

SESSION DE 1997

CAPET

Concours externe

Section : Génie Mécanique

Options : CONSTRUCTION
PRODUCTIQUE
MAINTENANCE DES VÉHICULES, MACHINES AGRICOLES,
ENGINS DE CHANTIER

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6heures

MACHINES DE DÉCOUPAGE LASER

COMPOSITION DU SUJET :

Texte du sujet (pages de 1 à 19)

En annexe :

- document 1 : machine de découpage laser : schéma ;
- document 2 : machine de découpage laser « Axe X » ;
- document - réponse 1 (anonymat, 2 ex.) : tableau de résultats (page 20) ;
- document - réponse 2 (anonymat, 2 ex.) : schéma de l'écrou flottant (page 21).

Recommandations :

- Tout paramètre supplémentaire introduit par le candidat et nécessaire à la résolution sera clairement défini.
- Le sujet comporte un grand nombre de questions conduisant à des réponses courtes, ne nécessitant aucun développement mathématique important.
- Les différentes parties décrites ci-dessus sont indépendantes.
Il est néanmoins conseillé de les traiter dans l'ordre proposé.
- Toute question, pour être prise en compte au moment de la correction, devra être clairement identifiée à l'aide de son numéro et son résultat devra être encadré.

Table de matières :

Description du support d'étude.	<i>page 1</i>
Découpage laser (conditions de coupe).	<i>page 2</i>
Identification des problèmes techniques.	<i>page 2</i>

1. PREMIERE PARTIE DE L'ETUDE : Analyse structurelle du système.

1.1 Etude du modèle.	<i>page 3</i>
1.2 Validation du modèle proposé	<i>page 4</i>

2. DEUXIEME PARTIE DE L'ETUDE : Etude du comportement des axes de la table porte - pièce.

2.1 Etude de la version de base (document 2).	<i>page 5</i>
2.2 Premier aménagement de la version de base.	<i>page 12</i>
2.3 Deuxième aménagement de la version de base.	<i>page 13</i>
2.4 Troisième aménagement de la version de base.	<i>page 16</i>

Barème :

- La première partie représente environ 15% de la note totale.
- La deuxième représente 85% (40% pour le 2.1 et 45% pour le reste).

MACHINE DE DECOUPAGE LASER

Description du support d'étude.

Le laser est aujourd'hui utilisé dans l'industrie au travers de nombreuses applications :

marquage, soudage, traitements thermiques, découpage .

L'apparition de nouveaux matériaux (matières plastiques, fibres synthétiques, carbure, céramique, silicium,..) ainsi que les progrès au niveau de l'informatique industrielle (optimisation du réglage de la puissance du laser, commande d'axe) ont accéléré la recherche et le développement de cette technologie.

La machine étudiée ici permet la réalisation par découpage LASER d'éléments de carrosserie chez un constructeur de poids lourds.

Cette machine est un robot 5 axes de découpe volumique.

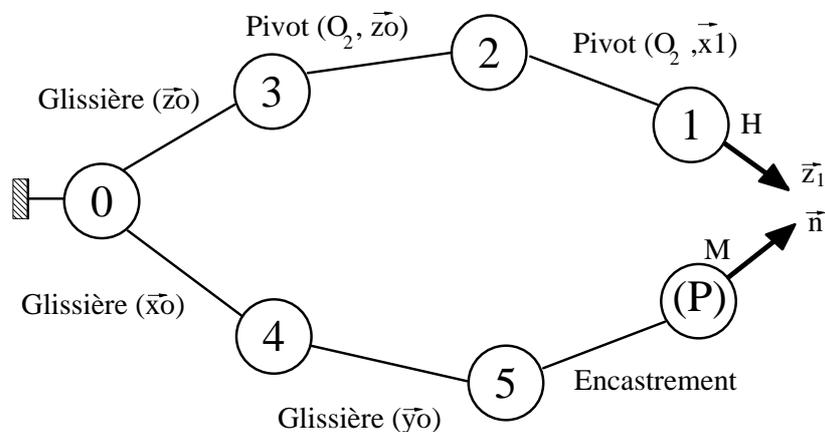
Son architecture est présentée sur le schéma document 1 et sur le graphe de structure ci-dessous.

Deux translations suivant \vec{x}_0 et \vec{y}_0 ont lieu au niveau des tables 4 et 5 à mouvements croisés.

La tête de coupe 1+2+3 peut se translater suivant \vec{z}_0 par rapport au bâti de la machine.

Cette tête permet à la buse 1 dirigeant le faisceau de s'orienter en rotation autour des axes \vec{z}_0 et \vec{x}_1

La pièce (P) à découper est liée complètement à la table supérieure 5.



\vec{n} est la normale à la surface de la pièce au point M.

Ces différents axes sont pilotés par des moteurs à courant continu équipés de codeurs incrémentaux.

La transmission du mouvement est assurée par des engrenages à rattrapage de jeu.

Le faisceau laser est acheminé par l'intermédiaire de miroirs jusqu'à la buse où il est focalisé à l'aide de lentilles .

Le refroidissement de la tête est réalisé par l'intermédiaire d'un circuit d'air .

L'étude suivante se situe dans la phase de prédétermination des solutions constructives de certains éléments d'une machine de découpe laser.

Découpage laser (conditions de coupe).

La technologie de la découpe laser est très complexe et les paramètres de réglage de la machine sont nombreux.

Pour que la coupe se réalise convenablement, il est essentiel que :

- le faisceau soit orienté suivant la normale au point considéré M de la surface de la pièce à découper.
- le point de focalisation du faisceau laser coïncide avec le point de découpe visé de la pièce.

Identification des problèmes techniques principaux posés par le système.

Ils sont de deux ordres;

Problème technique n°1

Maîtrise de l'orientation du faisceau laser.
Maîtrise de la coïncidence de son point de focalisation avec le point de découpe visé sur la pièce.

Ce problème concerne l'architecture même du système.

Problème technique n°2

Exigence quant à la précision et à la fiabilité de l'ensemble.

Ce problème est lié directement au comportement des différents composants et sous-ensembles.

1. PREMIERE PARTIE DE L'ETUDE

Analyse structurelle du système.

Cette partie concerne le problème technique numéro 1.

Objectif de l'étude:

Caractériser la structure de la machine.

1.1 Etude du modèle (document 1)

Soit $Ro(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère lié au bâti de la machine.

On pose $\vec{O_5M} = x_M \vec{x}_0 + y_M \vec{y}_0 + z_M \vec{z}_0$ $\vec{n} = n_x \vec{x}_0 + n_y \vec{y}_0 + n_z \vec{z}_0$
 $O_1O_2 = L_2$; $O_1H = L_1$;

Le faisceau Laser est orienté suivant \vec{z}_1 par la buse de la machine, H en est son point de focalisation.

La normale à la surface de la pièce au point M considéré est notée \vec{n} .

Il s'agit de traduire ci-dessous, à partir des conditions de coupe, les fermetures

géométriques : angulaire $\vec{n} = \vec{z}_1$ et linéaire $\vec{O_0M} = \vec{O_0H}$ du mécanisme, définies par le graphe de structure précédent.

Question 1

Ecrire la condition géométrique ($\vec{n} = \vec{z}_1$) qui traduit la maîtrise de l'orientation du faisceau laser pendant la coupe.

Ecrire, en projection dans Ro , les relations qui en découlent.

Question 2

Exprimer θ_{x1} et θ_z en fonction de n_x, n_y et n_z

Ces équations seront notées respectivement 1 et 2.

Question 3

Ecrire la condition géométrique ($\vec{O_0M} = \vec{O_0H}$) qui traduit la coïncidence du point H de focalisation du faisceau avec le point M de découpe visé de la pièce.

Ecrire, en projection dans Ro , les relations qui en découlent.

Question 4

Exprimer λ_x, λ_y et λ_z en fonction de $x_M, y_M, z_M, n_x, n_y, n_z, \theta_{x1}, \theta_z, L_1$ et L_2 .

Ces équations seront notées respectivement : 3, 4 et 5.

1.2 Validation du modèle proposé.

L'architecture du système à valider est constituée de cinq axes.

Question 5

A partir du système d'équations 1 à 5 précédentes, conclure sur les capacités de la machine à respecter les conditions de coupe.

Question 6

A partir du système d'équations 1 à 5 précédentes, vérifier que, si on élimine une mobilité dans une liaison, l'on ne peut plus respecter les conditions de coupe quelle que soit la position du point M dans l'espace et la normale associée.
Justifier que le mécanisme schématisé sur le document 1 est dans une configuration minimale.

2. DEUXIEME PARTIE DE L'ETUDE

Etude du comportement des axes de la table porte-pièce.

Cette partie concerne le problème technique numéro 2 :
Exigence quant à la précision et à la fiabilité de l'ensemble.

*L'architecture de la table est à mouvements croisés.
On se limitera ici à l'étude d'un seul de ces axes.*

Objectif de l'étude:

Evaluer des solutions technologiques industrielles pouvant être utilisées dans le guidage en translation des tables de cette machine.

Plan de l'étude:

Le travail porte en premier lieu sur une réalisation de base de l'axe puis sur d'autres versions résultant d'aménagements successifs de cette version initiale.

Ces aménagements seront analysés à partir des critères suivants :

- iso-hyperstaticité;*
- rigidité axiale de la vis , précision associée;*
- risque de flambage.*

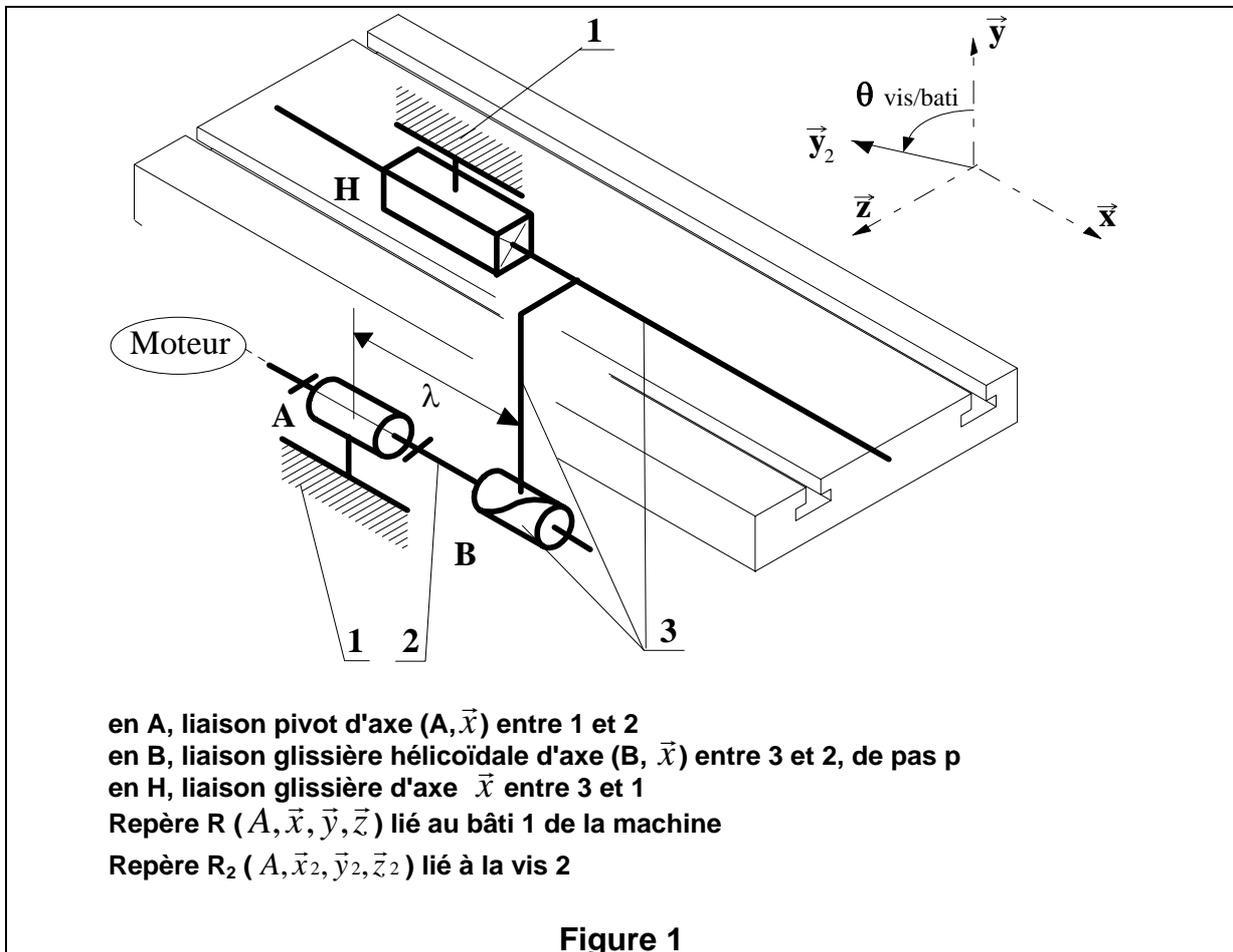
Tableau récapitulatif des résultats:

*Pour chaque solution étudiée, **les résultats seront consignés dans le tableau Document réponse 1.** Des résultats y sont déjà portés. **Le candidat devra compléter ce document avec ses résultats au fur et à mesure de l'étude portant sur les trois autres versions.***

Remarque: *Pour simplifier les notations, la numérotation des pièces est différente de celle du document 1.*

2.1 Etude de la version de base (document 2)

On donne ci-dessous une modélisation de cette version de base représentée sur la figure a du document 2 .



2.11 Etude d'iso-hyperstaticité - Conséquences:

On notera le torseur représentatif de l'action mécanique du solide i sur le solide j, de centre géométrique de liaison P, réduit au point M:

$$\{F_{i/j}\}_M = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{i/j} = X_P \vec{x} + Y_P \vec{y} + Z_P \vec{z} \\ \vec{M}_{(M) i/j} = L_P \vec{x} + M_P \vec{y} + N_P \vec{z} \end{array} \right\}_M$$

2.111 Iso-hyperstaticité

Hypothèses:

- Les solides sont supposés indéformables ;
- Les liaisons sont supposées sans jeux;
- Les surfaces de contact sont supposées géométriquement parfaites.

Question 7

Pour cette modélisation du mécanisme, conduire une étude statique et vérifier le degré d'hyperstaticité inscrit dans le tableau de résultats du document réponse 1.

Question 8

Quelles sont les composantes de l'action de liaison en B qu'il serait nécessaire d'annuler pour rendre le système isostatique.

Quelles sont les conditions géométriques à imposer sur les axes des liaisons pour permettre un fonctionnement correct du mécanisme. Aucune valeur numérique n'est attendue.

2.112 Influence des défauts géométriques :

Le modèle retenu pour cette étude est celui représenté figure 2.

Une position incorrecte de l'écrou 3 impose, en général, une déformation de la vis.

Hypothèses:

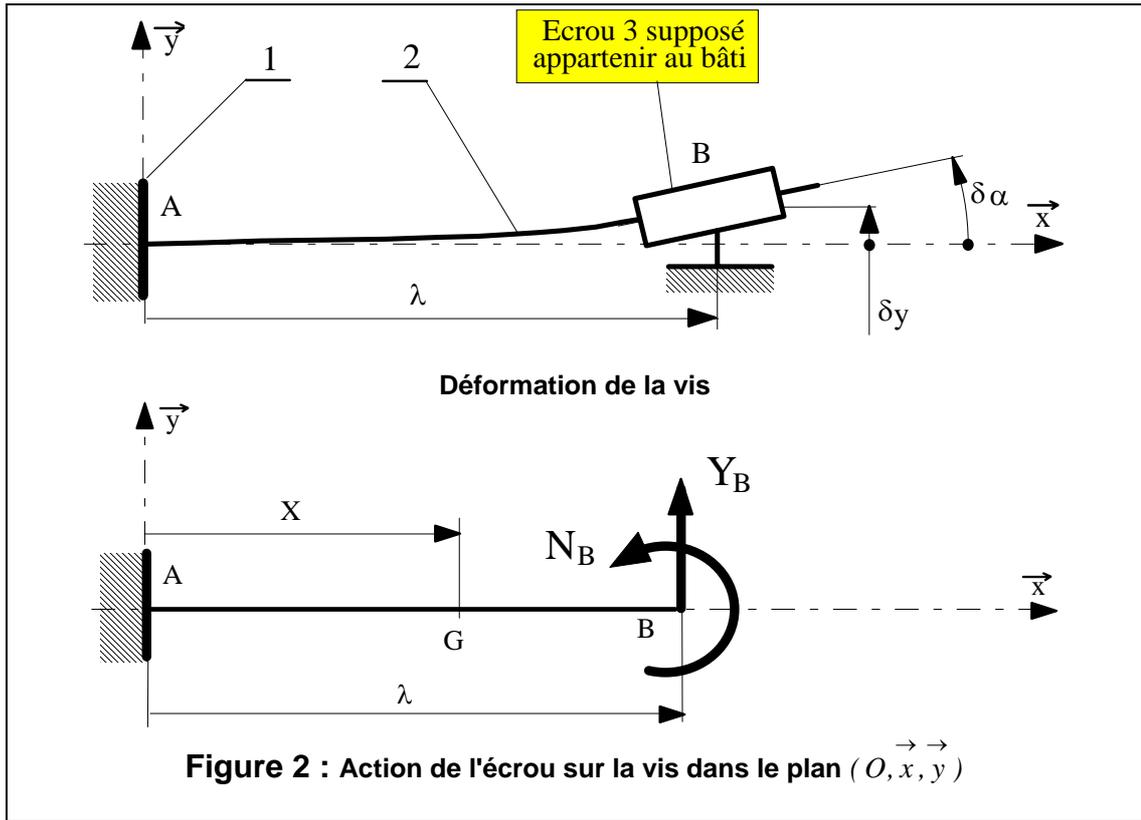
- Les conditions géométriques déterminées ci-dessus ne sont pas respectées et notamment l'axe de l'écrou est décalé par rapport à celui de la vis.
- La déformation de la vis est supposée plane (voir la figure 2).
Les défauts sont représentés par $\delta\vec{y} = \delta y \vec{y}$ et $\delta\vec{\alpha} = \delta\alpha \vec{z}$;
- On suppose le problème plan du point de vue de la statique.
- La liaison en A entre la vis 2 et le bâti 1 est modélisée par une liaison encastrement et la liaison en B par une liaison glissière entre la vis 2 et l'écrou 3 supposé appartenir ici au bâti 1.
- l'action de l'écrou sur la vis est donc de la forme:

$$\{F_{3/2}\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{3/2} = Y_B \vec{y} \\ \vec{M}_{(B)3/2} = N_B \vec{z} \end{array} \right\}_B$$

- On suppose que la vis n'est sollicitée qu'en flexion plane simple.

Données :

- E : module d'élasticité longitudinal, E = 200000 MPa;
- I_{GZ} : moment quadratique de la section de la vis par rapport à l'axe (G,z),
 $I_{GZ} = 40000 \text{ mm}^4$;
- $\lambda_{\text{maxi}} = 2800 \text{ mm}$, $\lambda_{\text{mini}} = 300 \text{ mm}$;
- $\delta\alpha = \pm 0,05^\circ$ et $\delta y = \pm 0,005 \text{ mm}$.



Question 9

Déterminer, sans calculs complexes, le degré d'hyperstaticité de l'ensemble modélisé en figure 2.

Question 10

Ecrire l'équation de la déformée de la vis : $y = f(x, \lambda, E, I_{GZ}, N_B, Y_B)$.

Question 11

Donner l'expression des composantes Y_B et N_B des actions dans la liaison en B en fonction des défauts δy et $\delta \alpha$ et de E , λ et I_{GZ} .

Question 12

Indiquer, sans calculs, quelles sont les valeurs de λ , δy et $\delta \alpha$ qui conduisent à Y_B et N_B maxi en valeur absolue.

Question 13

Réaliser l'application numérique dans les conditions ci-dessus.

2.12 Rigidité axiale de la vis, précision associée.

2.121 Influence des effets dynamiques. (figure 1)

Hypothèses :

- la géométrie du mécanisme est supposée telle que $Y_B = Z_B = M_B = N_B = 0$, dans ces conditions le torseur d'action de l'écrou sur la vis s'écrit:

$$\{F_{3/2}\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{3/2} = X_B \vec{x} \\ \vec{M}_{(B)3/2} = L_B \vec{x} \end{array} \right\}_B$$

- les liaisons sont parfaites;
- les poids des pièces sont négligés (sauf celui de l'ensemble table et pièce à découper) devant les autres actions mécaniques;
- les efforts de coupe sont négligés devant les autres actions mécaniques;
- l'action mécanique du moteur sur la vis 2 est supposée réduite à un couple C_m porté par l'axe de rotation (A, \vec{x}) .
- le repère $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est lié à 1 et supposé galiléen.

Données :

- M : masse totale de la table 3 et de la pièce P, $M = 300$ kg;
- p : pas du système vis écrou (à droite), $p = 10$ mm;
- C_m : couple exercé par le moteur sur la vis 2, $C_m = 8$ Nm;
- I_2 : moment d'inertie de la vis 2 par rapport à l'axe (A, \vec{x}) , $I_2 = 0.0018$ kgm²

Notations

- θ : caractérise la position angulaire de la vis 2 par rapport au bâti 1 (figure 1);
- λ : caractérise la position de l'ensemble écrou et table 3 par rapport au bâti 1;
- $V_3 = \lambda'$: valeur algébrique de la vitesse de l'ensemble 3 par rapport au bâti 1;
- $\Gamma_3 = \lambda''$: valeur algébrique de l'accélération de l'ensemble 3 par rapport au bâti;
- $\theta' = \omega$: valeur algébrique de la vitesse angulaire de la vis 2 par rapport à 1;
- θ'' : valeur algébrique de l'accélération angulaire de la vis 2 par rapport à 1;

Question 14

Déterminer de façon littérale l'expression de θ'' en fonction de C_m , I_2 , M , p en appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble (2,3).

Question 15

En appliquant le principe fondamental de la dynamique à la pièce 3, déterminer de façon littérale l'expression de l'effort axial exercé par l'écrou sur la vis : X_B en fonction de θ'' , M et p .

Question 16

Déduire alors l'expression littérale donnant l'effort axial exercé par l'écrou sur la vis : X_B en fonction de C_m , I_2 , M et p .

Question 17

Déterminer de façon littérale l'expression de la composante L_B en fonction de C_m , I_2 , M et p .

Question 18

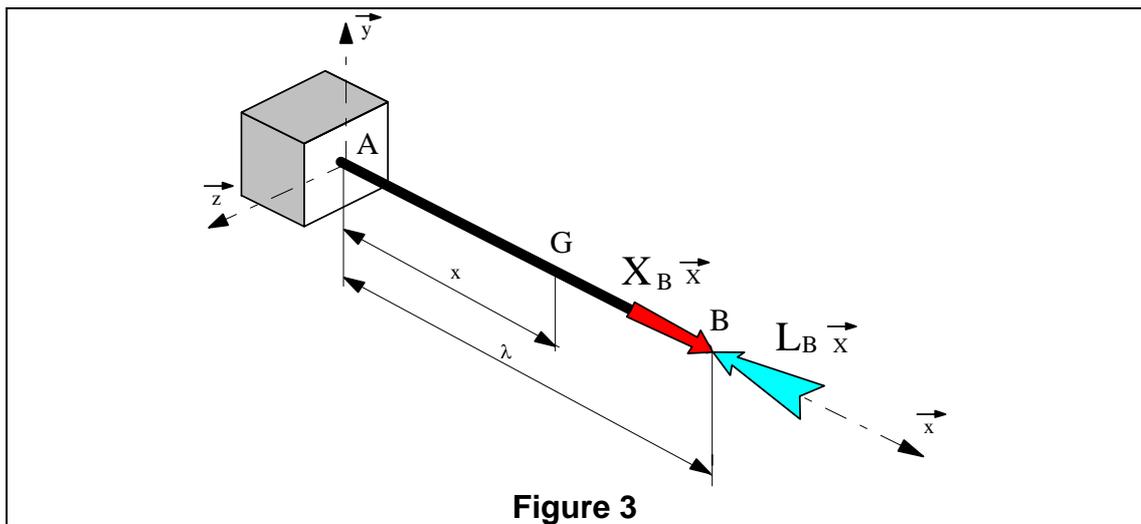
Ecrire alors de façon littérale le torseur représentant les actions mécaniques de l'écrou sur la vis en fonction de C_m , I_2 , M , p au centre B de la liaison.

Question 19

Réaliser l'application numérique : donner numériquement les valeurs des composantes X_B et L_B .

2.122 Sollicitations dans la vis:

La vis est modélisée par une poutre de section circulaire constante S et de moment quadratique polaire I_0 . Elle est encastée en A avec le bâti.



Question 20

Ecrire de façon littérale, dans ces conditions, le torseur de cohésion (ou torseur des efforts intérieurs) dans une section droite de la vis de centre G .

Question 21

Indiquer les sollicitations auxquelles la vis est soumise.

2.123 Effets sur la précision de la position axiale de la table :

Question 22

Ecrire de façon littérale l'erreur axiale de position de la table due au déplacement induit par chaque sollicitation déterminée ci-dessus.

On notera $U_1(\lambda)$ le déplacement de l'écrou du à la sollicitation de traction compression dans la vis, $U_2(\lambda)$ le déplacement de l'écrou du à la seconde sollicitation dans la vis.

Question 23

Donner l'allure de la courbe représentant le déplacement $U_1(\lambda)$, noter sur cette courbe les valeurs caractéristiques littérales.

Question 24

Donner la valeur numérique de $U_1(\lambda)$ et de $U_2(\lambda)$ lorsque :

$L = \lambda \text{ maxi} = 2800 \text{ mm}$, $X_B = 1500 \text{ N}$, $L_B = -2,5 \text{ Nm}$, $p = 10 \text{ mm}$, G : module d'élasticité transversal = 80000 MPa , $E = 200000 \text{ MPa}$, D : diamètre sollicité de la vis = 30 mm .

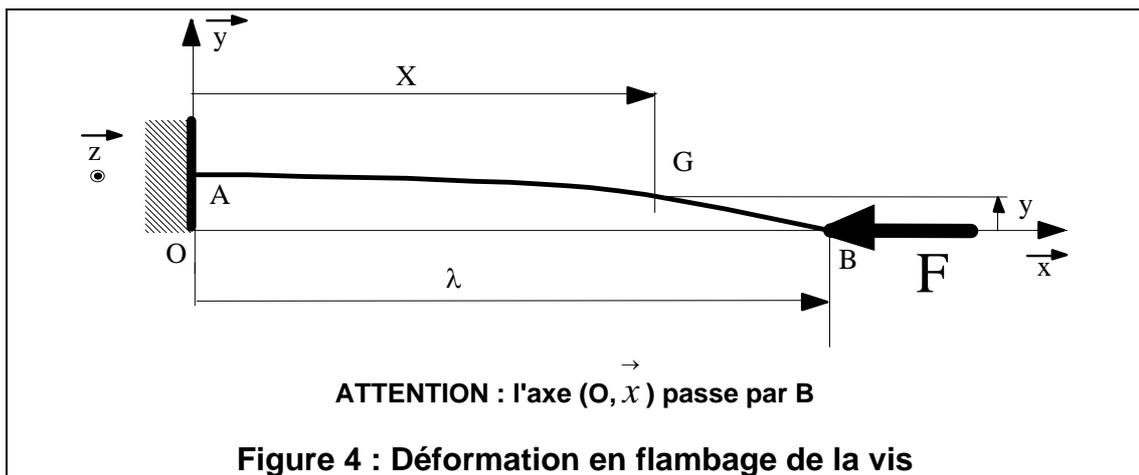
Comparer ces valeurs.

Conclure.

2.13 Risque de flambage dans la vis:

La vis est modélisée par une poutre encastree en A avec le bâti et soumise à de la compression pouvant générer du flambage.

Cette sollicitation peut engendrer une dégradation rapide de celle-ci.



Hypothèses :

- le poids des pièces est négligé devant les autres actions mécaniques;
- la déformation de la vis a lieu dans le plan (A, \vec{x}, \vec{y}) ;
- l'élanement de la poutre est grand : sa longueur est importante devant ses dimensions transversales;

Données :

- E : module de Young, E = 200000 MPa;
- I_{GZ} : moment quadratique par rapport à l'axe (G, \vec{z}) de la section circulaire de la vis de diamètre 30 mm;
- $\vec{F} = -F\vec{x}$ avec $F = |X_B| = 1500$ N : effort axial exercé par l'écrou sur la vis;
- λ : longueur sollicitée de la vis , $\lambda_{\text{maxi}} = L = 2800$ mm;
- Ss : coefficient de sécurité souhaité : $S_s \geq 5$.

Notation : On notera y le déplacement supposé vertical du point G centre de gravité d'une section droite d'abscisse x de la poutre et respectivement :

$$y'(x) = \frac{dy}{dx} \quad y''(x) = \frac{d^2y}{dx^2} \quad \text{les dérivées premières et secondes de y par rapport à x.}$$

Question 25

Déterminer le moment fléchissant en projection sur \vec{z} dans une section courante de la poutre de centre de gravité G.

Question 26

Montrer que l'équation de la déformée s'écrit sous la forme $y''(x) + k^2 y(x) = 0$
Déterminer alors k en fonction de F, E, I_{GZ} .

Question 27

RAPPEL : L'équation différentielle $y''(x) + k^2 y(x) = 0$ a sa solution sous la forme :
 $y(x) = A \cos(kx) + B \sin(kx)$.

Après avoir écrit les conditions aux limites relatives à la déformée, déterminer la constante B et montrer qu'il ne peut y avoir flambage que si $k = \frac{\pi}{2\lambda} + \frac{C\pi}{\lambda}$ avec C : constante entière.

Question 28

Dans le cas où C= 0, déterminer l'expression de F en fonction de E, I_{GZ} et λ que l'on notera F_c charge critique d'Euler : charge axiale au dessus de laquelle le risque de flambage est certain

Donner la valeur numérique de F_c lorsque λ prend sa valeur maxi.

Question 29

Calculer numériquement le coefficient de sécurité réel $S_r = \frac{F_c}{X_B}$ pour une valeur de l'effort axial $X_B = 1500$ N généré par les effets dynamiques , le comparer au coefficient de sécurité souhaité s_s et conclure sur le risque de flambage dans ce cas.

Question 30

Ce résultat est basé sur l'hypothèse d'un moment fléchissant porté par \vec{z} .
Le risque de flambage est-il différent si le moment fléchissant a une direction quelconque dans le plan (O, \vec{y}, \vec{z}) ?

2.2 Premier aménagement de la version de base. Montage d'un écrou flottant.

L'adjonction d'un écrou flottant à la version de base peut se faire suivant la solution décrite sur le document 2, figure b.

Cet aménagement permet de modifier le degré d'hyperstaticité de l'ensemble.

Question 31

Modéliser sous forme d'un schéma tridimensionnel, l'écrou flottant situé entre la vis 2 et la table 4 (voir le document 2, figure b) en complétant le document réponse 2.

Question 32

Déterminer, sans calculs complexes, le degré d'hyperstaticité de l'ensemble complet modélisé sur le document réponse 2.

Question 33

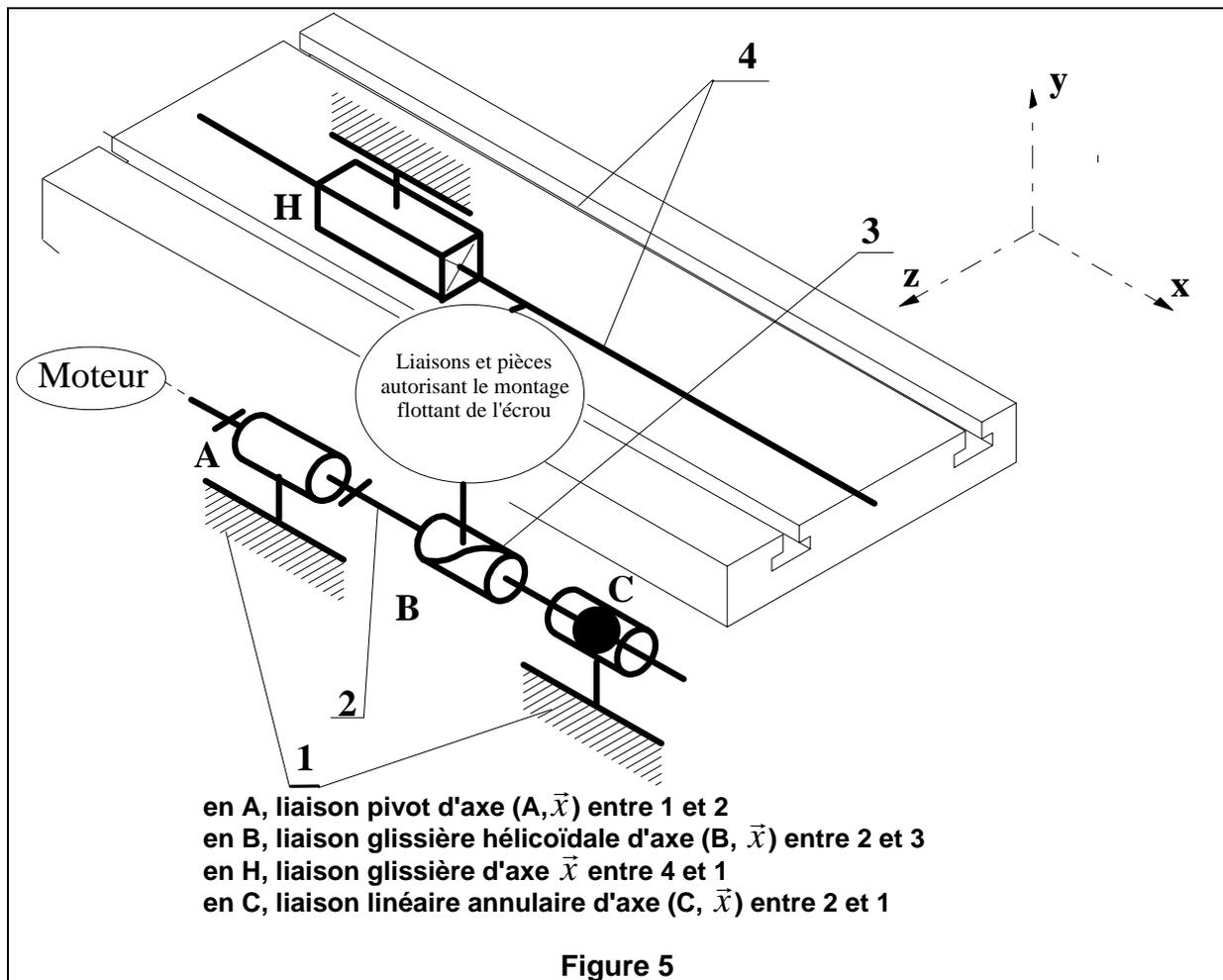
Evaluation de ce premier aménagement:

Compléter le tableau de résultats (Document réponse 1) pour ce cas.

2.3 Deuxième aménagement de la version de base. (Document 2- Figure c)

**Écrou flottant en B et
Guidage en rotation de la vis réalisé par l'association
d'une liaison pivot en A et d'une liaison linéaire annulaire en C**

On donne ci-dessous une modélisation de ce deuxième aménagement.



Notation : Pour cet aménagement, la table est notée 4 et l'ensemble des pièces constituant l'écrou flottant est noté 3.

Hypothèses :

- les liaisons sont parfaites;
- les poids des pièces sont négligés devant les autres actions mécaniques;
- les efforts de coupe sont négligés;
- le montage de l'écrou est réalisé flottant alors $Y_B = Z_B = M_B = N_B = 0$
- tous les phénomènes dynamiques sont négligés;
- le système ne présente pas de défauts géométriques.

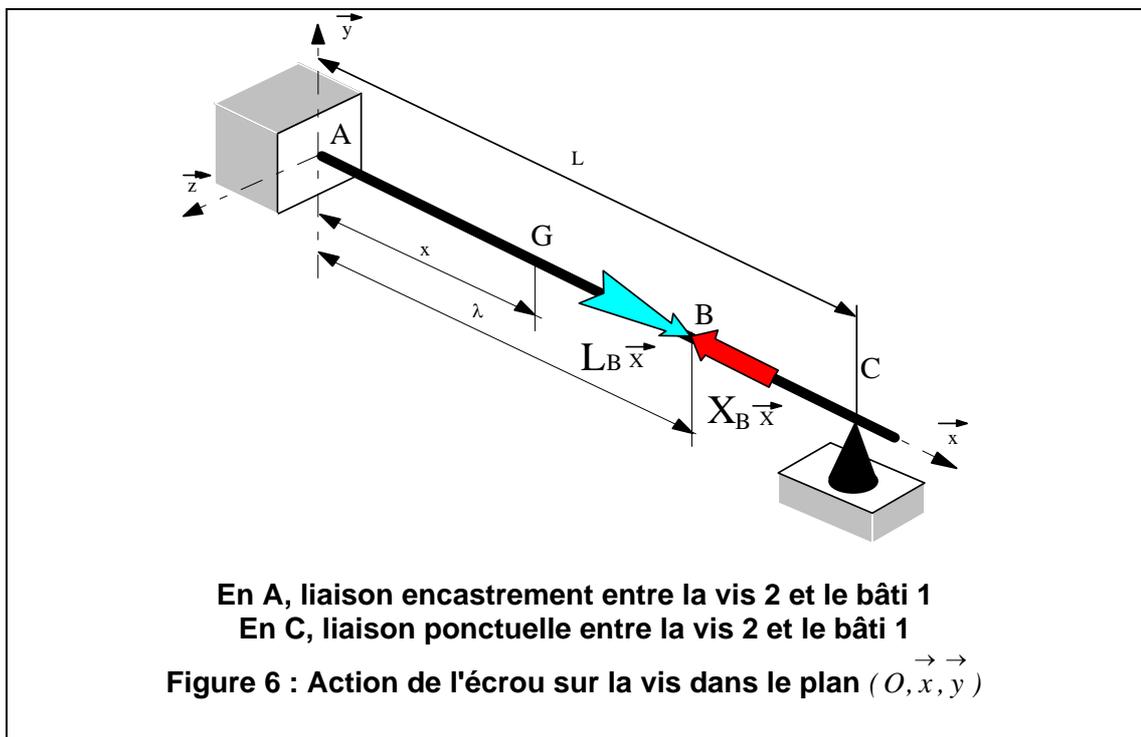
2.31 Modèle (figure 5 et document 2-figure c.)

Question 34

Justifier le modèle proposé sur la figure 5 pour les liaisons en A et C assurant le guidage en rotation de la vis par rapport au bâti en analysant la figure c du document 2.

Donner par une méthode de votre choix, sans calculs complexes, le degré d'hyperstaticité de l'ensemble décrit en figure 5.

2.32 Comportement de la vis:



Hypothèses :

- les conditions géométriques sont telles que les actions en C du bâti sur la vis sont nulles;
- on se place ici dans une situation où X_B est négatif.

Question 35

Dans ces conditions, déterminer, sans calculs supplémentaires, les sollicitations dans la vis.

Question 36

Décrire le comportement au flambage de la vis pour ce deuxième aménagement en justifiant le choix du modèle a, b, c ou d, pris dans le tableau de données ci-après. Déduire le coefficient m .

Question 37

Calculer le coefficient de sécurité réel et le comparer au coefficient de sécurité souhaité (avec $X_B = 1500 \text{ N}$).

Conclure sur le risque de flambage .

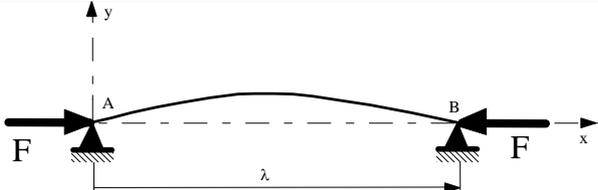
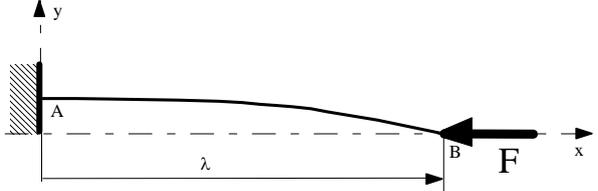
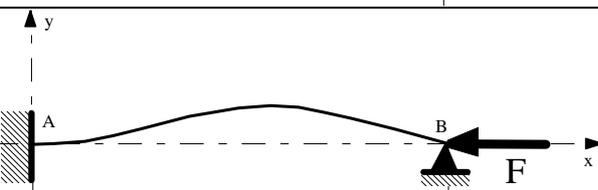
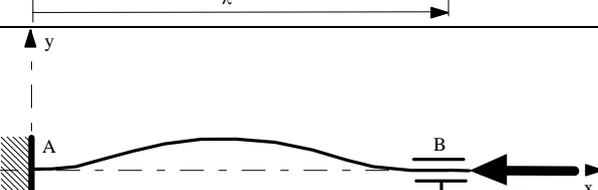
Conclure sur l'intérêt de la présence de la liaison linéaire annulaire en C.

La charge critique d'Euler est aussi fonction des liaisons de la poutre avec le bâti.

On montre que sa valeur est la suivante :
$$F_C = \frac{m\pi^2 EIG_z}{\lambda^2}$$

Les valeurs de m sont données dans le tableau ci-dessous .

Les liaisons décrites sont modélisées de façon plane.

CAS	CONDITIONS	SCHEMA PLAN	m
a	Poutre en appui ponctuel de normale \vec{y} en A et B avec le bâti		1
b	Poutre encastrée en A et libre à son autre extrémité en B		1/4
c	Poutre encastrée en A et en appui ponctuel en B de normale \vec{y} avec le bâti		2
d	Poutre encastrée en A et en glissière d'axe \vec{x} en B avec le bâti		4

Question 38

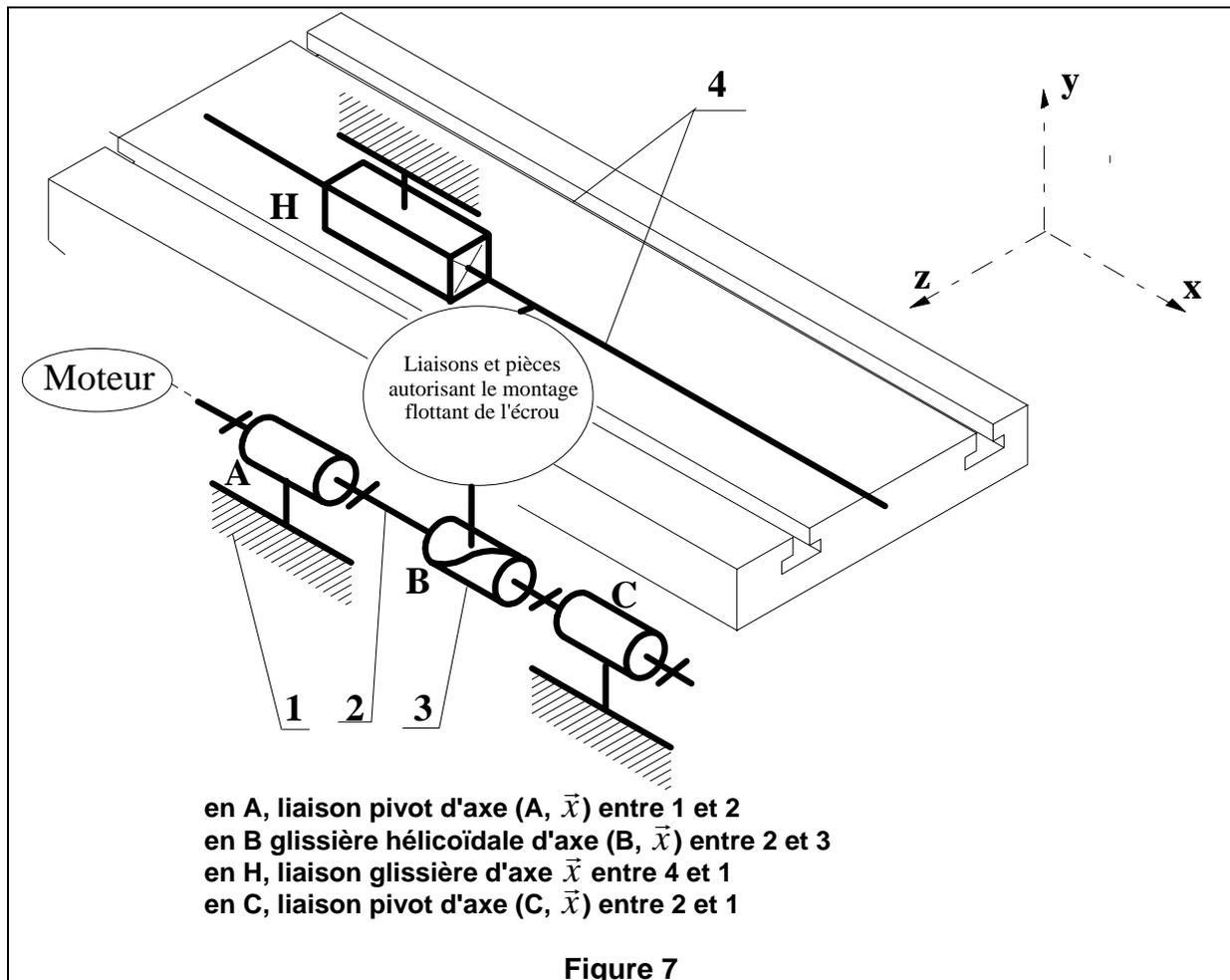
Evaluation de ce deuxième aménagement:

Compléter le tableau de résultats (Document réponse 1) pour ce cas.

2.4 Troisième aménagement de la version de base. (document 2-figure d.)

Ecrou flottant en B et
Guidage en rotation de la vis réalisé par l'association
d'une liaison pivot en A et d'une liaison pivot en C.

On donne ci-dessous une modélisation de ce troisième aménagement représenté sur le document 2, figure d.



Hypothèses :

- les liaisons sont parfaites;
- les poids des pièces sont négligés devant les autres actions mécaniques;
- les efforts de coupe sont négligés;
- le montage de l'écrou est réalisé flottant alors $Y_B = Z_B = M_B = N_B = 0$;
- tous les phénomènes dynamiques sont négligés;
- le système ne présente pas de défauts géométriques.

2.41 Modèle (figure 7 et document 2 - figure d.)

Question 39

Justifier le modèle proposé sur la figure 7 pour les liaisons en A et C assurant le guidage en rotation de la vis par rapport au bâti, en analysant la figure d du document2.

En déduire, sans calculs complexes, le degré d'hyperstaticité de l'ensemble décrit en figure 7.

2.42 Comportement de la vis:

Objectif de l'étude:

Analyse du déplacement de l'écrou du à la déformation axiale de la vis.
Influence d'une précontrainte axiale au montage.

2.421 Montage sans précontrainte (figure 8).

On modélise l'ensemble constitué de la vis et de ses liaisons avec le bâti comme suit:

La vis est constituée d'une plaque P fictive et de deux ressorts. Sa section supposée uniforme est notée S , son matériau est caractérisé par son module d'Young E .

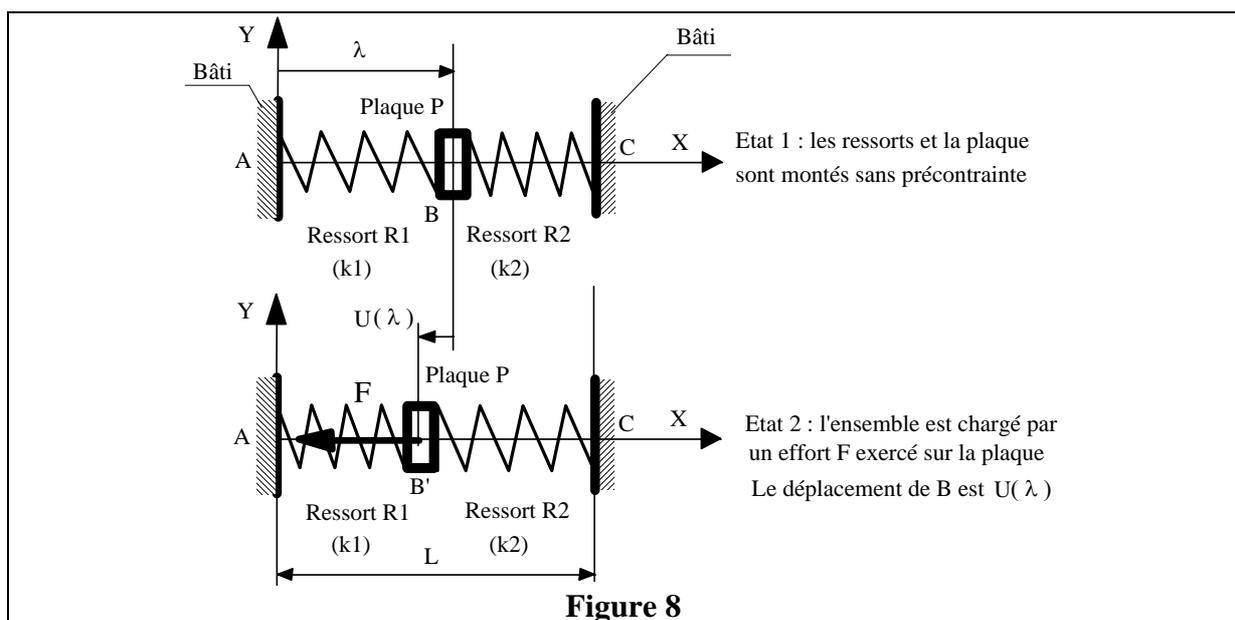
La plaque P matérialise la section droite de la vis en B.

La partie AB de la vis est modélisée par le ressort R1 de raideur k_1

La partie BC de la vis est modélisée par le ressort R2 de raideur k_2 .

Les ressorts sont des ressorts de traction et de compression, leurs extrémités sont toujours en appui sur le bâti.

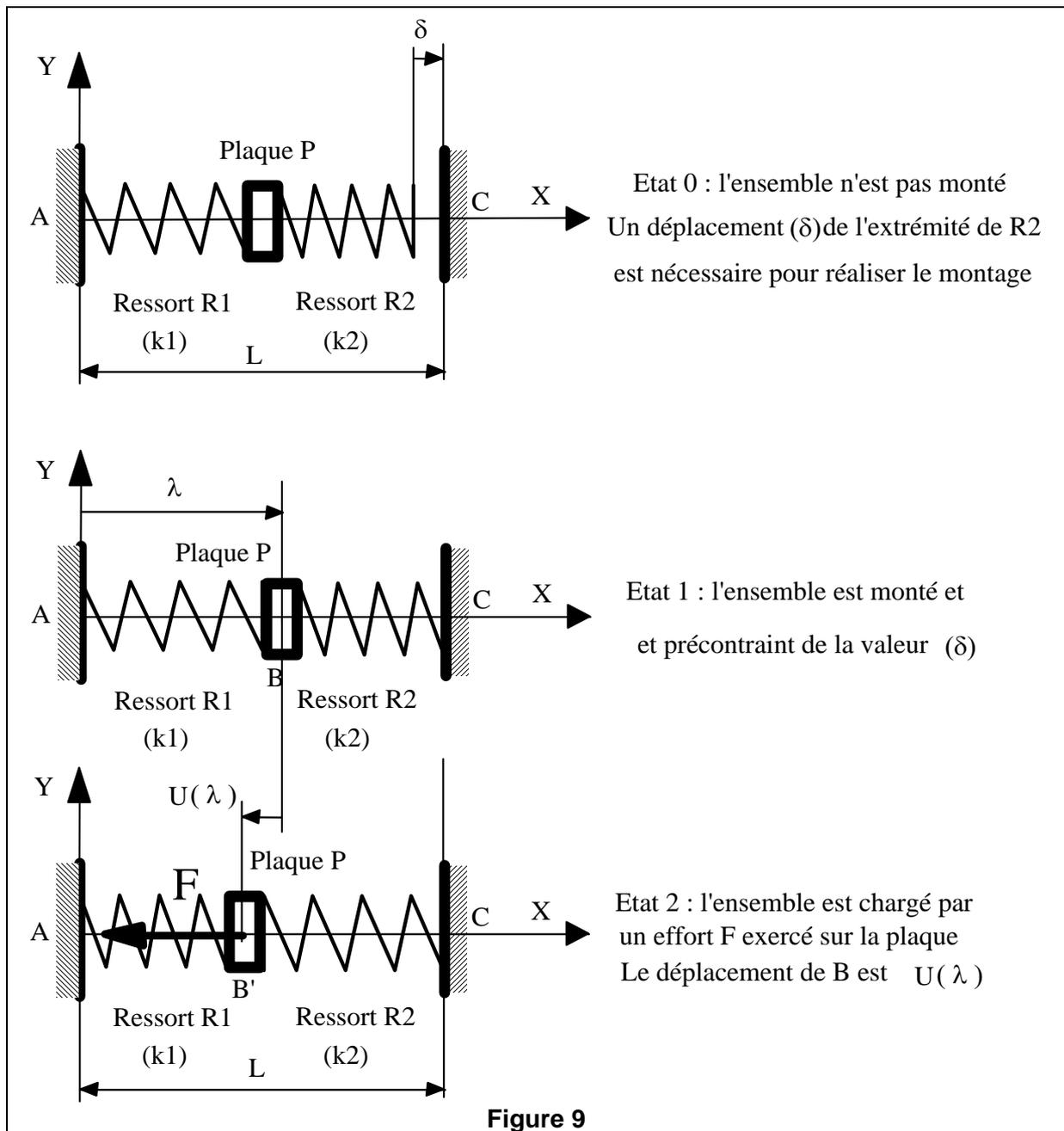
La distance $L = AC$ est fixe.



Question 40

- a) Traduire l'équilibre de la plaque P dans le cas de l'état 2 (figure 8).
- b) Ecrire l'expression du déplacement $U(\lambda)$ en fonction de (F, S, E, L) et λ .
- c) Donner l'allure de la courbe représentant $U(\lambda)$.
- d) Comparer l'allure et les extremums de cette courbe avec les caractéristiques de celle obtenue en question 23 et conclure.

2.422 Montage avec précontrainte (figure 9).



Question 41

Écrire, dans ce cas, le déplacement $U(\lambda)$ en fonction de F, S, E, L et λ .

La méthode (analytique ou graphique) est laissée au choix.

On supposera que la précontrainte est telle que, pour l'effort F donné, la partie de la vis modélisée par le ressort $R1$ est en permanence sollicitée en traction.

2.423 Influence de la précontrainte.

Question 42

En comparant les résultats obtenus en Question 40 et Question 41, déduire l'influence de la précontrainte de la vis sur le déplacement axial de l'écrou.

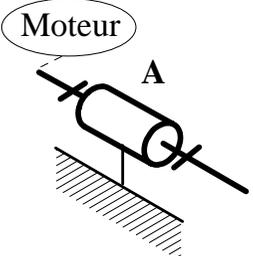
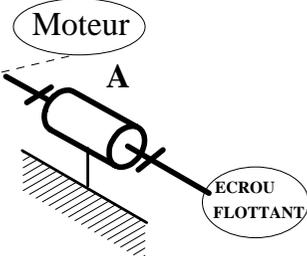
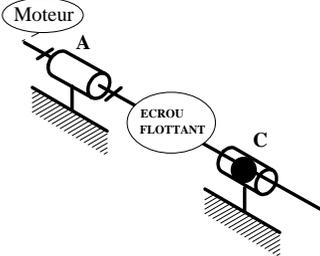
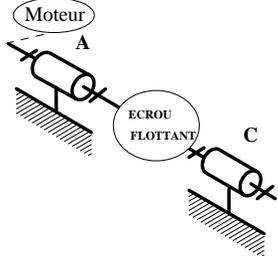
Donner alors, l'intérêt qu'il y a à précontraindre dans ce cas :

- sur le flambage.
- sur le comportement des roulements.

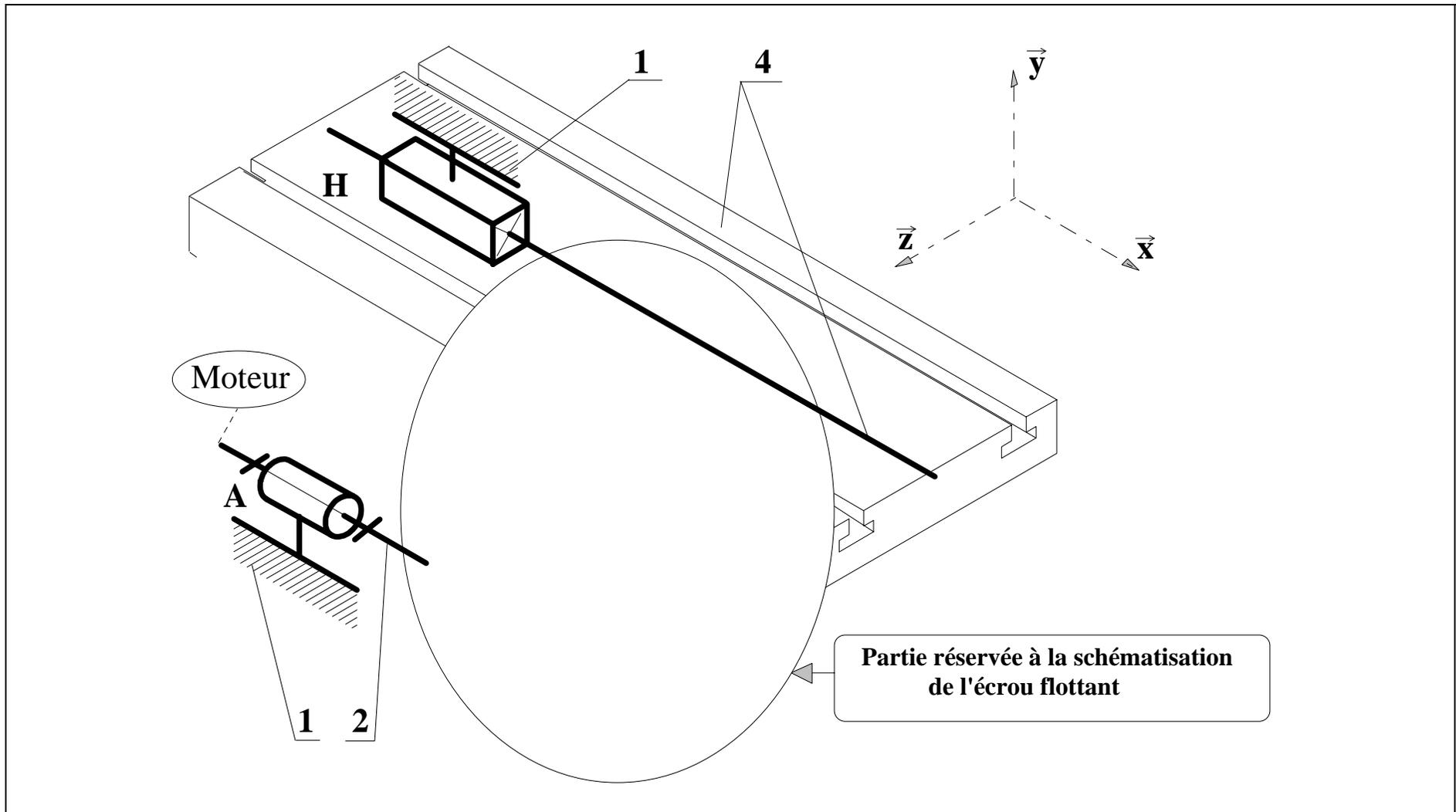
Question 43

Evaluation de ce troisième aménagement:

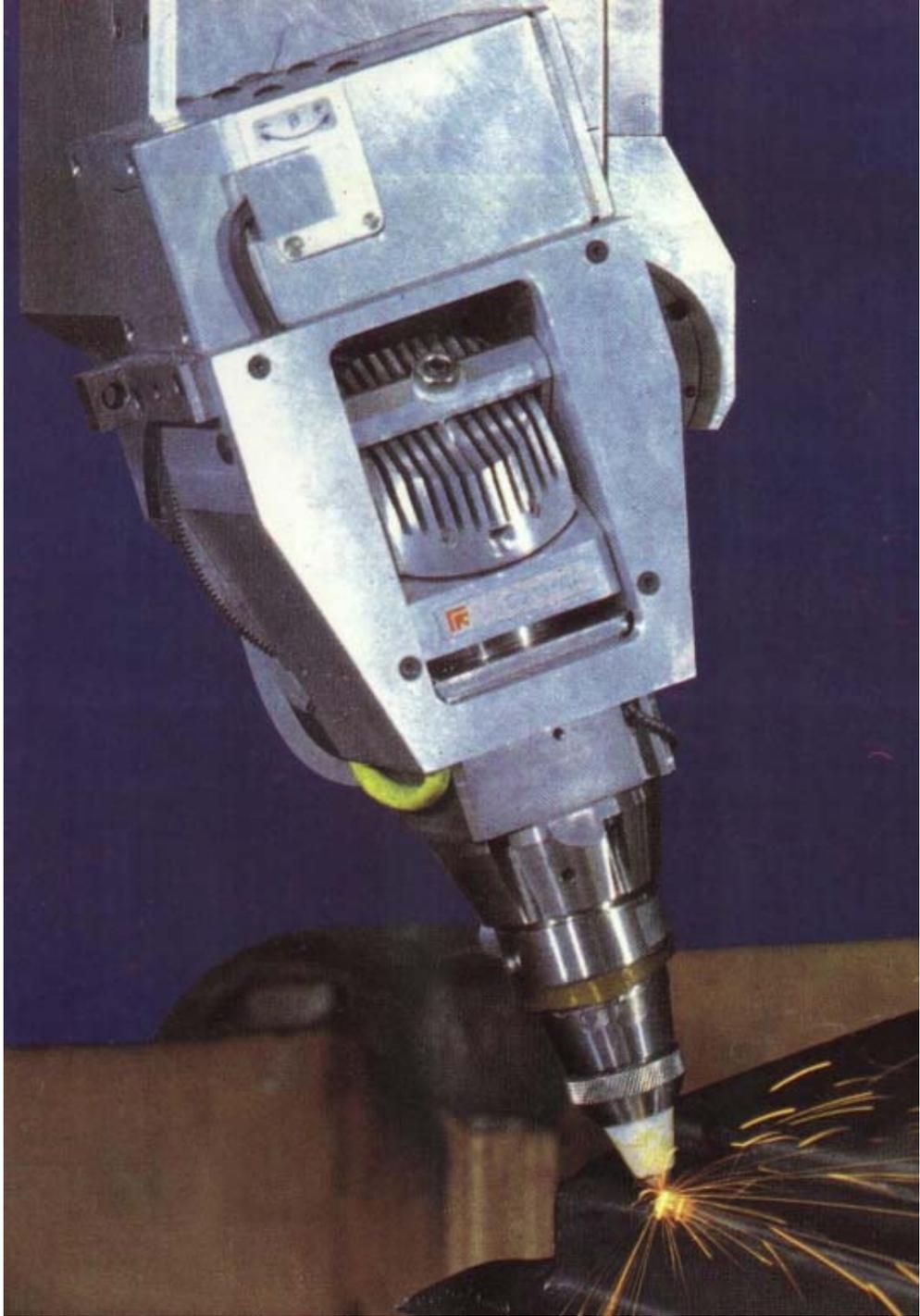
Compléter le tableau de résultats (Document réponse 1) pour ce cas (sauf la case risque de flambage).

TYPE DE VERSION	VERSION DE BASE	PREMIER AMENAGEMENT	2 ^{eme} AMENAGEMENT	3 ^{eme} AMENAGEMENT
SCHEMA				
DEGRE D'HYPERSTATICITE	$h = 4$			
RIGIDITE AXIALE PRECISION	$u_1 (\lambda) = 0.03 \text{ mm}$	$u_1 (\lambda) = 0.03 \text{ mm}$		
RISQUE DE FLAMBAGE	$m = 1/4$	$m = 1/4$		

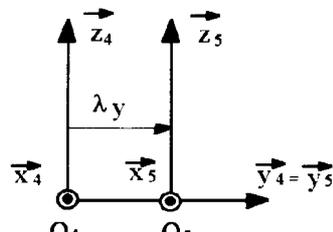
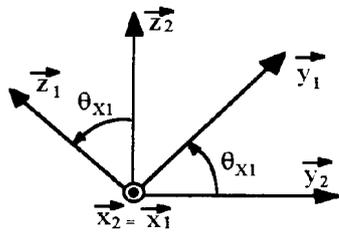
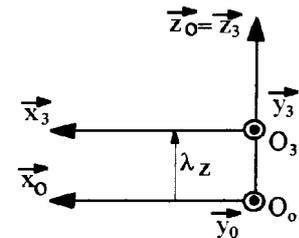
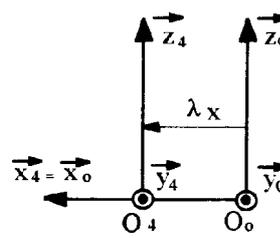
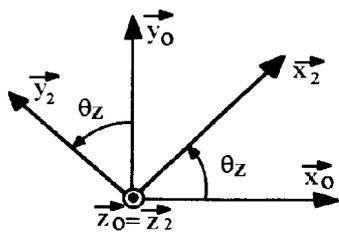
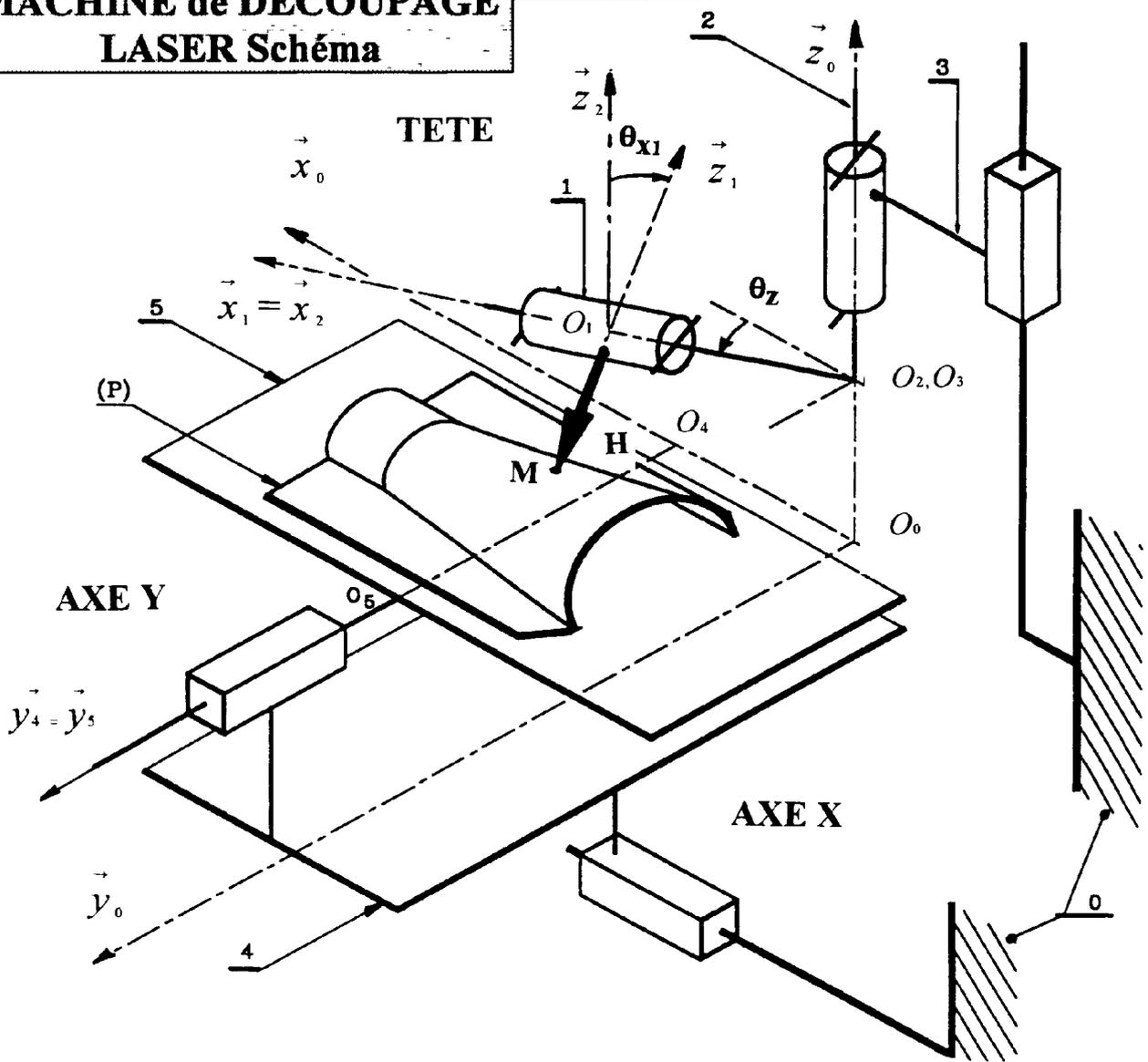
DOCUMENT REPONSE 1 : TABLEAU DE RESULTATS



DOCUMENT REPOSE 2 : SCHEMA DE L'ECROU FLOTTANT



MACHINE de DECOUPAGE LASER Schéma



$$O_0 O_4 = \lambda_x \vec{x}_0, \quad O_4 O_5 = \lambda_y \vec{y}_4, \quad O_0 O_3 = \lambda_z \vec{z}_0$$

$$(\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2) = \theta_z ; \quad (\vec{y}_2, \vec{y}_1) = (\vec{z}_2, \vec{z}_1) = \theta_{x1}$$

DOCUMENT 1

Figure a

Version de base

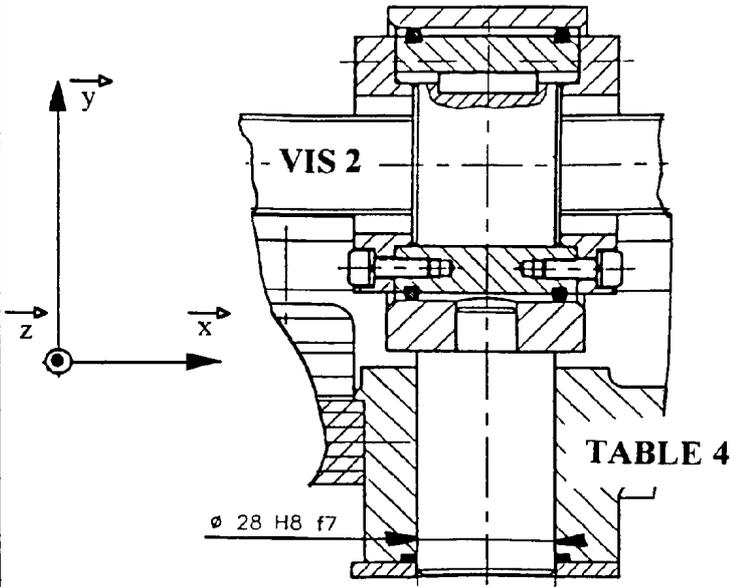
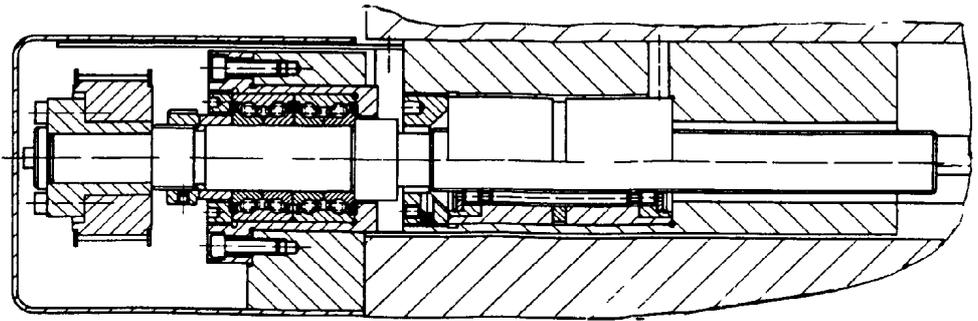


Figure b

Premier aménagement

ECROU FLOTTANT

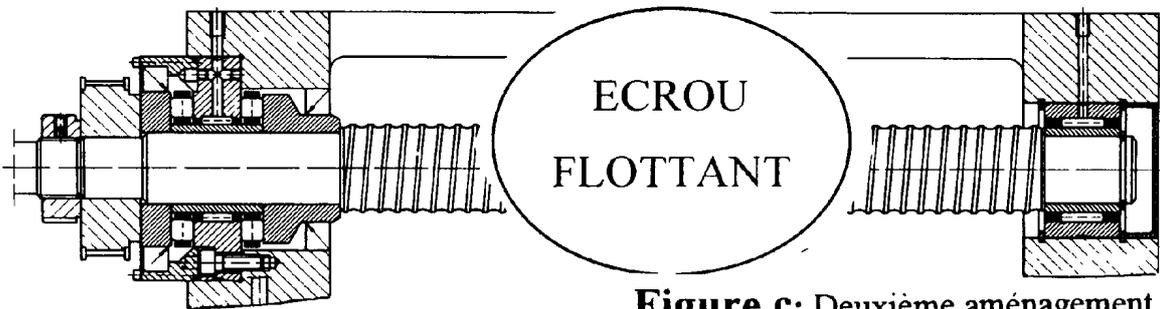
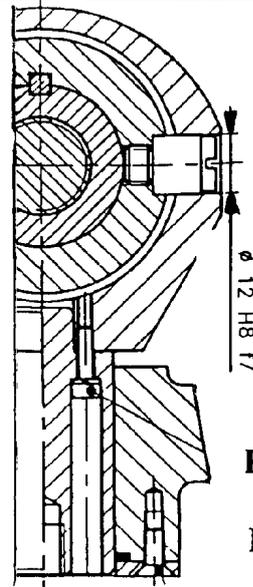


Figure c: Deuxième aménagement

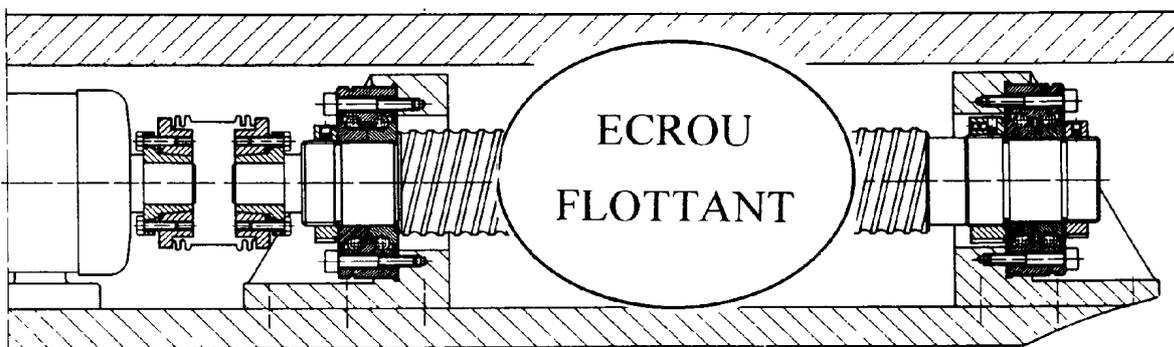


Figure d: Troisième aménagement

MACHINE DE DECOUPAGE LASER « AXE X »

DOCUMENT 2