vec{P}_A\| = 340 \text{ N}$ , au point A.
- La plaque horizontale :
  - ❖ Acier inoxydable (X2CrNi 12)
  - ❖ Longueur  $L = 345 \text{ mm}$
  - ❖ Largeur  $l = 70 \text{ mm}$
  - ❖ Épaisseur  $e = 10 \text{ mm}$
  - ❖ Rayons  $a = 72,5 \text{ mm}$
  - ❖ Module d'élasticité  $E = 200000 \text{ N/mm}^2$

Le réel

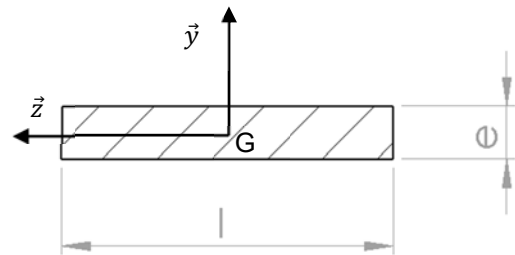


Le modèle



**Question 34 – CALCULER** le moment quadratique de la section moyenne  $I_{(G,\vec{z})}$  en  $\text{mm}^4$

(voir DT4, page 8/18)



$$I_{(G,\vec{z})} = \frac{l \cdot e^3}{12}$$

$$= (70 \times 10^3) / 12$$

$$I_{(G,\vec{z})} \approx 5833,33 \text{ mm}^4$$

**Question 35 – CALCULER** la flèche en A (en mm).

On vous donne la formule :

$$f_A = \frac{\|\vec{P}_A\| \cdot (L+a)^3}{3 \cdot E \cdot I_{(G,\vec{z})}}$$

$$f_A = \frac{340 \times 272,5^3}{3 \times 203000 \times 5833,33}$$

$$f_A \approx 1,965 \text{ mm}$$

**Question 36 – COMPARER** la flèche en A ( $f_A$ ) avec la flèche maximale ( $f_{maxi}$ ), et en déduire si la flexion de la plaque est tolérable.

La flèche au point A est inférieure à la valeur maxi autorisée.

**Question 37 – RELEVÉ** la flèche au point B ( $f_B$ ), en vous aidant de la courbe de la déformée

(Voir DT4, page 8/18).

$$f_B \approx 2,76 \text{ mm}$$

**Question 38 – COMPARER** la flèche en B ( $f_B$ ) avec la flèche maximale ( $f_{maxi}$ ), et en déduire si la flexion de la plaque est tolérable.

La flèche au point B est supérieure à la valeur autorisée. Alors il y a risque de chute du disque frein.

**Question 41 – PROPOSER** deux solutions techniques qui permettent de limiter la déformation de la plaque horizontale sur cette charge.

Augmenter la valeur e de la section de plaque horizontale.

Mettre des nervures sur la plaque horizontale.