

**CONCOURS COMMUN 2006  
DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES**

**Epreuve spécifique de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur**

**Filière PTSI**

**4 heures**

Coller ici l'étiquette correspondant à l'épreuve spécifique

Compléter de plus en bas de chaque page, la rubrique code candidat

***CORRECTION***

**Attention** : Vous devez impérativement inscrire votre code candidat sur chaque page du document réponse. En fin d'épreuve, vous ne devez rendre que le document réponse sur lequel vous aurez collé l'étiquette correspondante.

**Instructions particulières :**

Il est fortement conseillé au candidat de lire la totalité du sujet avant de composer. Toutes les parties sont indépendantes ( elles peuvent être traitées dans n'importe quel ordre ).

La répartition du temps à consacrer à chaque partie est environ la suivante :

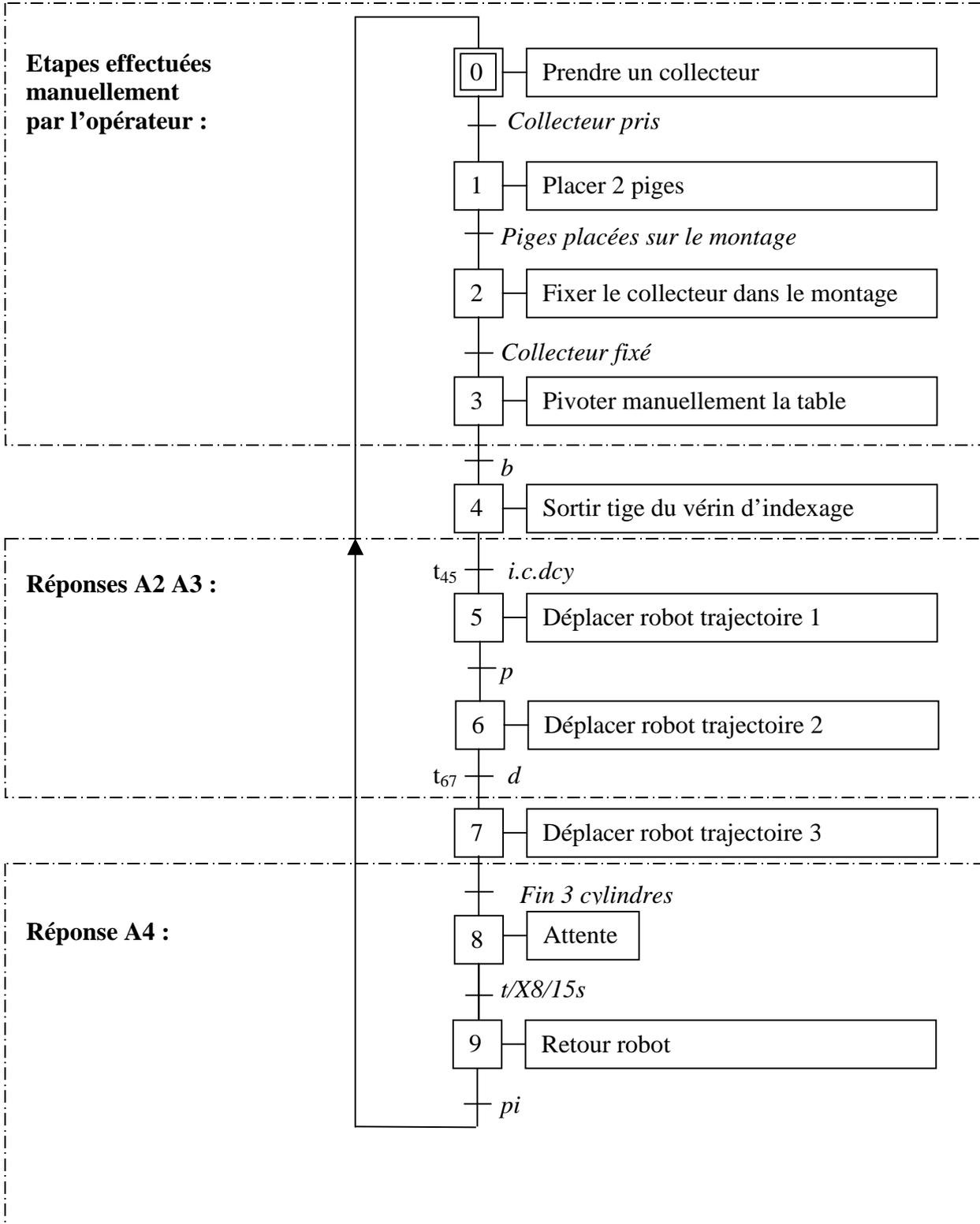
- Lecture du sujet : 20 mn
- Partie A : 40 mn
- Partie B : 20 mn
- Partie C : 40 mn
- Partie D : 40 mn
- Partie E : 40 mn
- Partie F : 40 mn

**AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE**

--	--	--	--	--

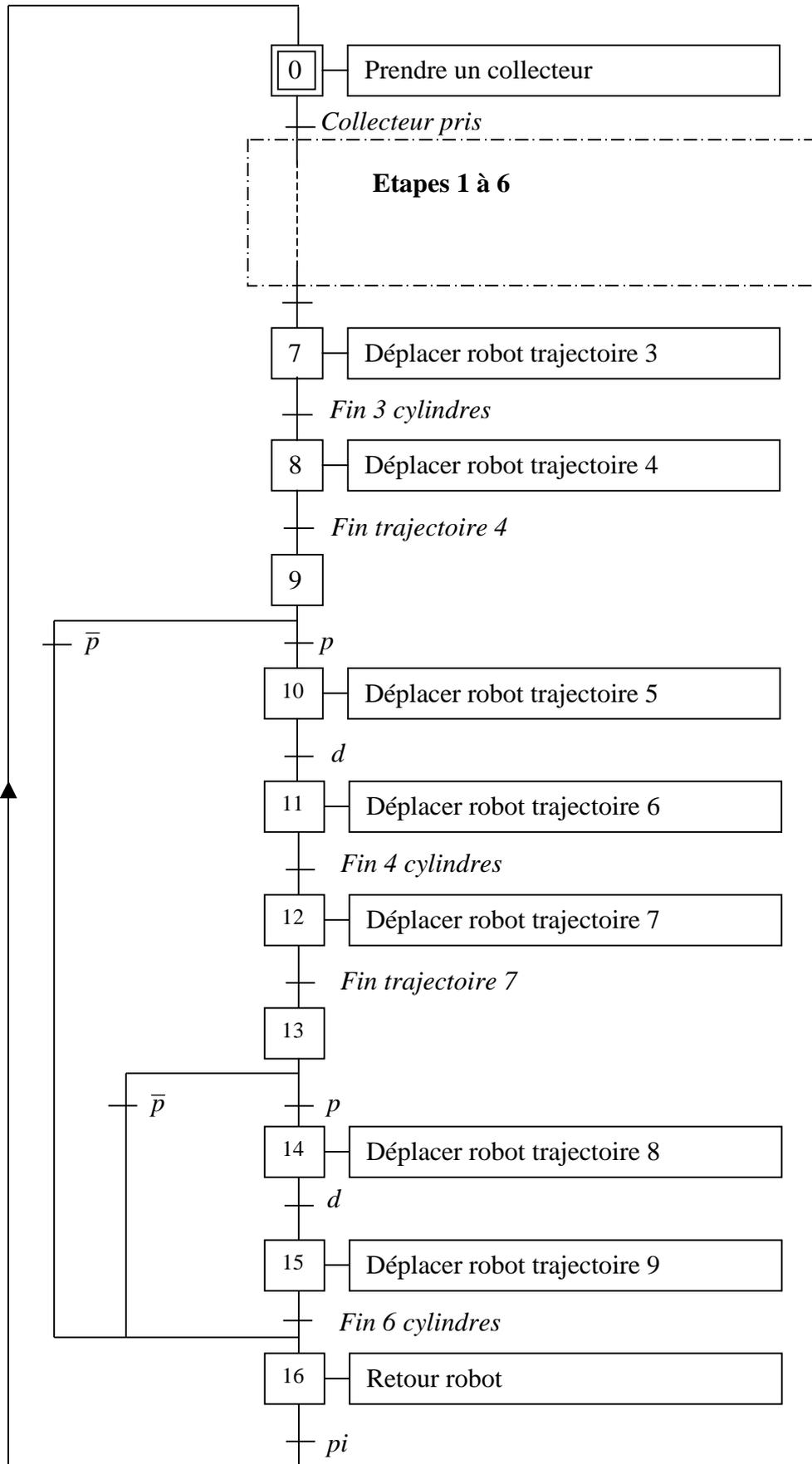
**Partie A :**

**Réponse A1 :** La distance « a » est plus grande dans le cas d'une trajectoire John Deere que dans le cas d'une trajectoire circulaire classique. Raisons possibles : On aura une meilleure étanchéité si « a » est plus grande. Dans le cas de la trajectoire adoptée par John Deere, il y a moins de recouvrement du joint et l'épaisseur sera presque constante au niveau du raccord.



--	--	--	--	--

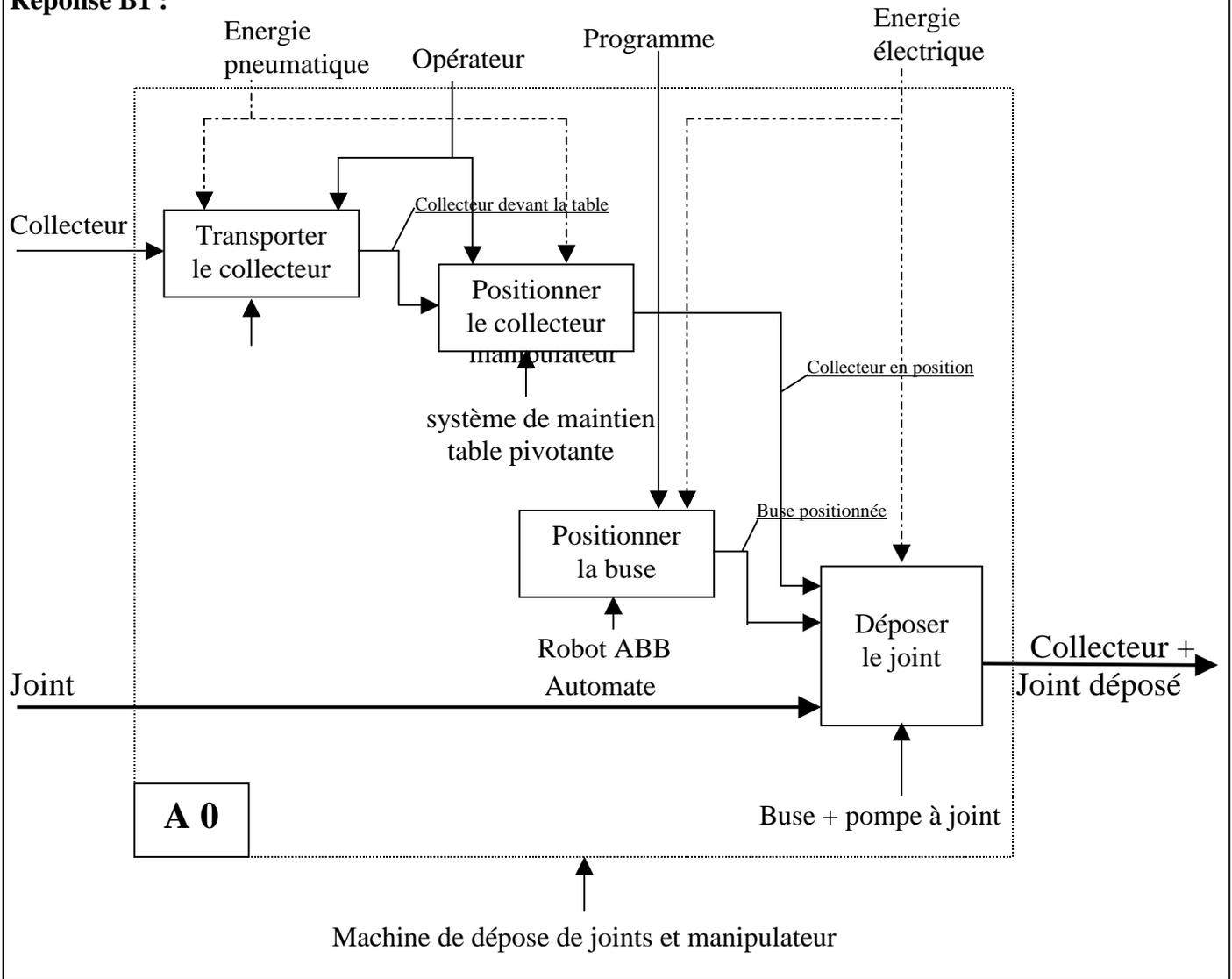
Réponse A5 :



--	--	--	--	--

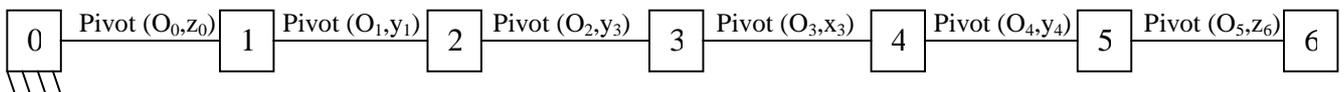
**Partie B :**

**Réponse B1 :**



**Partie C :**

**Réponse C1 :**



--	--	--	--	--

**Réponse C2 :** Comme  $\theta_{01} = 0$ ,  $\vec{O}_0\vec{O}_1 = a.\vec{x}_0 + b.\vec{z}_0 - f.\vec{y}_0$  On a toujours :  $\vec{O}_1\vec{O}_2 = c.\vec{z}_2$

Comme  $\theta_{34} = 0$ ,  $\vec{O}_3\vec{O}_4 = e.\vec{x}_3 + h.\vec{y}_3$

Comme  $\theta_{56} = 0$ ,  $\vec{O}_5\vec{M} = -h.\vec{y}_5 - l.\vec{z}_5$

et comme  $\theta_{34} = 0$  et  $\theta_{01} = 0$ ,

$$\vec{O}_5\vec{M} = -h.\vec{y}_0 - l.\vec{z}_5, \quad \vec{O}_3\vec{O}_4 = e.\vec{x}_3 + h.\vec{y}_0 \quad \text{et} \quad \vec{O}_2\vec{O}_3 = d.\vec{x}_3 + f.\vec{y}_0$$

Comme  $\theta_{45} = 0^\circ$ ,  $\vec{O}_5\vec{M} = -h.\vec{y}_0 - l.\vec{z}_3$  et  $\vec{O}_4\vec{O}_5 = g.\vec{x}_3$

**Réponse C3 :**

Calculs de changement de base :

$$\vec{z}_2 = \cos\theta_{12}\vec{z}_0 + \sin\theta_{12}\vec{x}_0 \quad \vec{x}_3 = \cos(\theta_{12} + \theta_{23})\vec{x}_0 - \sin(\theta_{12} + \theta_{23})\vec{z}_0 \quad \vec{z}_3 = \cos(\theta_{12} + \theta_{23})\vec{z}_0 + \sin(\theta_{12} + \theta_{23})\vec{x}_0$$

$$\vec{O}_0\vec{M} = a.\vec{x}_0 + b.\vec{z}_0 - f.\vec{y}_0 + c.\vec{z}_2 + d.\vec{x}_3 + f.\vec{y}_0 + e.\vec{x}_3 + h.\vec{y}_0 + g.\vec{x}_3 - h.\vec{y}_0 - l.\vec{z}_3$$

$$\vec{O}_0\vec{M} = a.\vec{x}_0 + b.\vec{z}_0 + c.\vec{z}_2 + (d+e+g)\vec{x}_3 - l.\vec{z}_3$$

$$\vec{O}_0\vec{M} : \begin{pmatrix} a + c\sin\theta_{12} + (d+e+g)\cos(\theta_{12} + \theta_{23}) - l\sin(\theta_{12} + \theta_{23}) \\ 0 \\ b + c\cos\theta_{12} - (d+e+g)\sin(\theta_{12} + \theta_{23}) - l\cos(\theta_{12} + \theta_{23}) \end{pmatrix}$$

**Partie D :**

**Réponse D1 :**

$$\vec{V}_{B \in 2/1} = \vec{V}_{A \in 2/1} + \vec{BA} \wedge \vec{\Omega}_{2/1} = -l_2.\vec{x}_2 \wedge \dot{\theta}_{12}.\vec{z}_1 \Rightarrow \vec{V}_{B \in 2/1} = l_2.\dot{\theta}_{12}.\vec{y}_2$$

**Réponse D2 :**

Comme on a un parallélogramme déformable, BC reste horizontal, car  $BC \perp BE$  et BE reste parallèle à AG qui est vertical au cours des mouvements. Le mouvement de la tête 5/1 est une translation circulaire.

On a donc :  $\vec{V}_{C \in 5/1} = \vec{V}_{B \in 5/1} = \vec{V}_{B \in 2/1} = \vec{V}_{C \in 7/1}$  car on a une pivot en C :  $\vec{V}_{C \in 7/5} = \vec{0} \Rightarrow \vec{V}_{C \in 7/1} = l_2.\dot{\theta}_{12}.\vec{y}_2$

--	--	--	--	--

**Réponse D3 :**

$$\vec{V}_{D \in 7/1} = \vec{V}_{C \in 7/1} + \vec{\Omega}_{7/1} \wedge \vec{CD} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 + \dot{\theta}_{17} \vec{y}_7 \wedge (l_7 \vec{x}_7 - h_7 \vec{y}_7) \Rightarrow \vec{V}_{D \in 7/1} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{17} \vec{z}_7$$

**Réponse D4 :**

Comme les axes des pivots 7/5 et 8/7 restent verticaux au cours du mouvement, P se trouve sur la même verticale que le point D, et  $\vec{y}_7 = \vec{y}_8$ .

Comme on a une pivot en D,  $\vec{V}_{D \in 8/1} = \vec{V}_{D \in 7/1}$

$$\vec{V}_{P \in 8/1} = \vec{V}_{D \in 8/1} + \vec{PD} \wedge \vec{\Omega}_{8/1} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{17} \vec{z}_7 + l_8 \cdot \vec{y}_7 \wedge \dot{\theta}_{78} \vec{y}_8 = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{17} \vec{z}_7$$

on obtient donc :  $\vec{V}_{P \in 8/1} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{17} \vec{z}_7$

**Réponse D5 :**

On écrit la composition des vitesses et on tient compte de la rotation du manipulateur autour de  $(O, \vec{y}_1)$  :

$$\vec{V}_{P \in 8/0} = \vec{V}_{P \in 8/1} + \vec{V}_{P \in 1/0} \quad \text{et} \quad \vec{V}_{P \in 1/0} = \vec{V}_{A \in 1/0} + \vec{PA} \wedge \vec{\Omega}_{1/0} \quad \text{ou bien :} \quad \vec{V}_{P \in 1/0} = \vec{V}_{A \in 1/0} + \vec{\Omega}_{1/0} \wedge \vec{AP}$$

avec :  $\vec{V}_{A \in 1/0} = \vec{0}$

on en déduit :  $\vec{V}_{P \in 8/0} = \vec{V}_{P \in 8/1} + \vec{\Omega}_{1/0} \wedge \vec{AP}$

**Réponse D6 :**

$$\vec{AP} = \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DP} = l_2 \cdot \vec{x}_2 + l_5 \cdot \vec{x}_1 + l_7 \cdot \vec{x}_7 - h_7 \cdot \vec{y}_7 - l_8 \cdot \vec{y}_7$$

mais :  $\vec{y}_7 = \vec{y}_1 \Rightarrow \vec{AP} = l_2 \cdot \vec{x}_2 + l_5 \cdot \vec{x}_1 + l_7 \cdot \vec{x}_7 - (h_7 + l_8) \cdot \vec{y}_1$

$$\vec{\Omega}_{1/0} \wedge \vec{AP} = \dot{\theta}_{01} \cdot \vec{y}_1 \wedge (l_2 \cdot \vec{x}_2 + l_5 \cdot \vec{x}_1 + l_7 \cdot \vec{x}_7 - (h_7 + l_8) \cdot \vec{y}_1) = \dot{\theta}_{01} \cdot [l_2 (\vec{y}_1 \wedge \vec{x}_2) - l_5 \cdot \vec{z}_1 - l_7 \cdot \vec{z}_7]$$

On a :  $\vec{x}_2 = \cos \theta_{12} \vec{x}_1 + \sin \theta_{12} \vec{y}_1 \Rightarrow \vec{\Omega}_{1/0} \wedge \vec{AP} = [-l_2 \cdot \cos \theta_{12} \cdot \vec{z}_1 - l_5 \cdot \vec{z}_1 - l_7 \cdot \vec{z}_7] \dot{\theta}_{01}$

On obtient :  $\vec{V}_{P \in 8/0} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{17} \vec{z}_7 - l_2 \cdot \dot{\theta}_{01} \cdot \cos \theta_{12} \cdot \vec{z}_1 - l_5 \cdot \dot{\theta}_{01} \vec{z}_1 - l_7 \cdot \dot{\theta}_{01} \cdot \vec{z}_7$

Résultat :  $\vec{V}_{P \in 8/0} = l_2 \cdot \dot{\theta}_{12} \vec{y}_2 - l_7 \cdot (\dot{\theta}_{17} + \dot{\theta}_{01}) \cdot \vec{z}_7 - (l_5 + l_2 \cdot \cos \theta_{12}) \cdot \dot{\theta}_{01} \cdot \vec{z}_1$

--	--	--	--	--

### Réponse D7 : Justifications des constructions

Le mouvement de 2/1 est une rotation de centre A :  $\vec{V}_{H \in 2/1}$  est perpendiculaire à AH et correspond à un vecteur de longueur 80 mm dirigé vers le haut .

Les vitesses  $\vec{V}_{H \in 2/1}$  et  $\vec{V}_{B \in 2/1}$  forment des triangles homothétiques.

On mesure 27 mm :  $\|\vec{V}_{H \in 2/1}\| = \frac{27 \times 0,01}{40}$  m/s , soit :  $\|\vec{V}_{H \in 2/1}\| = 0,0068$  m/s

Il y a une liaison pivot en H entre 4 et 2 :  $\vec{V}_{H \in 4/1} = \vec{V}_{H \in 2/1}$

Le mouvement de 6/1 est une rotation de centre I :  $\vec{V}_{H \in 6/1}$  est perpendiculaire à IH.

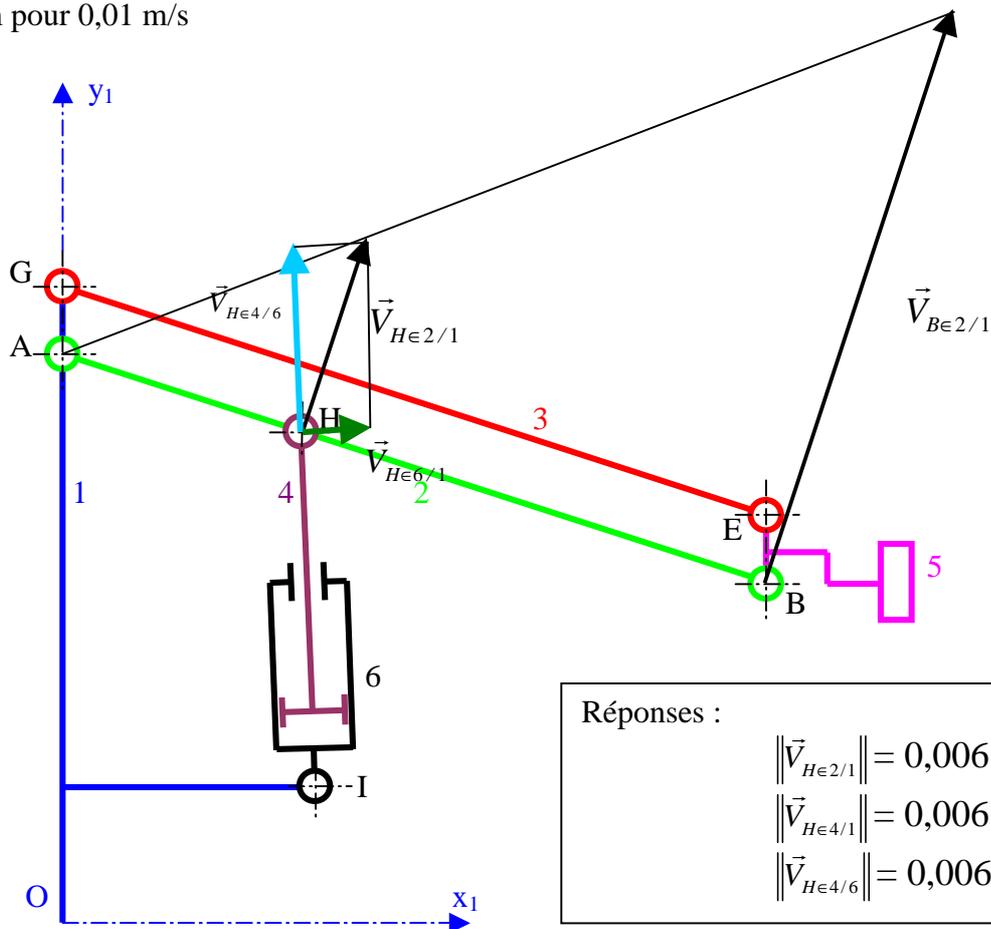
Le mouvement de 4/6 est une translation de direction IH :  $\vec{V}_{H \in 4/6}$  a pour support la droite IH.

Composition des vitesses en H :  $\vec{V}_{H \in 4/1} = \vec{V}_{H \in 4/6} + \vec{V}_{H \in 6/1}$  ce qui se traduit par un triangle des vitesses.

On mesure 25 mm :  $\|\vec{V}_{H \in 2/1}\| = \frac{25 \times 0,01}{40}$  soit  $\|\vec{V}_{H \in 2/1}\| = 0,00625$  m/s

### Réponse D7 : Constructions de cinématique graphique

**Echelle** : 40 mm pour 0,01 m/s



**Partie E :**

**Réponse E1 :**

On isole d'abord les solides ou systèmes de solides soumis à 2 forces extérieures :

- {4, 6} : Bilan :  $\vec{I}_{1 \rightarrow 6}$ ,  $\vec{H}_{2 \rightarrow 4}$ . On en déduit que  $\vec{H}_{2 \rightarrow 4}$  est verticale selon HI.
- {3} : Bilan :  $\vec{G}_{1 \rightarrow 3}$ ,  $\vec{E}_{5 \rightarrow 3}$ . On en déduit que  $\vec{E}_{5 \rightarrow 3}$  est horizontale selon GE.

On isole ensuite les systèmes soumis à 3 forces extérieures :

- {5, 7, 8, 10} : Bilan :  $\vec{B}_{2 \rightarrow 5}$ ,  $\vec{E}_{3 \rightarrow 5}$ , et le poids  $\vec{P}_{10}$ .

On détermine le support de  $\vec{B}_{2 \rightarrow 5}$  en traçant les 3 supports concourants.

Connaissant les 3 supports de  $\vec{B}_{2 \rightarrow 5}$ ,  $\vec{E}_{3 \rightarrow 5}$ ,  $\vec{P}_{10}$ , on trace le triangle des forces pour déterminer les 2 efforts  $\vec{B}_{2 \rightarrow 5}$  et  $\vec{E}_{3 \rightarrow 5}$ .

- {2} : Bilan :  $\vec{A}_{1 \rightarrow 2}$ ,  $\vec{H}_{4 \rightarrow 2}$ ,  $\vec{B}_{5 \rightarrow 2}$ .

On détermine le support de  $\vec{A}_{1 \rightarrow 2}$  en traçant les 3 supports concourants.

On trace le triangle des forces pour déterminer les 2 efforts  $\vec{H}_{4 \rightarrow 2}$  et  $\vec{A}_{1 \rightarrow 2}$ .

**Réponse E2 :**

On isole l'ensemble {4, 6} :

Bilan des actions mécaniques extérieures :  $\left\{ \begin{matrix} X_{2 \rightarrow 4} & - \\ Y_{2 \rightarrow 4} & - \\ - & 0 \end{matrix} \right\}_H$        $\left\{ \begin{matrix} X_{1 \rightarrow 6} & - \\ Y_{1 \rightarrow 6} & - \\ - & 0 \end{matrix} \right\}_I$

On écrit les torseurs au point I :  $\vec{M}_{I(2 \rightarrow 4)} = \vec{IH} \wedge \vec{R}_{2 \rightarrow 4} = h \cdot \vec{y}_1 \wedge (X_{2 \rightarrow 4} \cdot \vec{x}_1 + Y_{2 \rightarrow 4} \cdot \vec{y}_1) = -h \cdot X_{2 \rightarrow 4} \cdot \vec{z}_1$

Principe fondamental de la statique :  $\left\{ \begin{matrix} \vec{F}_{2 \rightarrow 4} \\ \vec{F}_{1 \rightarrow 6} \end{matrix} \right\}_I = \left\{ \vec{0} \right\}$

Moments en I :  $-h \cdot X_{2 \rightarrow 4} \cdot \vec{z}_1 = \vec{0}$       Donc  $X_{2 \rightarrow 4} = 0$       On en déduit :

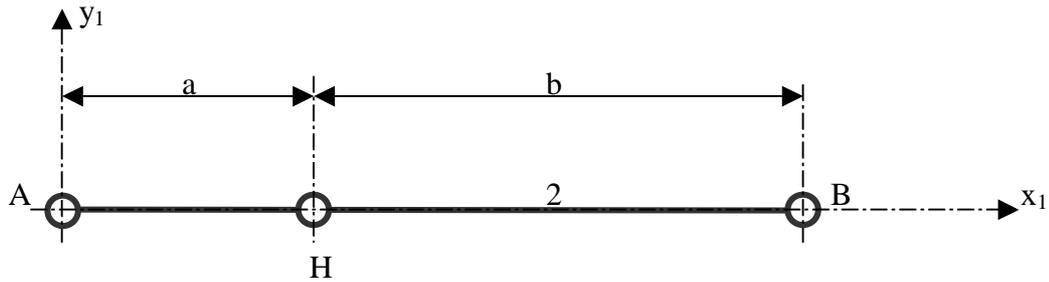
$$\left\{ \begin{matrix} \vec{F}_{4 \rightarrow 2} \end{matrix} \right\}_H = \left\{ \begin{matrix} 0 & - \\ Y_{4 \rightarrow 2} & - \\ - & 0 \end{matrix} \right\}_H$$

--	--	--	--	--



**Réponse E4 :**

**Données :**  $a = 320 \text{ mm}$   $b = 640 \text{ mm}$   $X_{1 \rightarrow 2} = -1070 \text{ N}$   $Y_{1 \rightarrow 2} = -320 \text{ N}$



**Détermination de  $\{F_{4 \rightarrow 2}\}_H$  :**

On isole 2.

Bilan des actions mécaniques extérieures :

$$\{F_{1 \rightarrow 2}\}_A = \begin{Bmatrix} X_{1 \rightarrow 2} & - \\ Y_{1 \rightarrow 2} & - \\ - & 0 \end{Bmatrix}_A \quad \text{car la liaison 2/1 est une pivot en A.}$$

$$\{F_{4 \rightarrow 2}\}_H = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ Y_{4 \rightarrow 2} & - \\ - & 0 \end{Bmatrix}_H \quad \text{car } \vec{R}_{4 \rightarrow 2} \text{ est de support vertical}$$

$$\{F_{5 \rightarrow 2}\}_B = \begin{Bmatrix} X_{5 \rightarrow 2} & - \\ Y_{5 \rightarrow 2} & - \\ - & 0 \end{Bmatrix}_B \quad \text{car la liaison 5/2 est une pivot en B.}$$

Comme  $\{F_{5 \rightarrow 2}\}_B$  est inconnu, il est préférable d'écrire les moments en B.

Principe fondamental de la statique :  $\{F_{1 \rightarrow 2}\}_B + \{F_{4 \rightarrow 2}\}_B + \{F_{5 \rightarrow 2}\}_B = \{0\}$

Changements de point des torseurs :

$$\vec{M}_{B(1 \rightarrow 2)} = \vec{BA} \wedge \vec{R}_{1 \rightarrow 2} = -(a+b)\vec{x}_1 \wedge [X_{1 \rightarrow 2}\vec{x}_1 + Y_{1 \rightarrow 2}\vec{y}_1] = -(a+b)Y_{1 \rightarrow 2} \cdot \vec{z}_1$$

$$\vec{M}_{B(4 \rightarrow 2)} = \vec{BH} \wedge \vec{R}_{4 \rightarrow 2} = (-b.\vec{x}_1) \wedge Y_{4 \rightarrow 2} \cdot \vec{y}_1 = -b.Y_{4 \rightarrow 2} \cdot \vec{z}_1$$

Les torseurs s'écrivent :

$$\{F_{1 \rightarrow 2}\}_B = \begin{Bmatrix} X_{1 \rightarrow 2} & - \\ Y_{1 \rightarrow 2} & - \\ - & -(a+b)Y_{1 \rightarrow 2} \end{Bmatrix}_B \quad \{F_{4 \rightarrow 2}\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ Y_{4 \rightarrow 2} & - \\ - & -b.Y_{4 \rightarrow 2} \end{Bmatrix}_B$$

Ceci devient, concernant les moments en projection sur  $\vec{z}_1$  :  $-(a+b)Y_{1 \rightarrow 2} - b.Y_{4 \rightarrow 2} = 0$

On en déduit :  $Y_{4 \rightarrow 2} = -\frac{a+b}{b}Y_{1 \rightarrow 2}$

$$\{F_{4 \rightarrow 2}\}_H = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ -\frac{a+b}{b}Y_{1 \rightarrow 2} & - \\ - & 0 \end{Bmatrix}_H$$

--	--	--	--	--

**Réponse E5 :**

$$\text{A.N. : } Y_{4 \rightarrow 2} = \frac{320 + 640}{640} \times 320 = \frac{3}{2} \times 320 = 3 \times 160 = 480 \text{ N}$$

$$\{F_{4 \rightarrow 2}\}_H = \begin{Bmatrix} 0 & - \\ 480 \text{ N} & - \\ - & 0 \end{Bmatrix}_H$$

On en déduit la valeur demandée :  $\|\vec{H}_{4 \rightarrow 2}\| = 480 \text{ N}$

**Réponse E6 :**

$p = \text{Pression d'air} = 0,7 \text{ Mpa} = 0,7 \text{ N/mm}^2$

$$\text{Section } S \text{ du vérin} = \frac{\|\vec{H}_{4 \rightarrow 2}\|}{p} = \frac{2100}{0,7} = 3000 \text{ mm}^2 \quad S = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$\text{On en déduit : } d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

$$\text{A.N. : } d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3000}{\pi}} \approx \sqrt{\frac{4 \times 3000}{3}} = \sqrt{4000} = 20\sqrt{10} \approx 20 \times 3,1 \approx 62 \text{ mm}$$

$$d = 62 \text{ mm}$$

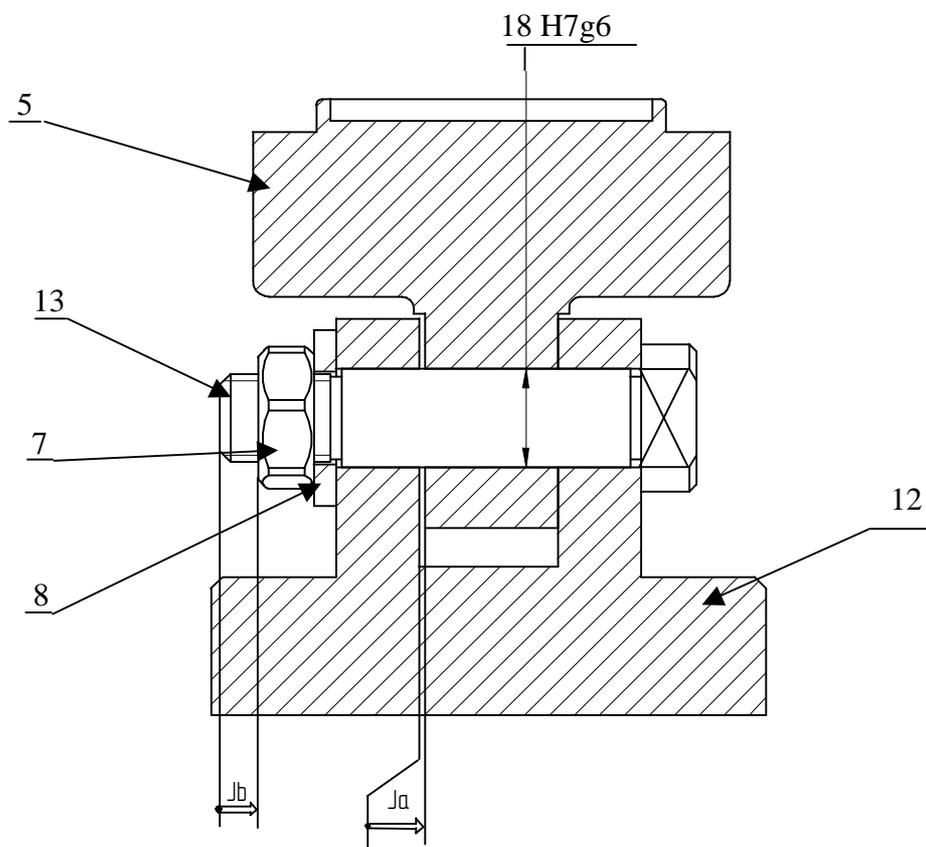
--	--	--	--	--

**Partie F :**

**Réponse F1.1 :**

Tige de vérin 1:	42 Cr Mo S4 :	Acier avec 0,42 % de carbone, 1% de Chrome , des traces de Molybdène et de soufre. Acier pour trempe et revenu.
Flasque arrière 5 :	S235 :	Acier d'usage général dont la limite élastique est de 235 N/mm <sup>2</sup>
Tube 2:	12 Ni 14 :	Acier avec 0,12% de carbone et 3,5% de Nickel.

**Réponse F1.2 :**



**Justification :**

- **Jeu Ja :** Le jeu axial est nécessaire pour la réalisation de la liaison pivot.
- **Jeu Jb :** Ce jeu représente la réserve de filetage

--	--	--	--	--

Réponse F2 : Montage du vérin et conception du flasque avant :

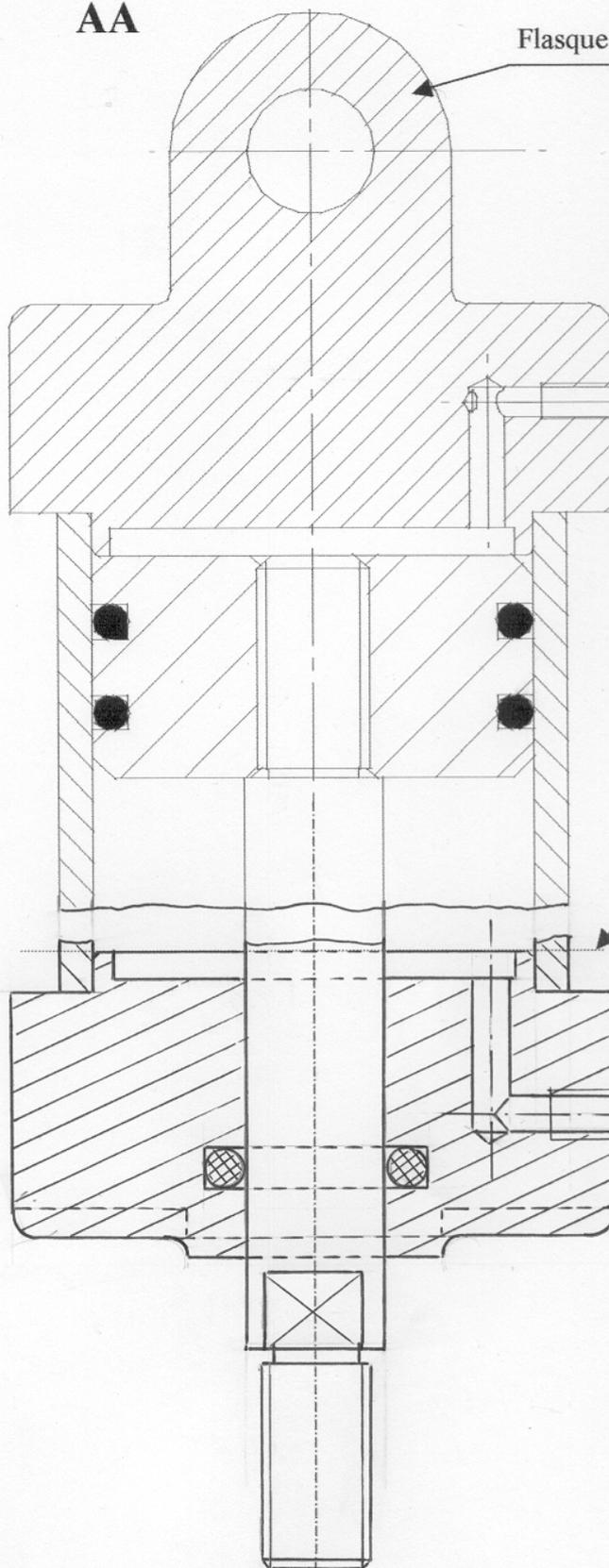
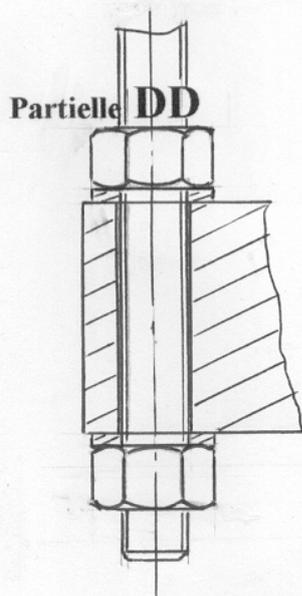
Echelle 1:1

AA

Flasque arrière 5

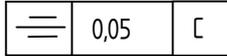
Face arrière  
du flasque 6

Partielle DD



--	--	--	--	--

Réponse F3.1 : Signification de

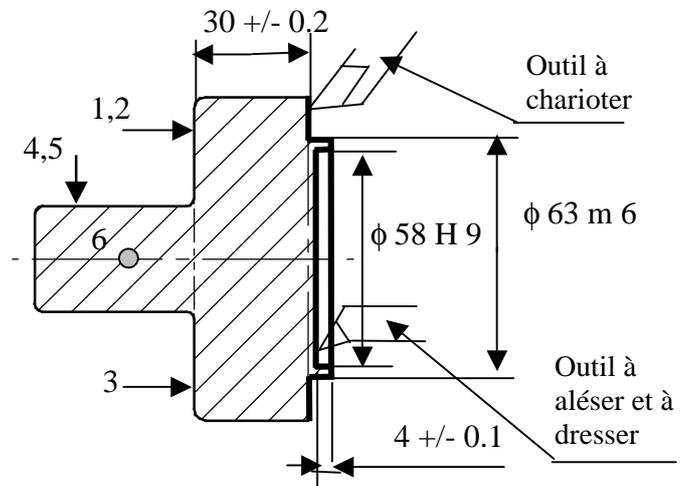
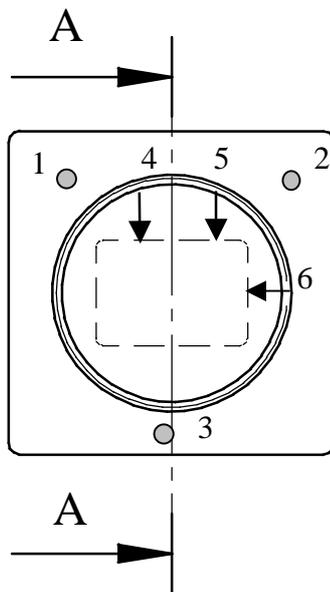


Tolérance de symétrie pas rapport au cylindre C.

L'axe de symétrie des deux surfaces usinées doit se situer entre deux plans distants de 0,05 centré sur l'axe du cylindre C.

Réponse F3.2 : Tournage

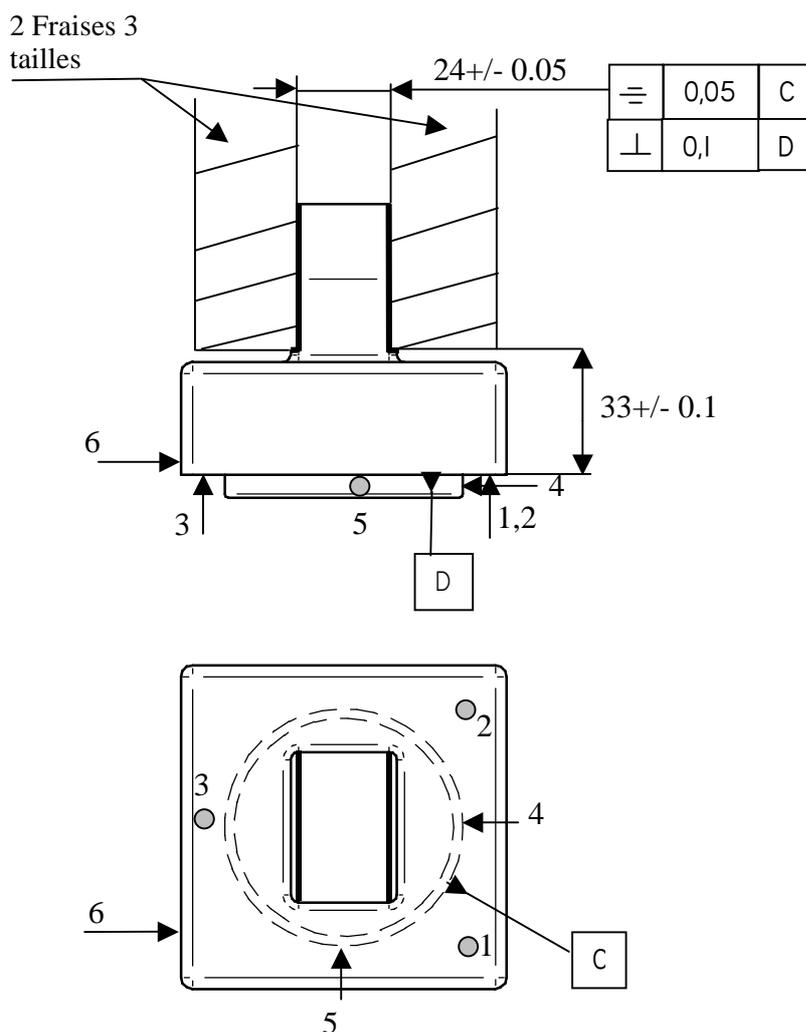
Machine outil : Tour Parallèle avec montage d'usinage



--	--	--	--	--

**Réponse F3.3 : Fraisage**

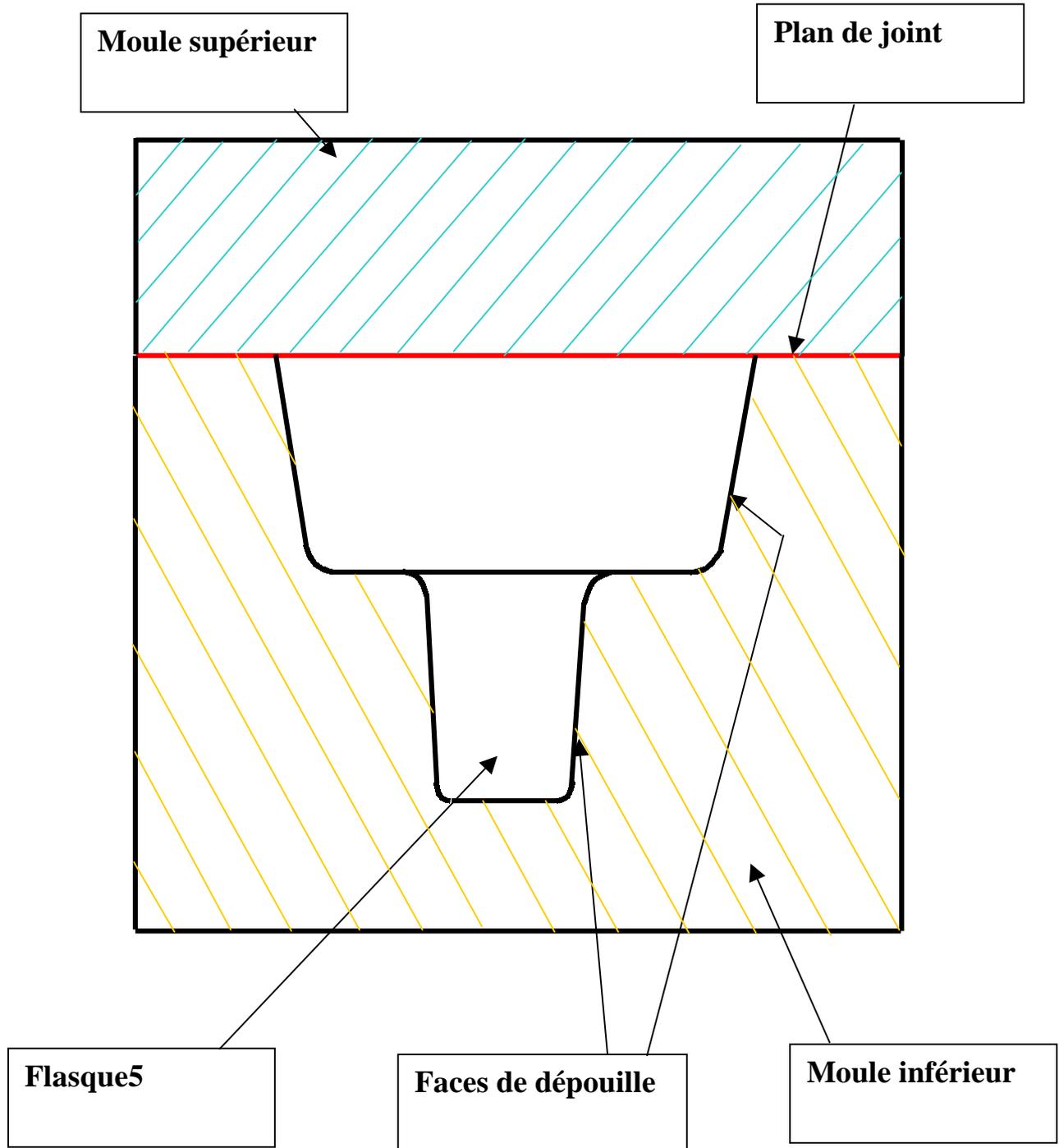
Machine outil : Fraiseuse avec montage d'usinage.



Code candidat :

--	--	--	--	--

Réponse F3.4 : Dessin à main levé du brut du flasque arrière 5 et de son moule.



--	--	--	--	--