



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Concours externe BAC + 3 du CAPET

Cafep - Capet

Section : Sciences industrielles de l'ingénieur

Option : ingénierie mécanique

- 1) Exemple de sujet pour la seconde épreuve d'admissibilité
- 2) Attendus de l'épreuve
- 3) Extrait de l'arrêté du 17 avril 2025

Les épreuves du concours externe du Capet et Cafep-Capet BAC+ 3 sont déterminées dans [l'arrêté du 17 avril 2025 fixant les modalités d'organisation du concours externe du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique](#), publié au Journal Officiel du 19 avril 2025, qui fixe les modalités d'organisation du concours et décrit le schéma des épreuves.

1) Exemple de sujet pour la seconde épreuve d'admissibilité

CAPET BAC + 3
Sujet 0

Sommaire

	Page
Sommaire	2
Présentation du support d'études	3
Étude A : Étude des contraintes liées à l'hyperstatisme du mécanisme d'orientation de la lame supérieure.	4
Étude B : Choix de la solution technologique pour l'assemblage du levier excentrique avec l'excentrique menant.....	5
Étude C : Dimensionnement du vérin de coupe.....	6
Étude D : Incidence de l'accouplement élastique sur la précision de positionnement du porte-lame supérieur. 9	

Nota : Les différentes études de ce sujet sont **totalemt indépendantes** les unes des autres et **peuvent être traitées dans un ordre quelconque** choisi par les candidats.

Toutes les études seront rédigées sur des copies séparées.

Poste de découpe pour matériaux fragiles

Le poste de découpe étudié dans ce sujet s'insère dans une unité de production (Figure 0) dont le but est de réaliser la mise en forme de pièces à partir de plaques.

Cette unité de production doit permettre de découper chacune des plaques en huit bandes puis chacune des bandes en cinq pièces (Figure 1).

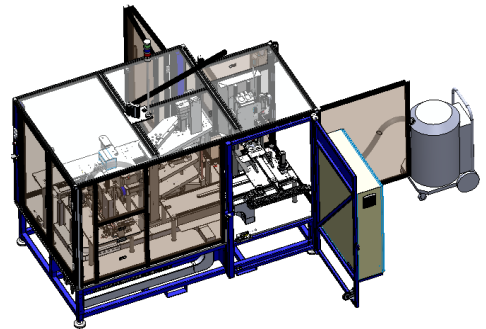


Figure 0 : Unité de production



Figure 1 : Plaque → Bandes → Pièces

L'obtention des pièces finales à partir des bandes est assurée par une cisaille et s'effectue en 4 étapes (Figure 2) :

- étape 1 : positionnement d'une des bandes sous la cisaille ;
- étape 2 : fermeture des porte-lames assurée par un motoréducteur ;
- étape 3 : découpe de la bande assurée par le vérin de coupe ;
- étape 4 : ouverture des porte-lames supérieur et inférieur et évacuation de la pièce.

Ce cycle s'exécute alors quatre fois par bande à découper.

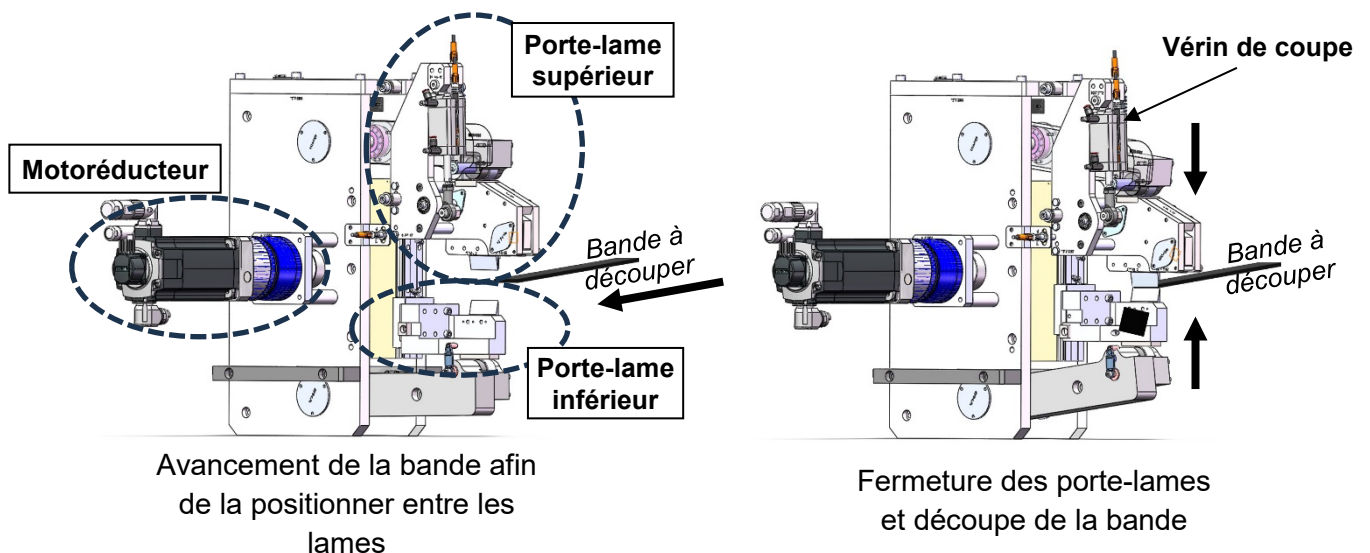


Figure 2 : Cycle de fonctionnement (étapes 1, 2, et 3)

Étude A : Étude des contraintes liées à l'hyperstatisme du mécanisme d'orientation de la lame supérieure.

Le mouvement et l'effort de coupe de la lame supérieure sont assurés par le vérin de coupe (Figure 2). Afin d'assurer une coupe correcte, la lame supérieure doit changer d'orientation au cours de la phase de coupe. Le mécanisme d'orientation de la lame supérieure est constitué d'un excentrique menant et d'un excentrique mené (cf. DT1 et DT2).

Problème à résoudre : Déterminer les contraintes géométriques à associer au mécanisme d'orientation de la lame supérieure et qui garantiront son fonctionnement optimal.

On donne sur le document DR1 le graphe de liaisons à compléter.

Question A.1 : Indiquer le nombre de boucles indépendantes que comporte le graphe de liaisons.

Question A.2 : Compléter, sur le document DR1, le graphe des liaisons en précisant le nom et les caractéristiques géométriques de chacune des liaisons, par exemple « liaison glissière de direction \vec{y}_1 ».

Question A.3 : Compléter, sur le document DR1, le tableau regroupant les mobilités cinématiques indépendantes pour chacune des liaisons.

Question A.4 : Identifier le nombre de mobilités (utiles et internes) en expliquant à quel(s) mouvement(s) et à quelle(s) pièce(s) ces mobilités sont associées.

Question A.5 : Déterminer le degré d'hyperstatisme du mécanisme ainsi modélisé.

Question A.6 : Énoncer les avantages et les inconvénients d'un modèle hyperstatique. Justifier par rapport au mécanisme ainsi modélisé le degré d'hyperstatisme.

Question A.7 : **Déterminer** alors les contraintes géométriques à imposer au mécanisme d'orientation de la lame supérieure afin d'assurer un fonctionnement optimal.

Étude B : Choix de la solution technologique pour l'assemblage du levier excentrique avec l'excentrique menant.

Le levier excentrique devant être solidaire (même classe d'équivalence cinématique) de l'excentrique menant, le bureau d'étude s'intéresse à la solution technique permettant d'assurer cette liaison complète.

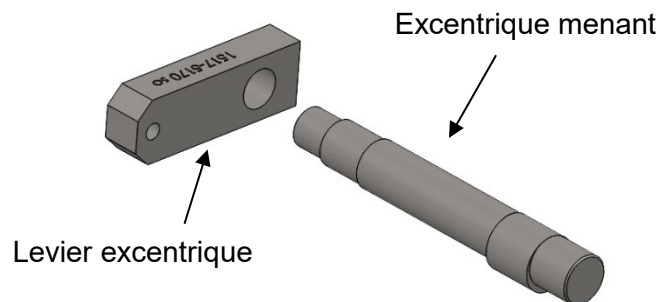


Figure 3 : Levier excentrique et excentrique menant non assemblés

Problème à résoudre : Assurer la liaison complète entre le levier excentrique et l'excentrique menant.

Dans un premier temps, le bureau d'étude envisage de réaliser cette liaison par frettage. Il convient donc de déterminer l'ajustement à réaliser.

Question B.1 : Indiquer la qualité de l'ajustement entre le levier excentrique et l'excentrique menant : glissant, juste ou serré ?

Un calcul préliminaire a montré que le couple transmissible par la liaison encastrement à réaliser par frettage doit être 10 N.m.

On retient un coefficient de frottement entre le levier excentrique et l'excentrique menant de 0,15 et la longueur de guidage est de 20 mm.

Question B.2 : À partir du DT3, déterminer la pression minimale nécessaire pour pouvoir transmettre le couple.

Question B.3 : À partir du DT3, déterminer le serrage minimal nécessaire pour pouvoir transmettre le couple.

Le bureau d'étude envisage un ajustement 24 H7/p6.

Question B.4 : À partir du DT3, déterminer le serrage minimal et le serrage maximal de la liaison entre l'excentrique menant et le levier excentrique.

Question B.5 : À partir du DT3, conclure sur le choix de l'ajustement fait par le bureau d'étude.

La solution par frettage ne permet pas d'assurer lors du montage l'orientation du levier excentrique par rapport à l'excentrique menant. Or, pour garantir un fonctionnement optimal, cette orientation doit être parfaitement maîtrisée.

Question B.6 : **Proposer**, sous forme de croquis à main levée, une nouvelle solution d'assemblage entre le levier excentrique et l'excentrique menant permettant de répondre à la problématique énoncée ci-dessus.

Étude C : Dimensionnement du vérin de coupe

Problème à résoudre : Choisir le vérin permettant de réaliser la coupe.

Pour cela il est nécessaire de déterminer :

- la course du vérin car l'orientation de la lame est liée à cette course,
- l'effort que le vérin doit fournir afin d'assurer la coupe.

Premier problème à résoudre : Déterminer la course du vérin.

Sur le document réponse DR2 figure le schéma cinématique partiel du guidage de la lame supérieure dans la position « tige du vérin sortie » ce qui correspond à la lame supérieure en position initiale.

Question C.1 : Pour la nouvelle position de l'excentrique menant, tracer sur le document DR2 la nouvelle position du mécanisme (on fera clairement apparaître les nouvelles positions des points M, N, Q et F).

Question C.2 : Conclure sur la nature du mouvement de la lame.

Le cahier des charges impose pour la lame les éléments suivants :

- en position initiale (tige du vérin sortie) la lame doit être orientée par rapport à l'horizontale de 0.9°
- en position finale (tige de vérin rentrée) la lame doit être orientée par rapport à l'horizontale de 0.55° .

La lame a une longueur (distance en les points Q et F) de 50 mm.

Question C.3 : À partir d'un schéma, montrer que l'on peut connaître l'orientation de la lame par rapport à l'horizontale à partir des coordonnées suivant \vec{z} des points Q et F.

Un calcul numérique a permis d'obtenir l'orientation de la lame en fonction de la position angulaire de l'excentrique menant. Le résultat figure sur le graphique ci-dessous.

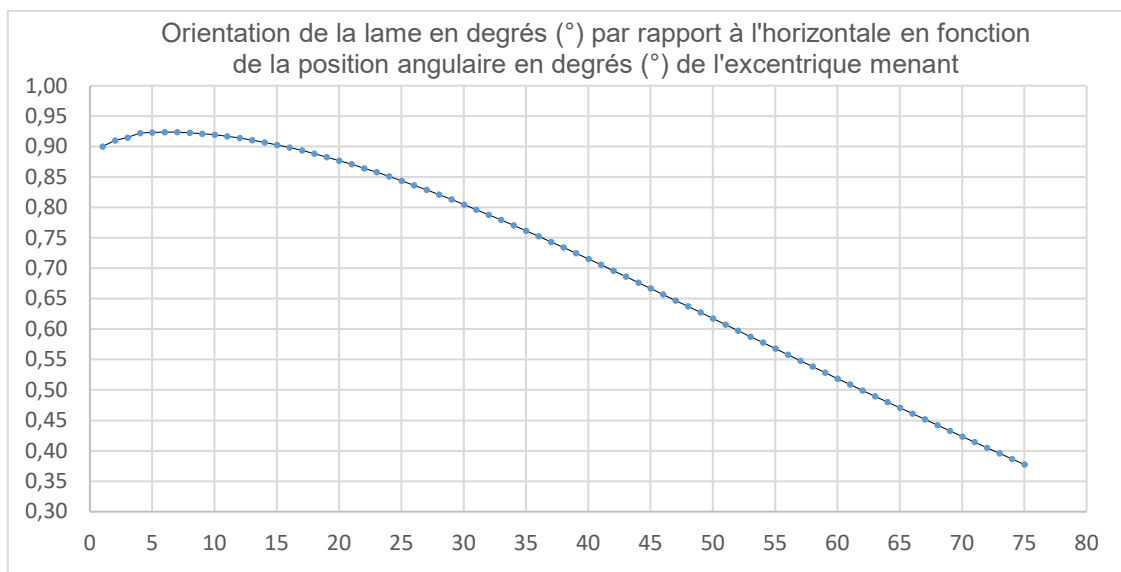


Figure 4

Question C.4 : Relever graphiquement l'évolution angulaire de l'excentrique menant permettant de répondre au cahier des charges concernant l'orientation de la lame.

Sur le document réponse DR3 le mécanisme est représenté dans la position particulière tige du vérin sortie ce qui correspond à la position angulaire 0° pour l'excentrique menant.

Question C.5 : À partir de la question précédente, **déterminer** sur le document réponse DR3 la course du vérin correspondante. On laissera visible les différents tracés sur le document réponse DR3.

Second problème à résoudre : Déterminer l'effort que le vérin doit fournir pour la coupe.

Pour la suite de cette étude, on adoptera le modèle cinématique proposé sur les DT1 et DT2. On fait les hypothèses suivantes :

- on se place dans le cas d'une modélisation plane de plan $(Q, \vec{x}_1, \vec{z}_1)$;
- on néglige l'action de pesanteur devant les autres actions mécaniques ainsi que les frottements ;
- on se place dans la position initiale qui correspond à la tige du vérin sortie et on considère que la lame supérieure est à l'équilibre en position horizontale;
- l'action mécanique due à l'effort de coupe est modélisée par une force au point F :

$$\{T_{\text{eff} \rightarrow \text{lame}}\} = \underset{F}{\left\{ \begin{array}{c} F_{\text{coupe}} \cdot \vec{z}_1 \\ \vec{0} \end{array} \right\}} \quad \text{avec } F_{\text{coupe}} = 10\,000 \text{ N.}$$

Question C.6 : Isoler l'excentrique mené et faire le bilan des actions mécaniques extérieures.

Question C.7 : Montrer que l'action mécanique de l'excentrique mené sur l'ensemble lame supérieure est une force dont la droite d'action est (N, \vec{z}_5) .

Pour la suite, on note :

- l'action mécanique de l'excentrique mené sur la lame supérieure :

$$\{T_{\text{mené} \rightarrow \text{lame}}\} = \underset{N}{\left\{ \begin{array}{c} F_{\text{mené} \rightarrow \text{lame}} \cdot \vec{z}_5 \\ \vec{0} \end{array} \right\}} ;$$

- l'action mécanique de l'excentrique menant sur la lame supérieure :

$$\{T_{\text{menant} \rightarrow \text{lame}}\} = \underset{M}{\left\{ \begin{array}{c} F_x \cdot \vec{x}_1 + F_z \cdot \vec{z}_1 \\ \vec{0} \end{array} \right\}}.$$

Question C.8 : Isoler l'ensemble lame et porte-lame supérieurs et faire le bilan des actions mécaniques extérieures.

Question C.9 : En appliquant le principe fondamental de statique à l'ensemble lame et porte-lame supérieurs, montrer que l'expression littérale de F_x en fonction de F_{coupe} et des grandeurs dimensionnelles s'écrit : $F_x = \frac{(q-s) \cdot \tan\gamma}{k+m \cdot \tan\gamma} \cdot F_{\text{coupe}}$. Faire l'application numérique.

Question C.10 : Déterminer l'expression littérale du couple au niveau de la liaison pivot entre le bâti et l'excentrique menant, en fonction de F_{coupe} et des grandeurs dimensionnelles. Faire l'application numérique.

Question C.11 : Calculer l'effort que le vérin doit fournir (en mesurant sur le document DR3 les dimensions utiles).

Problème à résoudre : Conclure sur le choix du vérin permettant de réaliser la coupe.

Afin de prendre en compte les différentes hypothèses simplificatrices et le taux de charge pour le vérin, pour la suite on considère que le vérin doit fournir un effort minimal en tirant de 180 N.

Question C.12 : Exprimer dans cas général, l'effort en tirant d'un vérin en fonction de la pression d'alimentation P , du diamètre de la tige d et du diamètre piston D . Préciser les unités pour les grandeurs P , D et d .

La pression d'alimentation disponible pour le vérin est de 6 bars. On rappelle que la coupe se fait lors de la rentrée de la tige du vérin.

Question C.13 : À partir du DT4, et en reprenant les résultats des questions 5 et 12, **choisir**, en le justifiant, le vérin qui convient.

Étude D : Incidence de l'accouplement élastique sur la précision de positionnement du porte-lame supérieur.

Problème à résoudre : Déterminer l'erreur relative de positionnement du porte-lame supérieur due à l'accouplement entre l'arbre de sortie du motoréducteur et l'arbre à cames et son influence sur la précision de positionnement du porte-lame supérieur.

Pour réaliser l'accouplement entre l'arbre de sortie du motoréducteur et l'arbre à cames, le constructeur, sur un premier prototype, a utilisé un joint de Oldham avec une noix rigide (voir Figure 5).

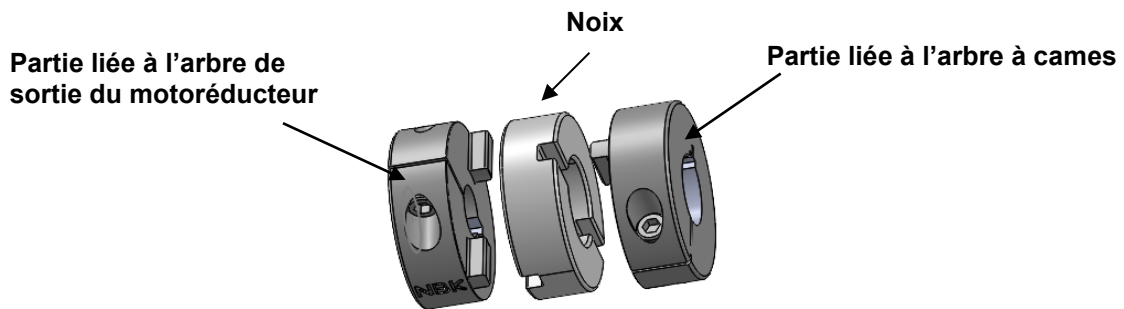


Figure 5 : Joint de Oldham

Question D.1 : À partir de l'observation des surfaces de contact, identifier la liaison entre :

- la noix et la partie liée à l'arbre de sortie du motoréducteur,
- la noix et la partie liée à l'arbre porte cames.

Question D.2 : Proposer un schéma cinématique spatial de ce joint de Oldham.

Question D.3 : En quelques mots, expliquer la ou les mobilité(s) permise(s) par le joint de Oldham entre l'arbre de sortie du motoréducteur et l'arbre à cames.

Dans un second temps, le choix du constructeur pour cet accouplement, s'est porté sur un joint de Oldham avec une noix en élastomère. Ce dispositif permet d'admettre un défaut de parallélisme entre les axes des deux arbres. Ce défaut de parallélisme a donc une incidence sur le positionnement du porte-lame supérieur.

On retient la modélisation cinématique proposée sur le DT5.

Pour le joint de Oldham avec une noix en élastomère, le constructeur précise que l'angle α vaut au maximum 5° .

La Figure 6 page suivante montre l'évolution de la différence $[\theta_2(t) - \theta_1(t)]$ en fonction de l'angle $\theta_1(t)$ pour une valeur de $\alpha = 5^\circ$.

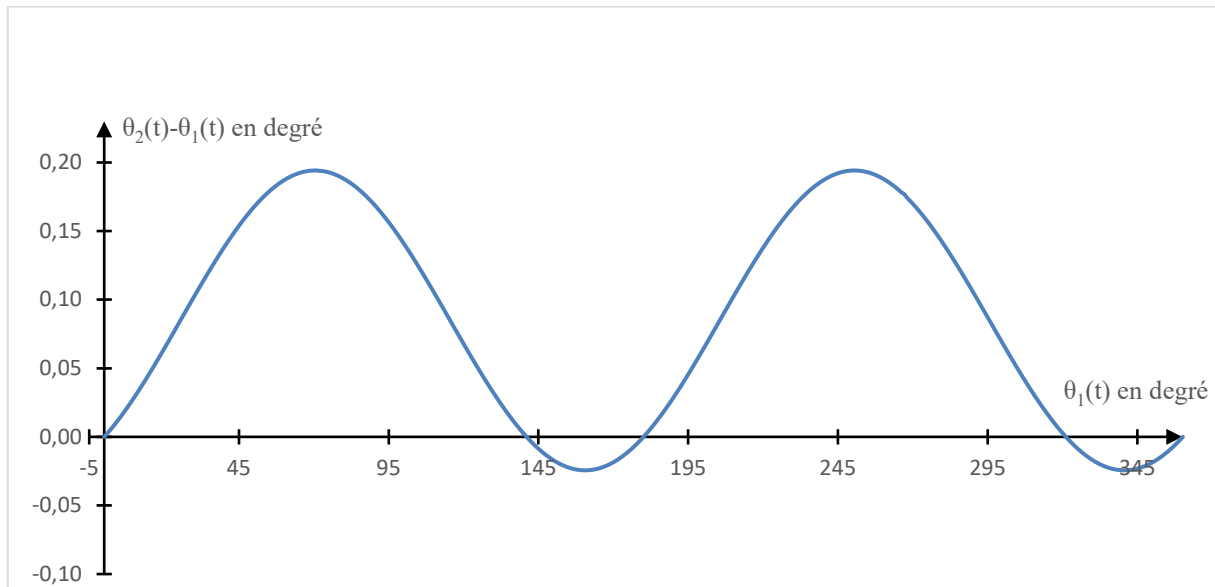


Figure 6 : Différence entre les angles $\theta_2(t)$ et $\theta_1(t)$ en fonction de $\theta_1(t)$

Question D.4 : Exprimer l'erreur maximale en degré entre la position angulaire de l'arbre à cames et l'arbre de sortie du réducteur.

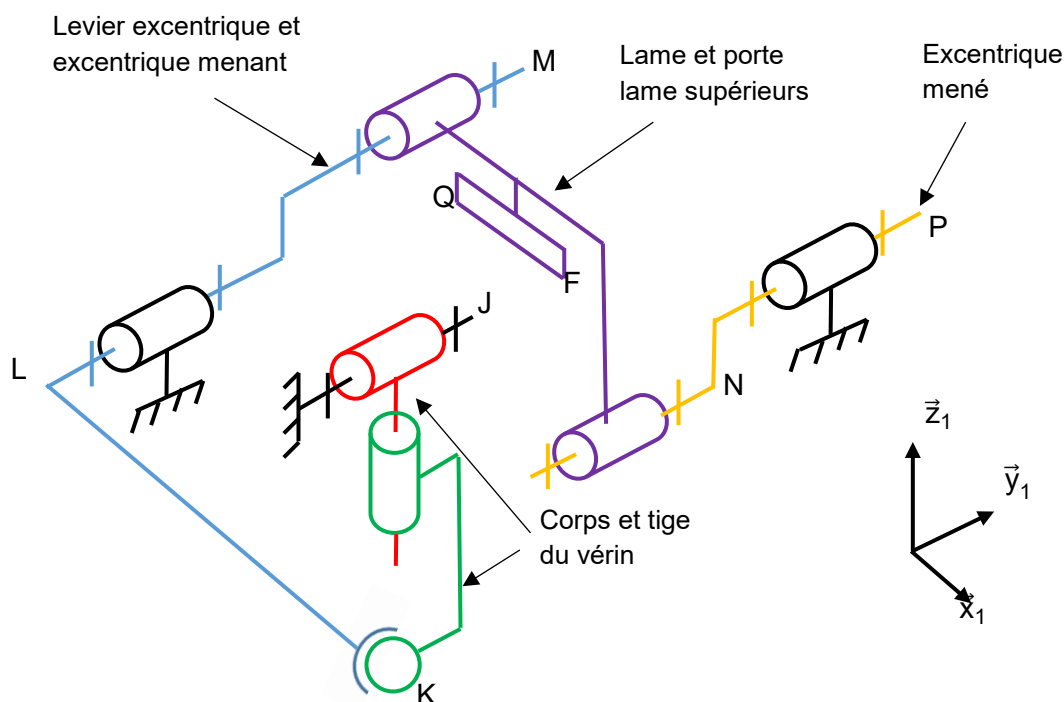
Une simulation numérique a permis de mettre en évidence que sur la plage de fonctionnement considérée, le déplacement λ de l'ensemble porte-lame supérieur vaut :

$$\lambda = K_\lambda \cdot \theta_2(t) \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} \lambda : \text{déplacement de l'ensemble porte-lame supérieur en m} \\ \theta_2(t) : \text{déplacement angulaire de l'arbre à cames en rad} \\ K_\lambda = - 0,01 \text{ m}\cdot\text{rad}^{-1} \end{array}$$

Question D.5 : Conclure sur l'influence de l'accouplement élastique sur la précision de positionnement du porte-lame supérieur.

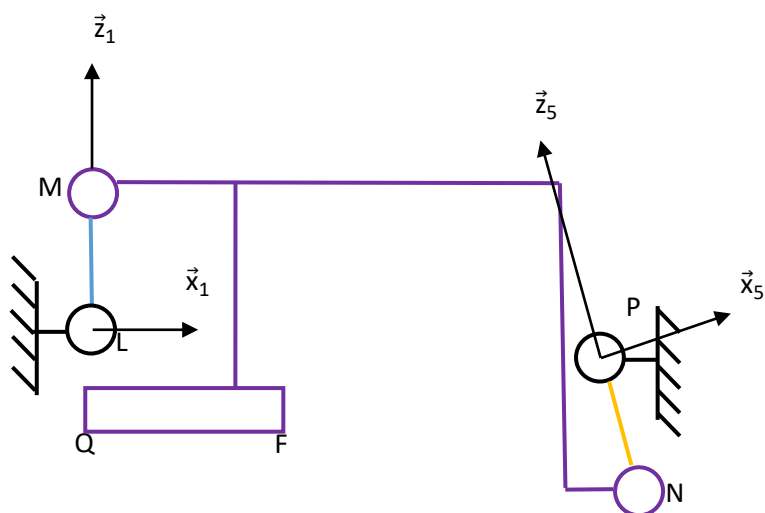
DOCUMENT TECHNIQUE DT1

Schéma cinématique du mécanisme d'orientation de la lame supérieure



DOCUMENT TECHNIQUE DT2

Schéma cinématique et paramétrage associé pour le mécanisme de coupe en position initiale



$$\begin{aligned} \overline{LM} &= j \cdot \vec{z}_1 \\ \overline{MN} &= k \cdot \vec{x}_1 - m \cdot \vec{z}_1 \\ \overline{PN} &= -j \cdot \vec{z}_5 \\ \overline{LP} &= n \cdot \vec{x}_1 - p \cdot \vec{z}_1 \\ \overline{QF} &= q \cdot \vec{x}_1 \\ \overline{MQ} &= -s \cdot \vec{x}_1 - u \cdot \vec{z}_1 \\ \gamma &= (\vec{x}_1, \vec{x}_5) = (\vec{z}_1, \vec{z}_5) \end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned} j &= 1 \text{ mm} & k &= 92 \text{ mm} \\ m &= 45 \text{ mm} & n &= 91 \text{ mm} \\ p &= 43 \text{ mm} & q &= 50 \text{ mm} \\ s &= 5 \text{ mm} & u &= 90 \text{ mm} \\ \gamma &= -38^\circ. \end{aligned}$$

DOCUMENT TECHNIQUE DT3

Assemblage par frettage

Dans le cas d'un assemblage par frettage, on peut retenir les éléments suivants :

1) Le couple transmissible est donné par la relation : $C_{trans} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l \cdot r^2 \cdot P$

Avec C_{trans} : couple transmissible en N.mm
 f : coefficient de frottement entre l'arbre et l'alésage
 r : diamètre nominal de l'assemblage en mm
 l : longueur de contact de l'assemblage en mm
 P : pression de contact en MPa

2) Le serrage δ est défini comme la différence entre le diamètre de l'arbre et le diamètre de l'alésage.

3) La relation entre la pression de contact P en MPa et le serrage δ en mm, peut-être donnée dans une première approche simplificatrice par la relation : $P = \frac{E \cdot \delta}{4 \cdot r}$

Avec E : module d'Young identique pour l'arbre et l'alésage $E = 210\,000$ MPa
 δ : serrage en mm
 r : diamètre nominal de l'assemblage en mm

Arbre	3 à 6 mm inclus	6 à 10 mm	10 à 18 mm	18 à 30 mm	30 à 50 mm	50 à 80 mm	80 à 120 mm
e8	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126
h6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22
h7	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35
m6	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13
p6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37
Alésage	3 à 6 inclus	6 à 10 mm	10 à 18 mm	18 à 30 mm	30 à 50 mm	50 à 80 mm	80 à 120 mm
D10	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+260 +120
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36
E7	+28 +20	+34 +25	+43 +32	+53 +40	+66 +50	+79 +60	+94 +72
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0

Extrait des tolérances en micromètres

DOCUMENT TECHNIQUE DT4

Vérin pneumatique double effet compact ADN



ADN-16-30	
Caractéristique	Valeur
Course	30 mm
Diamètre du piston	16 mm
Diamètre de la tige	8 mm

ADN-20-40	
Caractéristique	Valeur
Course	40 mm
Diamètre du piston	20 mm
Diamètre de la tige	10 mm

ADN-25-40	
Caractéristique	Valeur
Course	40 mm
Diamètre du piston	25 mm
Diamètre de la tige	10 mm

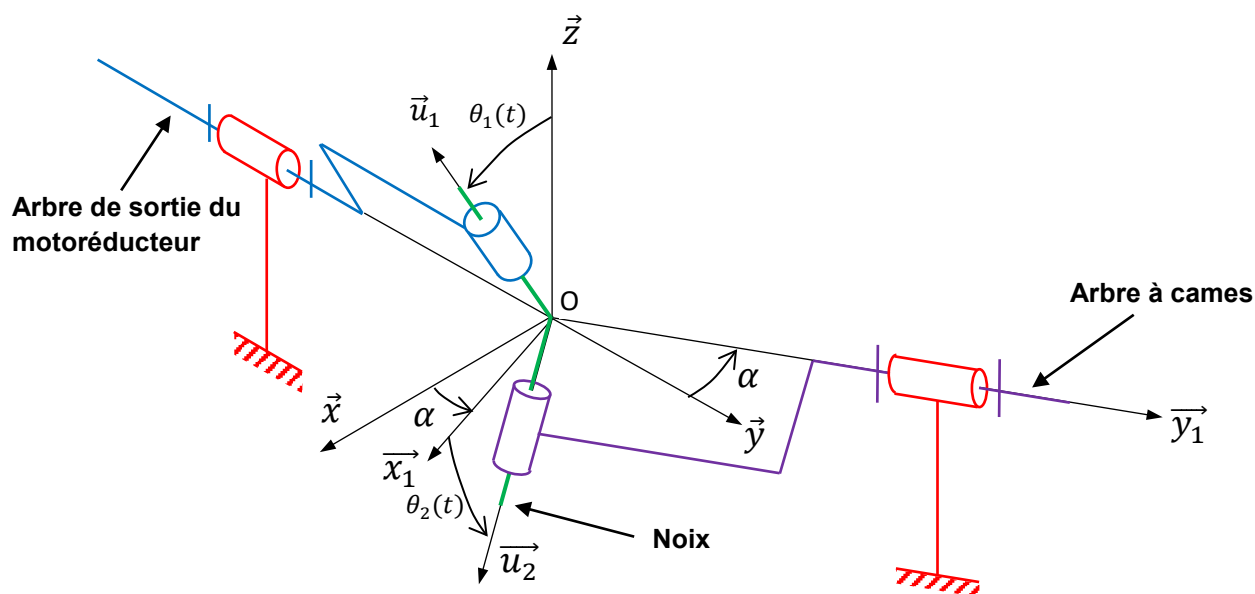
ADN-32-40	
Caractéristique	Valeur
Course	40 mm
Diamètre du piston	32 mm
Diamètre de la tige	10 mm

ADN- 32-60	
Caractéristique	Valeur
Course	60 mm
Diamètre du piston	32 mm
Diamètre de la tige	10 mm

Source FESTO

DOCUMENT TECHNIQUE DT5

Modélisation cinématique de l'accouplement motoréducteur / arbre à cames



Paramétrage :

$R(0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

repère lié au bâti,

$R_1(O, \vec{v}_1, \vec{y}, \vec{u}_1)$

repère lié à l'arbre de sortie du motoréducteur,

$R_2(O, \vec{u}_2, \vec{y}_1, \vec{v}_2)$

repère lié à l'arbre à cames,

$\theta_1(t) = (\vec{x} ; \vec{v}_1) = (\vec{z} ; \vec{u}_1)$

angle d'orientation de l'arbre de sortie du motoréducteur par rapport au bâti,

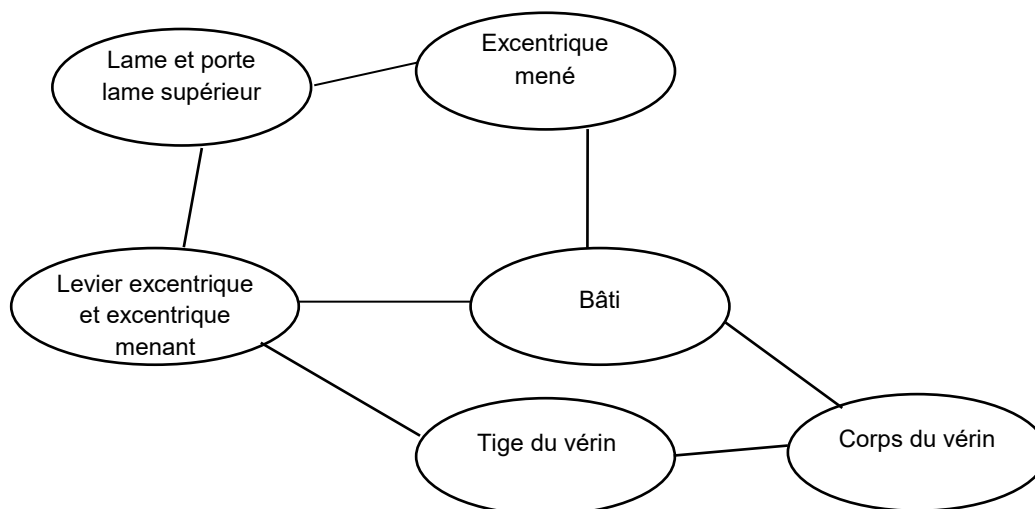
$\theta_2(t) = (\vec{x}_1 ; \vec{u}_2) = (\vec{z}_1 ; \vec{v}_2)$

angle d'orientation de l'arbre à cames par rapport au bâti,

$\alpha = (\vec{x} ; \vec{x}_1)$

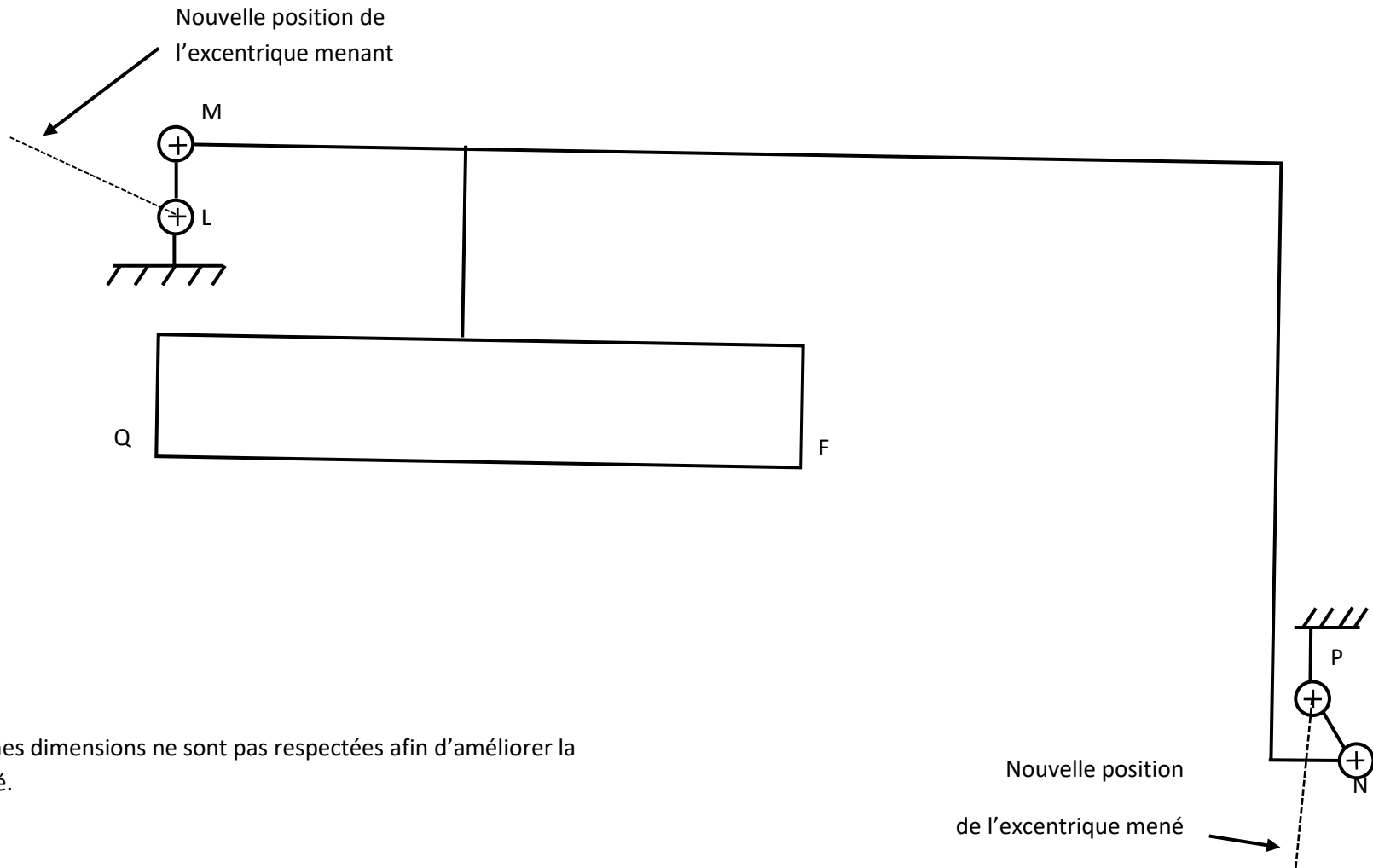
angle (supposé constant) admissible entre les 2 arbres grâce à la noix en élastomère.

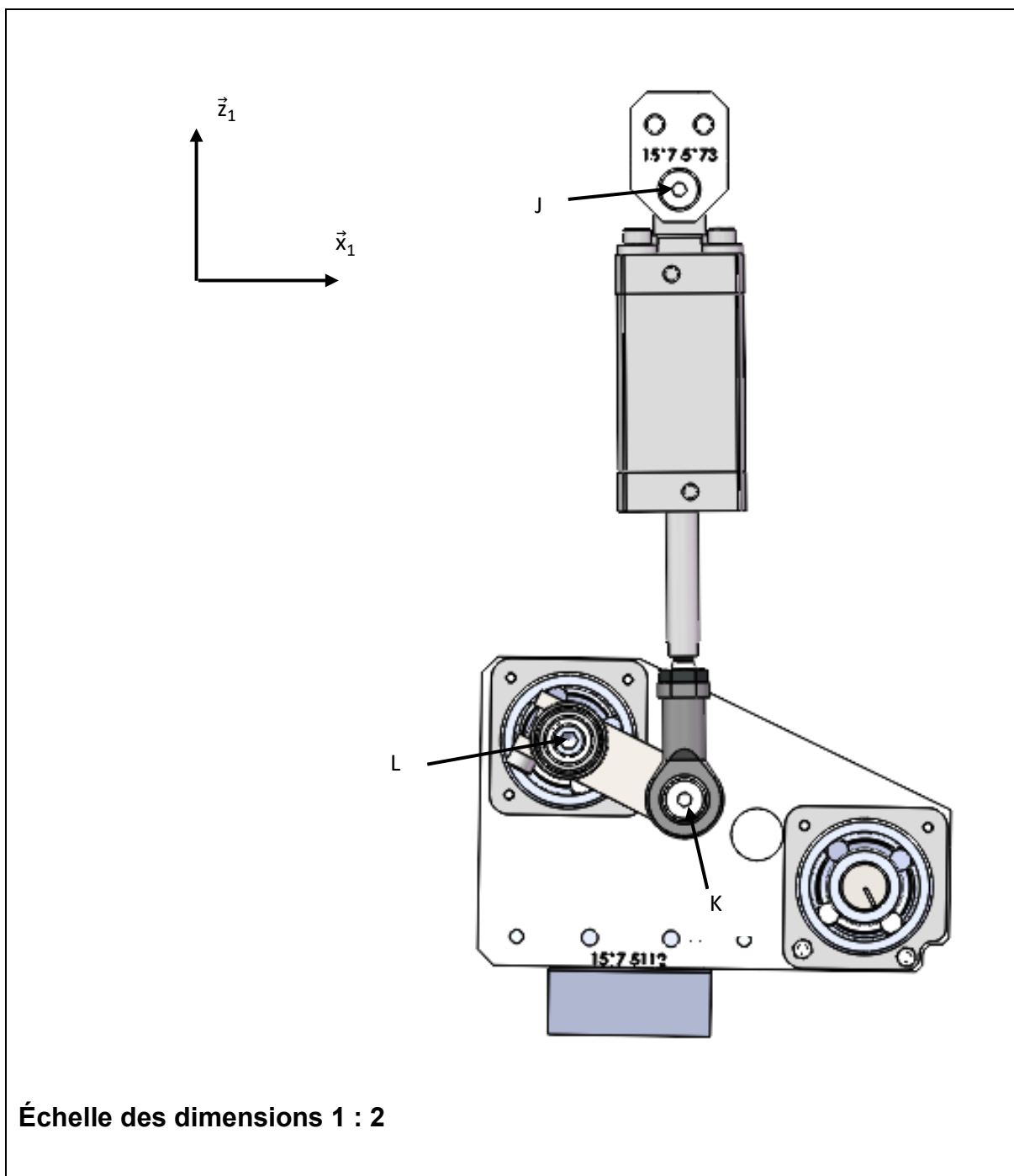
Document réponse DR1



Liaisons	Nombre de mobilité(s) cinématique(s) indépendante(s)
Bâti / Corps du vérin	
Bâti / Excentrique mené	
Bâti / Levier excentrique et excentrique menant	
Excentrique mené / Lame et porte lame supérieur	
Lame et porte lame supérieur / Levier excentrique et excentrique menant	
Levier excentrique et excentrique menant / Tige du vérin	
Tige du vérin / corps du vérin	

Document réponse DR2





Le schéma est représenté en position tige du vérin sortie ce qui correspond à la position angulaire 0° pour l'excentrique menant.

2) Attendus de l'épreuve

Conseils aux candidats

Il est demandé aux candidats :

- de rédiger les réponses aux différentes parties sur des feuilles de copie séparées et clairement repérées ;
- de numéroter chaque feuille de copie et indiquer le numéro de la question traitée ;
- de rendre tous les documents réponses, même non complétés ;
- d'utiliser exclusivement les notations indiquées dans le sujet lors de la rédaction des réponses ;
- de justifier clairement les réponses ;
- d'encadrer ou souligner les résultats ;
- de présenter lisiblement les applications numériques, sans omettre les unités, après avoir explicité les expressions littérales des calculs ;
- de formuler les hypothèses nécessaires à la résolution des problèmes posés si celles-ci ne sont pas indiquées dans le sujet.

3) Extrait de l'arrêté du 17 avril 2025

Extrait de l'annexe de l'arrêté du 17 avril 2025 fixant les modalités d'organisation du concours externe du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré, publié au Journal Officiel du 19 avril 2025

A. - Épreuves d'admissibilité

2° Seconde épreuve d'admissibilité.

L'épreuve consiste en une résolution de problème.

L'épreuve vise à apprécier la capacité du candidat, à partir de l'exploitation de ressources et documents techniques, à résoudre un problème technique posé et à établir des éléments de conception préliminaire.

Durée : quatre heures.

Coefficient 2.

L'épreuve est notée sur 20. Une note globale égale ou inférieure à 5 est éliminatoire.