

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

EPREUVE E 4
Analyse Fonctionnelle et Structurelle
des Mécanismes

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Durée : 3 heures

Coefficient : 2

Aucun document n'est autorisé

Ce sujet contient 4 dossiers :

- Présentation
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

MIE4MEM1

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Présentation

Ce dossier contient les documents :

PR 1/1

MIE4MEM1

MACHINE A USINER DES EMBOUTS

PRESENTATION

Mise en situation et fonctionnement.

1/ - MISE EN SITUATION (Voir DT1)

La machine à usiner des embouts est une machine à commande numérique qui a la particularité de générer des surfaces de révolution avec un outil tournant, la pièce restant fixe.

Elle permet d'usiner des pièces difficiles à mettre en rotation, posant des problèmes d'équilibrage dynamique. (Usinage d'embouts en fonte et en alliage d'aluminium).

Se reporter au DT2, pour un exemple de pièce à fabriquer.

- Le repère $R_0(0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est Galiléen.

- Le repère $R(0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est lié à la broche.

2/ - FONCTIONNEMENT

2.1/ LES TROIS DEPLACEMENTS DE L'OUTIL :

- Mise en rotation de la broche (rotation d'axe (O, \vec{z}) par le moteur de broche :

(Voir DT1 et DT3)

La transmission se fait par poulies et courroies trapézoïdales.

La broche tubulaire est montée sur l'unité d'avance (axe \vec{Z}), elle laisse passer une crémaillère 5 qui commande le déplacement du porte-outil 13.

- Mise en mouvement de l'outil en translation suivant \vec{x} , par le moteur d'axe x :

(Voir DT1, DT3 et DT4)

Cette mise en mouvement nécessite une translation de la crémaillère centrale 5 par rapport à la broche 10, la crémaillère 5 restant animée du même mouvement de rotation que 10 par rapport au corps de broche 19.

La translation de 5 par rapport à 10 est obtenue par un système vis 28 – écrou à billes 25. La vis 28 est guidée en rotation (liaison pivot) par rapport à (29+19) et l'écrou 25, lié à (22+23+24) est guidé en translation (liaison glissière) par rapport à (29+19) (Voir coupe F-F sur DT4).

La transmission des actions mécaniques entre l'ensemble des pièces liées à l'écrou 25 et la crémaillère 5 se fait par l'intermédiaire d'une butée 26 à double effet et rouleaux cylindriques.

- Mise en mouvement de l'unité d'avance suivant \vec{z} , par le moteur d'axe z : (voir DT1)

Cette unité d'avance est montée sur une glissière. La transformation du mouvement est obtenue par un couple vis-écrou à billes.

Ce mécanisme n'est pas représenté et il n'est pas à étudier.

Remarque : Les représentations correspondent à la position angulaire $\theta=0$ (Voir DT1).

2.2/ GRAISSAGE DE LA TETE PORTE OUTIL : (Voir DT1 et DT5)

Un vérin Vg, dont le corps est fixe sur 29, vient placer une pompe au contact d'un graisseur solidaire du corps de porte-outil 1, tous les 60 cycles d'usinage.

Cette lubrification s'effectue durant 4 secondes.

Un codeur, placé sur le moteur de broche, permet d'arrêter le corps de porte-outil et par suite le graisseur, dans la bonne position.

2.3/ OUVERTURE ET FERMETURE DES PORTES (Accès broche) : (Voir DT1)

Cette fonction est assurée par deux vérins hydrauliques Vp.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

Modélisation des éléments de mécanismes Calcul des grandeurs caractéristiques (Sous épreuve E 4-1)

Questionnaire

Contenu du dossier :

Questionnaire QUES 1 à QUES 5

BAREME

Questions	Barème sur 40	Questions	Barème sur 40
Questions 1-1 Q1 et Q2	9	Question 2-2 Q15	3
Questions 1-2 Q3 à Q6	5	Question 3-1 Q16	2
Questions 1-3 Q7 à Q13	15	Question 3-2 Q17 et Q18	3
Question 2-1 Q14	3		

MACHINE A USINER DES EMBOUTS

ETUDE DU DEPLACEMENT DE L'OUTIL ET DE LA ROTATION DE LA BROCHE

PROBLEME POSE :

L'observation de l'historique des pannes (*sur deux ans*) montre:

- une durée de vie de la butée double effet à rouleaux cylindriques très faible.
- une usure anormale du système pignon-crémaillère.
- l'apparition d'un jeu transversal important dans le mouvement du porte-outil.

OBJECTIF DE L'ETUDE :

Recherche des paramètres et des grandeurs physiques (efforts, vitesses...) liés aux problèmes énoncés ci-dessus.

1/ RECHERCHE DES GRANDEURS PHYSIQUES ET PARAMETRES INFLUANT SUR LA DUREE DE VIE DE LA BUTEE DOUBLE EFFET A ROULEAUX CYLINDRIQUES :

1.1/ MODELISATION DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE DE L'AXE X

Q1: A partir du document **DR1** qui représente le flux de la transmission de puissance du mouvement de coupe (mouvement de rotation de l'outil) (voir **DT3**, **DT4**, **DT5** et **DT6**), on demande de compléter le flux de la transmission de puissance du mouvement d'avance suivant l'axe \vec{X} (mouvement de translation de l'outil et mouvement de translation de la masselotte 15, ce dernier étant de même amplitude que celui de l'outil, mais en sens inverse).

Q2: A partir des dessins d'ensemble **DT1**, **DT3**, **DT4**, **DT5** et nomenclature **DT6**, on demande de compléter, sur le document **DR2**, le schéma cinématique minimal.

1.2/ RECHERCHE DE LA VITESSE DE ROTATION DE LA VIS 28

On recherche la relation entre la vitesse d'entrée $\omega_{28/19}$ et le mouvement d'avance par tour de l'outil a_x (mm/tr) :

Voir **DT1** à **DT6** et schéma cinématique **DR2**

Répondre sur le **DR3**

Q3: Sachant que a_x est en mm/tr et que $N_{outil/19}$ en tr/min, déterminer la vitesse de l'outil suivant \vec{x} V_{01} en mm/s (expression littérale).

Q4: Connaissant l'expression littérale de la vitesse de translation de l'outil V_{01} en déduire la vitesse de translation de la crémaillère $V_{5/19}$, (expression littérale).

Q5: A partir de la vitesse de la crémaillère $V_{5/19}$ déterminer la vitesse de rotation de la vis $\omega_{28/19}$ (expression littérale). On note p le pas de la vis 28.

Q6: Application numérique : calculer $\omega_{28/19}$ et $N_{28/19}$ pour les conditions de coupe relatives à l'usinage du coude IVECO.

Données :

- Fréquence de rotation de l'outil : $N_{outil/19} = 2000$ tr/min.
- Avance de l'outil $a_x = 0,2$ mm/tr.

1.3/ DETERMINATION DE L'EFFORT AXIAL SUR LA BUTÉE DOUBLE EFFET À ROULEAUX CYLINDRIQUES 26. (Voir **DT4**, **DT6** et **DT7**)

Répondre sur **DR3** et **DR4**

Hypothèses:

- Le repère $R_0(0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est Galiléen.
- Toutes les grandeurs seront exprimées dans le repère. $R(0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ lié à la broche.
- On se place en régime établi. (dans une phase de chariotage.)
- Les liaisons sont supposées parfaites.
- On néglige l'action de la pesanteur.

N.B. : Certains repères de pièces comportent un indice "o" pour "outil", d'autres un indice "m" pour "masselotte".

- En **A**, la liaison entre $S = \{\text{outil}, 3_o, 2_o, 4_o\}$ et le corps du porte-outil est une glissière d'axe \vec{x} .
- En **B**, pour l'action du pignon 6_o sur la crémaillère 4_o , il faut tenir compte de l'angle de pression $\alpha = 20^\circ$.
- En **C**, l'action mécanique de la pièce sur l'outil (efforts de coupe) est modélisée par :

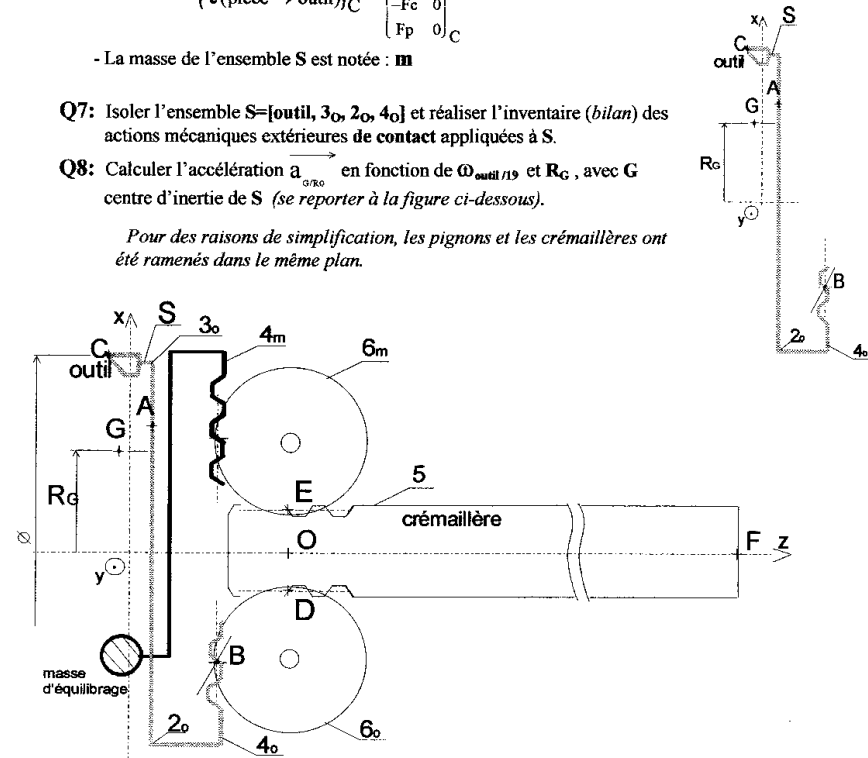
$$\left\{ \mathcal{T}(\text{pièce} \rightarrow \text{outil}) \right\}_C = \begin{Bmatrix} F_a & 0 \\ -F_c & 0 \\ F_p & 0 \end{Bmatrix}_C$$

- La masse de l'ensemble **S** est notée : **m**

Q7: Isoler l'ensemble $S = \{\text{outil}, 3_o, 2_o, 4_o\}$ et réaliser l'inventaire (*bilan*) des actions mécaniques extérieures de contact appliquées à **S**.

Q8: Calculer l'accélération \vec{a} en fonction de $\omega_{outil/19}$ et R_G , avec **G** centre d'inertie de **S** (*se reporter à la figure ci-dessous*).

Pour des raisons de simplification, les pignons et les crémaillères ont été ramenés dans le même plan.



Q9: Appliquer le théorème de la résultante dynamique à S en projection sur \vec{x} . En déduire (en littéral) l'action mécanique en B de 6₀ sur 4₀.

Q10: Déterminer (en littéral) l'action mécanique en D de 6₀ sur 5, en négligeant la masse des pignons 6.
En déduire $\overrightarrow{D(6_0 \rightarrow 5)} \cdot \vec{z}$ (Coordonnée ou composante de $\overrightarrow{D(6_0 \rightarrow 5)}$ sur (O, \vec{z})).

Le fait d'avoir un porte-outil désaxé par rapport à l'axe de rotation provoque des effets d'inertie qui sont compensés par une masse d'équilibrage ayant la même loi de mouvement que l'outil et le porte-outil mais de sens opposé (équilibre dynamique).

Se reporter au schéma précédent.

Un calcul identique aux questions Q7, Q8, Q9, Q10 nous donne l'effort sur la crémaillère en E :

$E(6_0 \rightarrow 5) \cdot \vec{z}$ (voir tableau DR4)

Q11: En déduire l'effort $\|\vec{F}\|$ sur la butée double effet à rouleaux cylindriques.
(en littéral)

Applications numériques:

Q12: Réaliser les applications numériques, pour les quatre cas extrêmes définis sur DR4. Ceux-ci correspondent à l'usinage de pièces en aluminium et en fonte pour les diamètres (ϕ) mini. et Maxi. des pièces à usiner.

Compléter le tableau DR4

Données :

- $m_{\text{outil}} = m_{\text{masselotte}} = 10 \text{ kg}$

Pour l'aluminium :

- $V_c = 300 \text{ m/min}$

- $F_a = F_p = 750 \text{ N}$

- $F_c = 1500 \text{ N}$

Pour la fonte :

- $V_c = 120 \text{ m/min}$

- $F_a = F_p = 1500 \text{ N}$

- $F_c = 3000 \text{ N}$

Q13: Déterminer la durée de vie de la butée en heure (L_h).

Cette durée vous paraît-elle satisfaisante ?

$$\text{Rappel : } L_h = \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60N}$$

$C = 33\,500 \text{ N}$

$P = F_a = F = 50000 \text{ N}$

$N = 2\,808 \text{ tr/min.}$

2/ RECHERCHE DES GRANDEURS PHYSIQUES ET PARAMETRES INFLUANT SUR L'USURE DU SYSTEME PIGNONS-CREMAILLERE :

Cette étude nous oriente suivant deux axes de recherche :

- Etude du flambage de la crémaillère.
- Etude des pressions au niveau des contacts pignons-crémaillère.

2.1/ VERIFICATION DE LA CREMAILLERE AU FLAMBAGE (voir DT7)

Hypothèses :

- L'effort de compression est estimé à **50 000 N**.
- Pour définir la longueur libre de flambage **L** on se place dans le cas : **encastrement-encastrement**.

Données :

- Matière: **16 Ni Cr 6 (Re=980 MPa, Rpe=450 MPa, E= 210 000 MPa)**.
- Diamètre: **d=30 mm**.
- Longueur réelle : **l=500 mm**.

Q14: A l'aide du DT7, déterminer la force admissible F_{adm} sur la poutre crémaillère et conclure quant à l'usure du système.

Répondre sur le DR5.

2.2/ CALCUL DE LA PRESSION AU CONTACT DU PIGNON 6₀ AVEC LA CREMAILLERE 5. (Voir DT8)

Hypothèses et données :

- L'effort sur la denture est de $\|\vec{F}_{6_0 \rightarrow 5}\| = 27\,000 \text{ N}$, mais comme il y a deux dents en prise, on prendra l'effort $F = \|\vec{F}_{6_0 \rightarrow 5}\|/2$, soit **F= 13 500 N**.
- On retient le **modèle de Hertz**, car le contact est linéaire. (avec $\epsilon_n = F/l$).
- Le contact est de type **cylindre-plan R = 17 mm** et **l=20 mm**.
- La pression admissible pour l'acier traité est: **Padm= 1 300 MPa**
- Les coefficients liés aux matériaux sont: **$k_1 = k_2 = 1,38 \cdot 10^6 \text{ mm}^2/\text{N}$** .

Q15: A l'aide du DT8, déterminer la pression maximum P_{MAXI} et conclure quant à l'usure du système pignons-crémaillère.

Répondre sur le DR5.

3/ RECHERCHE DES GRANDEURS PHYSIQUES ET PARAMETRES INFLUANT SUR L'APPARITION D'UN JEU IMPORTANT DANS LE PORTE-OUTIL :

Le service de maintenance s'est rendu compte, concernant l'apparition du jeu dans le mouvement du porte-outil, qu'il y avait un mauvais positionnement du graisseur par rapport à la pompe à graisse mue par le vérin Vg et donc un défaut de graissage. (voir DT1 et DT5).

Le codeur étant sur le moteur, on peut supposer un glissement entre la poulie et la courroie.

Le service de maintenance propose d'utiliser des courroies crantées.

Répondre sur le DR6

3.1/ CALCUL DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION DE LA POULIE MOTRICE

Données :

- Diamètre de la poulie motrice $\varnothing d_{pm} = 114 \text{ mm}$.
- Diamètre de la poulie réceptrice $\varnothing D_{pr} = 200 \text{ mm}$.
- Fréquence de rotation de l'outil $N_{o/19} = 2808 \text{ tr/min}$.
- Le système est représenté sur les DT1 et DT4.

Q16: Déterminer la fréquence de rotation de la poulie motrice (sur l'arbre moteur) $N_{pm/19}$.

3.2/ CALCUL DU COUPLE APPLIQUE A LA POULIE MOTRICE (sur l'arbre moteur)

Hypothèses et données :

On se place dans les conditions les plus significatives (pièce en alliage d'aluminium et diamètre minimum) :

- l'effort de coupe est $F_c = 1500 \text{ N}$, (effort tangentiel)
- la fréquence de rotation de l'outil (*maximum*) est $N_{o/19} = 2808 \text{ tr/min}$,
- le diamètre de coupe est $\varnothing_{\text{mini}} d_c = 34 \text{ mm}$.

Q17: Calculer le couple utile C_m sur la poulie motrice, dans les conditions suivantes :

- Les liaisons sont supposées parfaites.
- On se place en régime établi.

Données :

- Le rendement est estimé à $\eta = 0,9$.

Q18: Déterminer la puissance utile P_m à transmettre par la courroie.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous-épreuve E 4-1)

Documents réponses

Contenu du dossier :

- Documents réponses DR 1 à DR 6

MODELISATION DES ELEMENTS DE MECANISMES
CALCUL DES GRANDEURS CARACTERISTIQUES

Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

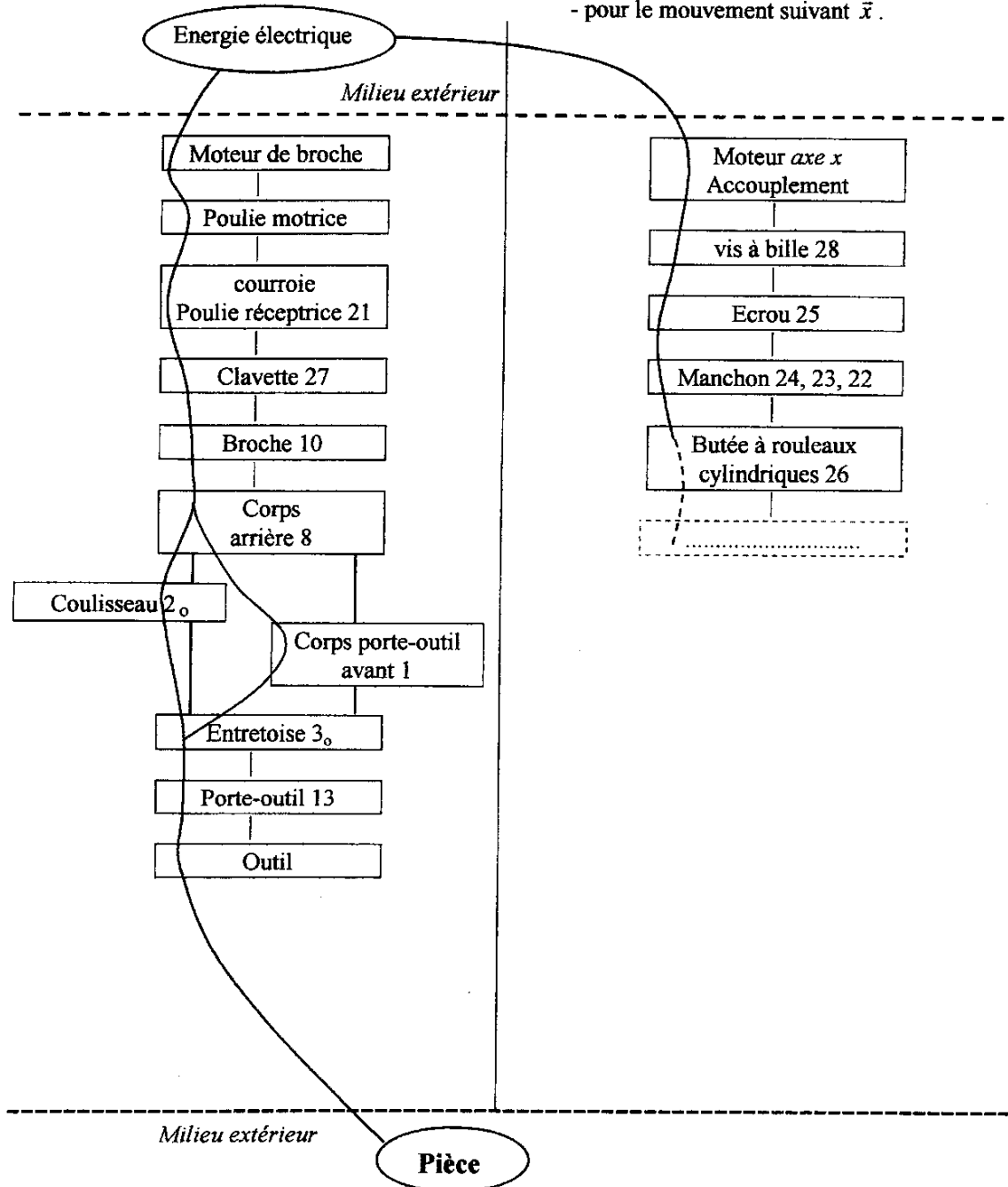
(Précisez, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

DOCUMENTS REPONSES E41

1.1/ Modélisation.

Q1: Flux de la transmission de puissance :

- pour le mouvement autour de (o, \vec{z}) .- pour le mouvement suivant \vec{x} .

Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

1.2/ RELATION ENTREE-SORTIE ($\omega_{28/19}$ et l'avance a_x).

Q3: $V_{O/I}$ en mm/s (expression littérale) en fonction de a_x en mm/tr et $N_{outil/19}$ en tr/min :

Q4: Vitesse de translation de la crémaillère $V_{5/19}$ (expression littérale) :

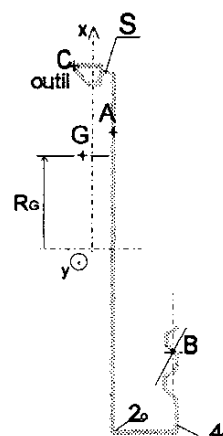
$$V_{5/19} = f(V_{O/I})$$

Q5: Vitesse de rotation de la vis $\omega_{28/19}$ (expression littérale) :

Q6: Application numérique pour $\omega_{28/19}$ en rad/s et $N_{28/19}$ en tr/min :

1.3/ EFFORT AXIAL SUR LA BUTEE A ROULEAUX CYLINDRIQUES.

Q7: Isoler $S=[outil, 3_o, 2_o, 4_o]$ et inventaire des actions mécaniques de contact (*bilan*) sous forme de torseur exprimé au point de réduction :



Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

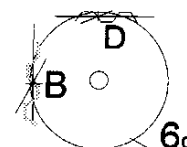
Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

En littéral

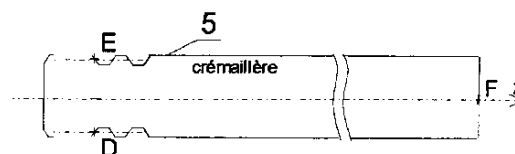
Q8: L'accélération \vec{a} $\xrightarrow{O/R0}$:

Q9: Th. résultante dynamique sur \vec{x} et action mécanique en B de 6_0 sur 4_0 :

Q10: L'action mécanique en D de 6_0 sur 5 :



Q11: L'effort $\|\vec{F}\|$ sur la butée:



Applications numériques :

Q12: Pour les quatre cas extrêmes définis sur DT6:

(Usinage de pièce en aluminium et en fonte et des diamètres mini. et Maxi.) $m=10 \text{ kg}$

Compléter le tableau	$\varnothing_{\text{mini.}} = 34 \text{ mm}$ Alu. ($V_c=300\text{m/min}$)	$\varnothing_{\text{Maxi.}}=160\text{mm}$ Alu.	$\varnothing_{\text{mini.}} = 22 \text{ mm}$ Fonte ($V_c=120\text{m/min}$)	$\varnothing_{\text{Maxi.}}=160\text{mm}$ Fonte
$N_{\text{outil}} = \frac{1000V_c}{\pi d}$ en tr/min	2 808		1736,2	238,7
$\omega_{\text{outil}/19}$ en rad/s		62,5	182	25
R_G en m	0,0295	0,0925	0,0235	0,0925
$\vec{D}_{6_0 \rightarrow 5} \cdot \vec{z}$ en N	26 249		9 284	2 078
$\vec{E}_{6_m \rightarrow 5} \cdot \vec{z}$ en N	25 498	3 613	7 784	578
$\ \vec{F}\ $ en N				

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

Q13: La durée de vie de la butée en heures (L_h) :

Conclusion :

2.1/ VERIFICATION DE LA CREMAILLERE AU FLAMBAGE.

Q14: Force admissible F_{adm} sur la poutre crémaillère et conclusion :

2.2/ PRESSION AU CONTACT (du pignon 6m avec la crémaillère 5).

Q15: Pression Maxi. P_{MAXI} et conclusion :

Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

Numérotez chaque
page (dans le cadre
en bas de la page) et
placez les feuilles
intercalaires dans le
bon sens.

3.1/ VITESSE DE ROTATION DE LA POULIE MOTRICE.

Q16: Vitesse de rotation de la poulie motrice (sur l'arbre moteur) $N_{pm/19}$:

3.2/ COUPLE APPLIQUE A LA POULIE MOTRICE.

(sur l'arbre moteur)

Q17: Couple utile C_m sur la poulie motrice :

Q18: Puissance utile P_m nécessaire sur l'arbre moteur :

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

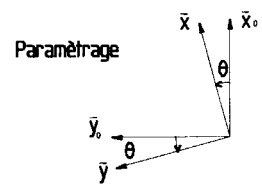
Session 2001

**Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(Sous épreuve E 4-1)**

Dossier technique

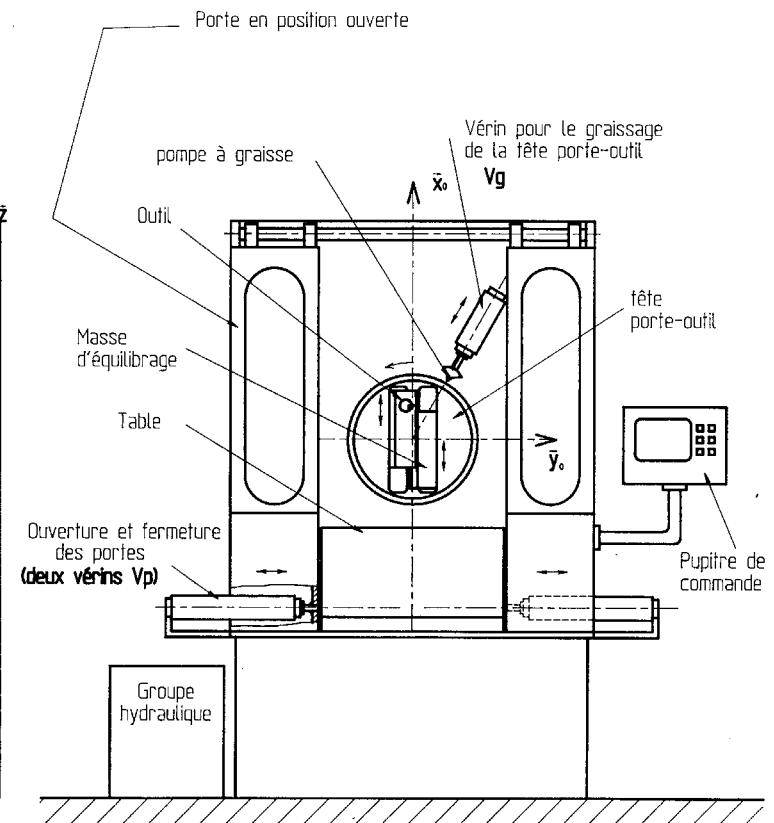
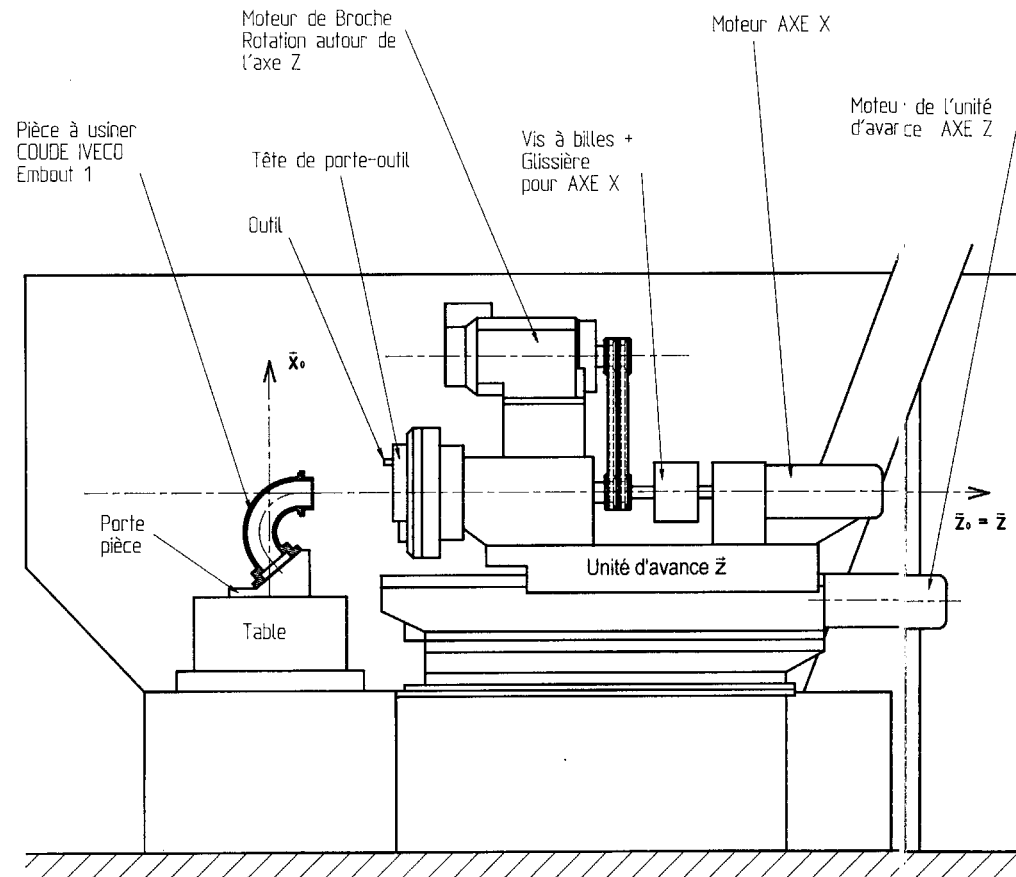
Contenu du dossier :

E 4-1 : document DT 1 à DT 8



!!!!
Original A3

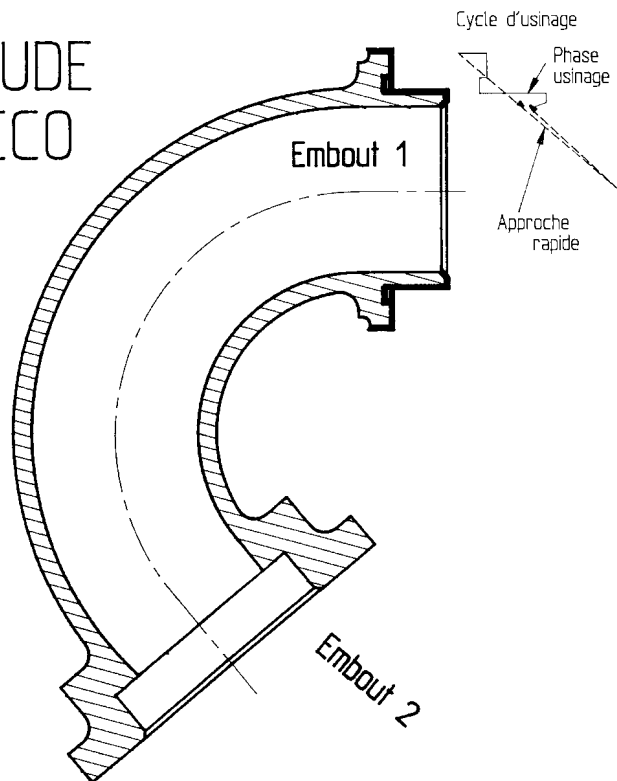
MACHINE A USINER DES EMBOUTS M146



Echelle $\approx 1:14$

Document DT1

COUDE
IVECO



Phase 8	Recul rapide
Phase 7	Chariotage 2
Phase 6	Dressage 2
Phase 5	Pigure
Phase 4	Chariotage1
Phase 3	Dressage 1
Phase 2	Chanfreinage
Phase 1	Approche rapide

CYCLE D'USINAGE

Conditions de coupe générales
 $a = 0.2 \text{ mm/tr}$
 $V_c = 300 \text{ m/min}$

Document DT2

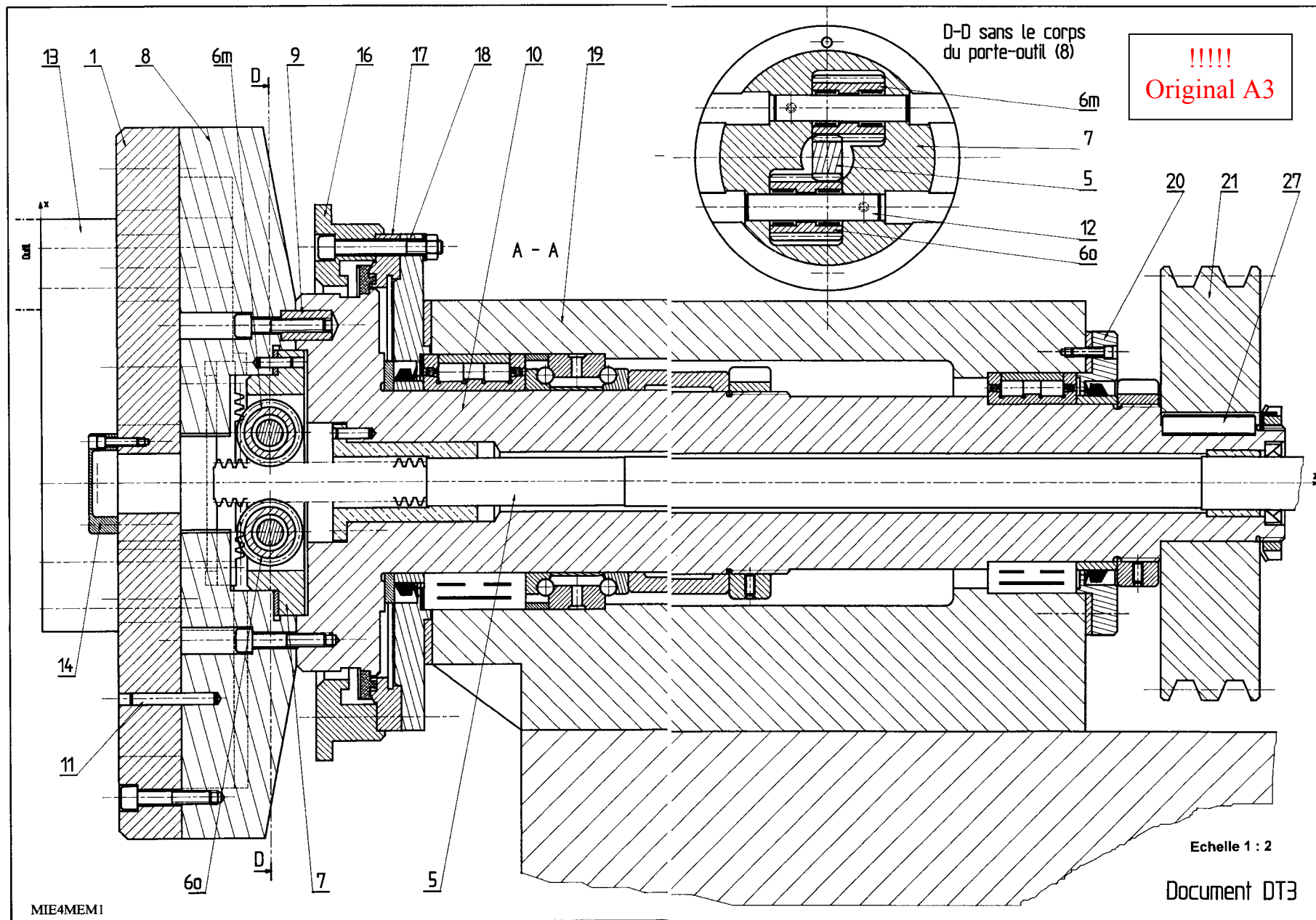
MIE4MEM1

Extrait de NOMENCLATURE

Repère	Nb	Désignation
29	1	BATI
28	1	VIS A BILLES – pas $p = 5 \text{ mm}$
27	1	CLAVETTE
26	1	BUTEE A DOUBLE EFFET A ROULEAUX CYLINDRIQUES
25	1	ECROU (pour vis à billes)
24	1	GLISSIERE
23	1	SUPPORT BUTEE A ROULEAUX
22	1	COUVERCLE DE BUTEE A ROULEAUX
21	1	POULIE RECEPTRICE
20	1	CHAPEAU
19	1	CORPS DE BROCHE
18	1	FLASQUE
17	1	FLASQUE D'ETANCHEITE
16	1	COURONNE D'ETANCHEITE
15	1	MASSELOTTE
14	1	COUVERCLE
13	1	PORTE-OUTIL
12	2	AXE DE PIGNON (12o → outil ; 12m → masselotte)
11	4	GOUPILLE
10	1	BROCHE
9	1	PLOT DE CENTRAGE
8	1	CORPS PORTE-OUTIL ARRIERE
7	1	PLAQUE SUPPORT DES PIGNONS
6	2	PIGNON (6o → outil ; 6m → masselotte)
5	1	CREMAILLERE CENTRALE
4	2	CREMAILLERE DE COULISSEAU (4o → outil ; 4m → ...)
3	4	ENTRETOISE (3o → outil ; 3m → masselotte)
2	2	COULISSEAU (2o → outil ; 2m → masselotte)
1	1	CORPS DE PORTE-OUTIL AVANT

DOCUMENT DT6

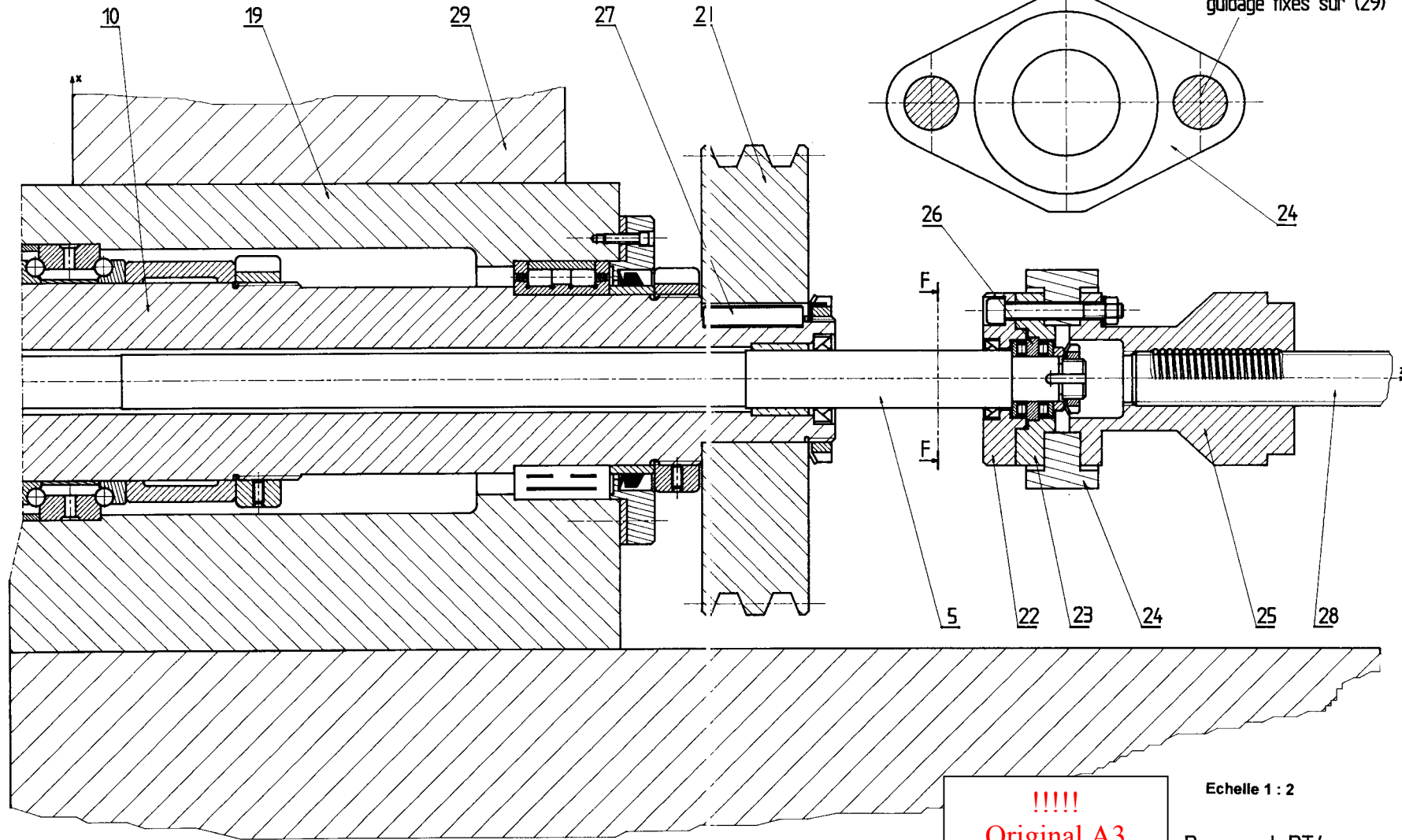
MIE4MEM1



A - A

Vue de la glissière (24) coupe F-F

Colonnes de guidage fixes sur (29)

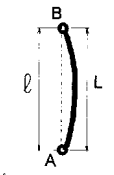
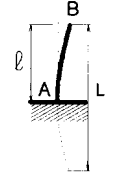

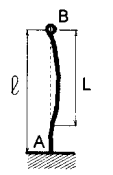


!!!!
Original A3

Echelle 1 : 2
Document DT4

Flambage

Longueur libre de flambage:

Types de liaisons			
en A et B : liaisons pivot ou rotule	en A : liaison encastrement en B : libre	en A et B : liaisons encastrement	en A : liaison encastrement en B : liaisons pivot ou rotule
			
$L = l$	$L = 2l$	$L = 0,5l$	$L = 0,7l$

Rayon de giration:

$$\rho = \sqrt{\frac{I_{GZ}}{S}}$$

ρ : rayon de giration (en mm).
 I_{GZ} : moment quadratique de la section (en mm⁴), (ici $I_{GZ} = \pi d^4 / 64$).
 S : aire de la section droite (en mm²).

Elancement:

$$\lambda = \frac{L}{\rho}$$

λ : elancement d'une poutre.
 L : longueur libre de flambage (en mm) voir tableau ci-dessus.
 ρ : rayon de giration de la section (en mm).

Elancement critique:

$$\lambda_c^2 = \frac{\pi^2 E}{Re}$$

λ_c : elancement critique lié au matériau de la poutre (sans dimension).
 E : module d'élasticité longitudinal (en MPa).
 Re : résistance élastique du matériau (en MPa).

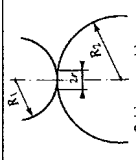
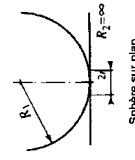
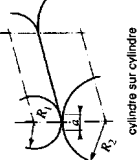
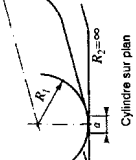
Critère de résistance: $F_{admissible}$

poutres courtes $\lambda < 20$	poutres moyennes $20 < \lambda < 100$	poutres longues $\lambda > 100$
compression simple $F_{adm} = R_{pe} \cdot S$	formule expérimentale de Rankine $F_{adm} = \frac{R_{pe} \cdot S}{1 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}$	formule d' Euler $F_{adm} = \frac{R_{pe} \cdot S}{2\left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}$

R_{pe} : résistance pratique à l'extension (en MPa).
 F_{adm} : force admissible sur la poutre (en N).

Extrait du livre LIAISONS ET MECANISMES (éd. DUNOD par AGATI et ROSSETO).

Modèle de HERTZ

Forme des contacts	Rayon de l'empreinte r (mm)	Pression moyenne p_{moy} (MPa)	Pression maximale p (MPa)
	$r = \sqrt{\frac{3\pi}{4} \times \frac{k_1 + k_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \times \frac{N}{\epsilon_n}}$ N = composante normale de la force de contact.	$p_{moy} = \frac{N}{\pi r^2}$	$p_{max} = \frac{3}{2} \times \frac{N}{\pi r^2}$
	$r = \sqrt{\frac{3\pi}{4} \times \frac{k_1 + k_2}{\frac{1}{R_1}} \times \frac{N}{\epsilon_n}}$	$p_{moy} = \frac{N}{\pi r^2}$	$p_{max} = \frac{3}{2} \times \frac{N}{\pi r^2}$
	$a = 4 \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \times \frac{\epsilon_n}{\epsilon_n}}$ ϵ_n = densité linéique normale de force de contact.	$p_{moy} = \frac{\epsilon_n}{a}$	$p_{max} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\epsilon_n}{k_1 + k_2}} \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$
	$a = 4 \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{\frac{1}{R_1}} \times \frac{\epsilon_n}{\epsilon_n}}$	$p_{moy} = \frac{\epsilon_n}{a}$	$p_{max} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\epsilon_n}{k_1 + k_2}} \times \frac{1}{R_1}$

Document DT8

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2001

EPREUVE E 4
Analyse fonctionnelle et Structurelle
des Mécanismes

Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)

Durée : 5 heures

Coefficient : 2

Aucun document n'est autorisé

Ce sujet contient 4 dossiers :

- Présentation
- Dossier technique
- Questionnaire
- Documents réponses

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

MIE4AFS1

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2001

Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)

Présentation

Ce dossier contient les documents :

PR 1/1

MIE4AFS1

MACHINE A USINER DES EMBOUTS

PRESENTATION

Mise en situation et fonctionnement.

1/- MISE EN SITUATION (Voir DT1)

La machine à usiner des embouts est une machine à commande numérique qui a la particularité de générer des surfaces de révolution avec un outil tournant, la pièce restant fixe.

Elle permet d'usiner des pièces difficiles à mettre en rotation, posant des problèmes d'équilibrage dynamique. (Usinage d'embouts en fonte et en alliage d'aluminium).

Se reporter au DT2, pour un exemple de pièce à fabriquer.

- Le repère $R_0(0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est Galiléen.

- Le repère $R(0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est lié à la broche.

2/- FONCTIONNEMENT

2.1/ LES TROIS DEPLACEMENTS DE L'OUTIL :

-Mise en rotation de la broche (rotation d'axe (O, \vec{z}) par le moteur de broche :

(Voir DT1 et DT3)

La transmission se fait par poulies et courroies trapézoïdales.

La broche tubulaire est montée sur l'unité d'avance (axe \vec{z}), elle laisse passer une crémaillère 5 qui commande le déplacement du porte-outil 13.

-Mise en mouvement de l'outil en translation suivant \vec{x} , par le moteur d'axe x :

(Voir DT1, DT3 et DT4)

Cette mise en mouvement nécessite une translation de la crémaillère centrale 5 par rapport à la broche 10, la crémaillère 5 restant animée du même mouvement de rotation que 10 par rapport au corps de broche 19.

La translation de 5 par rapport à 10 est obtenue par un système vis 28 – écrou à billes 25. La vis 28 est guidée en rotation (liaison pivot) par rapport à (29+19) et l'écrou 25, lié à (22+23+24) est guidé en translation (liaison glissière) par rapport à (29+19) (Voir coupe F-F sur DT4).

La transmission des actions mécaniques entre l'ensemble des pièces liées à l'écrou 25 et la crémaillère 5 se fait par l'intermédiaire d'une butée 26 à double effet et rouleaux cylindriques.

-Mise en mouvement de l'unité d'avance suivant \vec{z} , par le moteur d'axe z : (voir DT1)

Cette unité d'avance est montée sur une glissière. La transformation du mouvement est obtenue par un couple vis-écrou à billes.

Ce mécanisme n'est pas représenté et il n'est pas à étudier.

Remarque : Les représentations correspondent à la position angulaire $\theta = 0$ (Voir DT1).

2.2/ GRAISSAGE DE LA TETE PORTE OUTIL : (Voir DT1 et DT5)

Un vérin Vg, dont le corps est fixe sur 29, vient placer une pompe au contact d'un graisseur solidaire du corps de porte-outil 1, tous les 60 cycles d'usinage.

Cette lubrification s'effectue durant 4 secondes.

Un codeur, placé sur le moteur de broche, permet d'arrêter le corps de porte-outil et par suite le graisseur, dans la bonne position.

2.3/ OUVERTURE ET FERMETURE DES PORTES (Accès broche) : (Voir DT1)

Cette fonction est assurée par deux vérins hydrauliques Vp.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

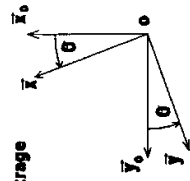
Analyse fonctionnelle et structurale Représentation des mécanismes (Sous-épreuve E 4-2)

Dossier technique

Contenu du dossier :

E 4-2 : DT 1 à DT10

Paramétrage



Moteur de Broche
Rotation autour de
l'axe Z

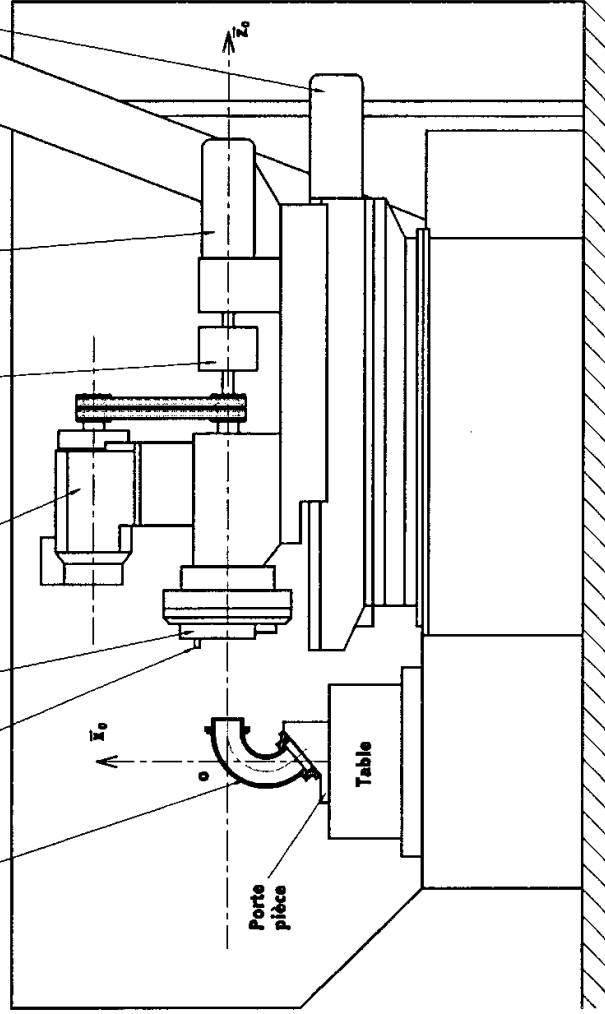
Plaque à usiner
COUDE IVECO
Embout 1

Tête de porte-outil

Vis à billes +
Glissière
pour AXE X

Moteur AXE X

Moteur de l'unité
d'avance AXE Z



MACHINE A USINER LES EMBOUTS M146

Porte en position ouverte

Vérin pour le graissage
de la tête porte-outil

Vg

pompe à graisse

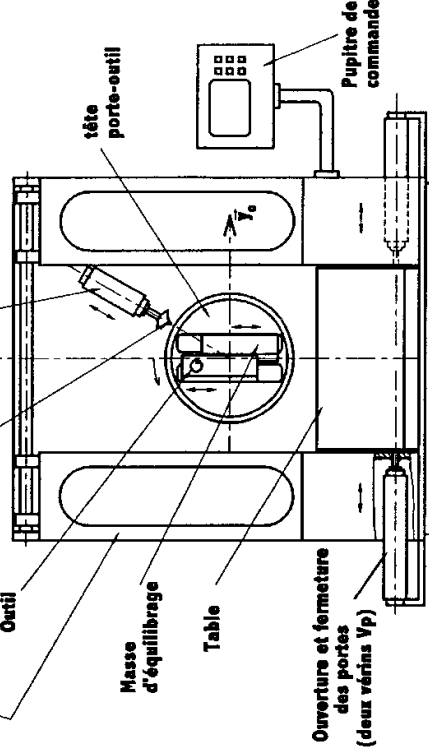
Outil

Masse
d'équilibrage

Table

Ouverture et fermeture
des portes
(deux vérins Vp)

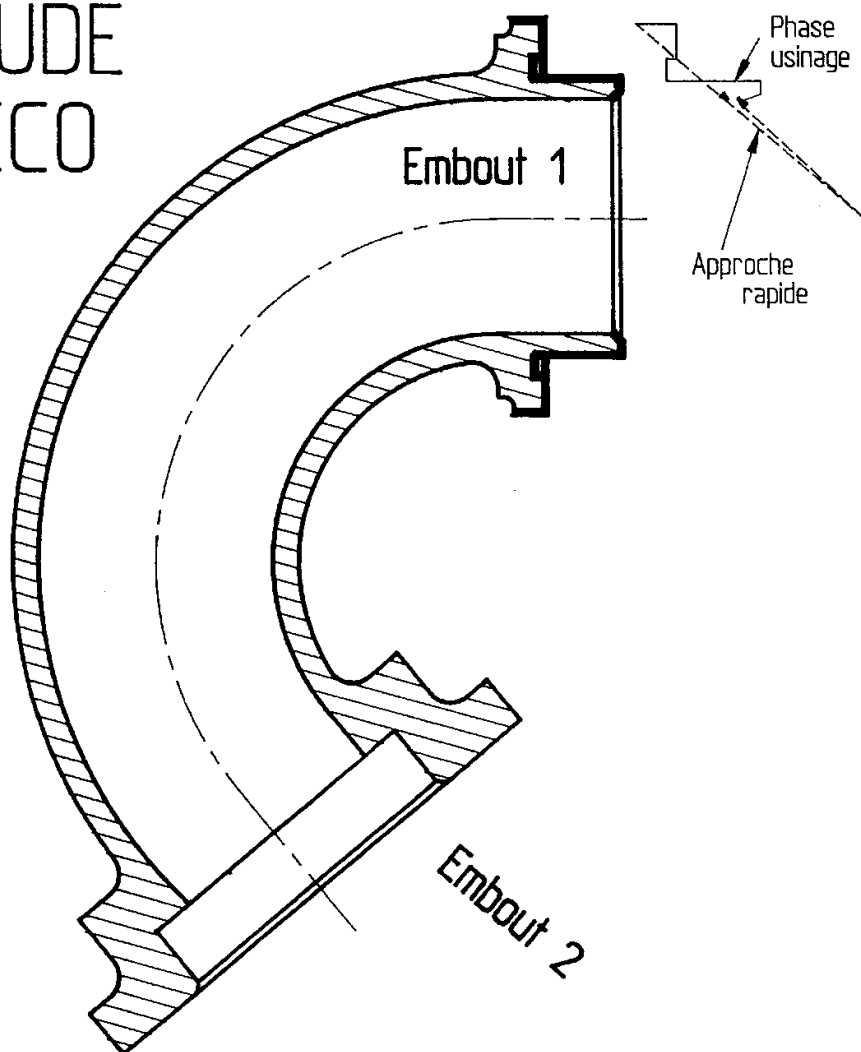
Groupe
hydraulique



MIE4AFS1

Document DT1

COUDE IVECO



Phase 8	Recul rapide
Phase 7	Chariotage 2
Phase 6	Dressage 2
Phase 5	Pique
Phase 4	Chariotage1
Phase 3	Dressage 1
Phase 2	Chanfreinage
Phase 1	Approche rapide
CYCLE D'USINAGE	

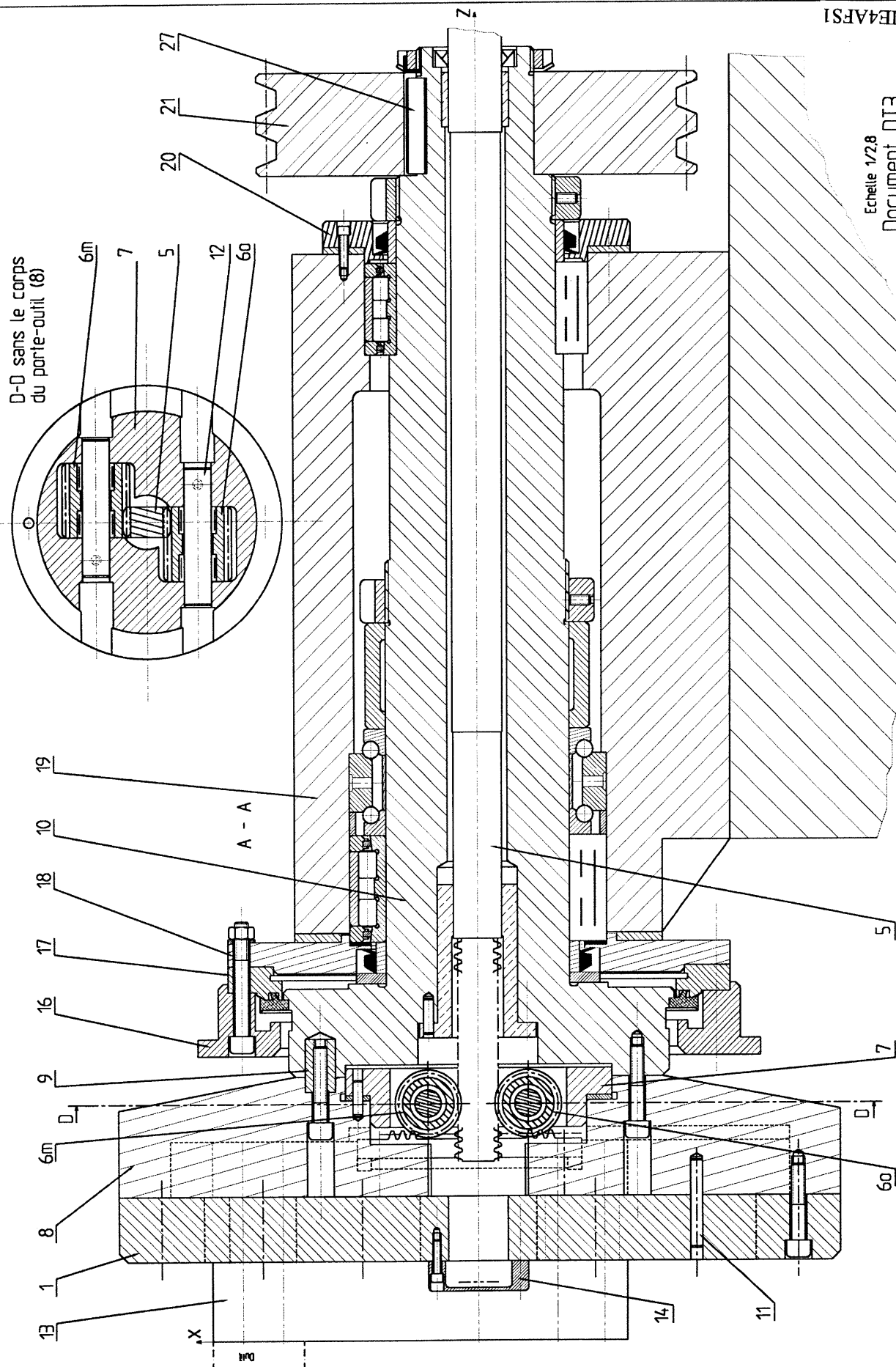
Conditions de coupe générales

$a = 0.2 \text{ mm/tr}$

$V_c = 300 \text{ m/min}$

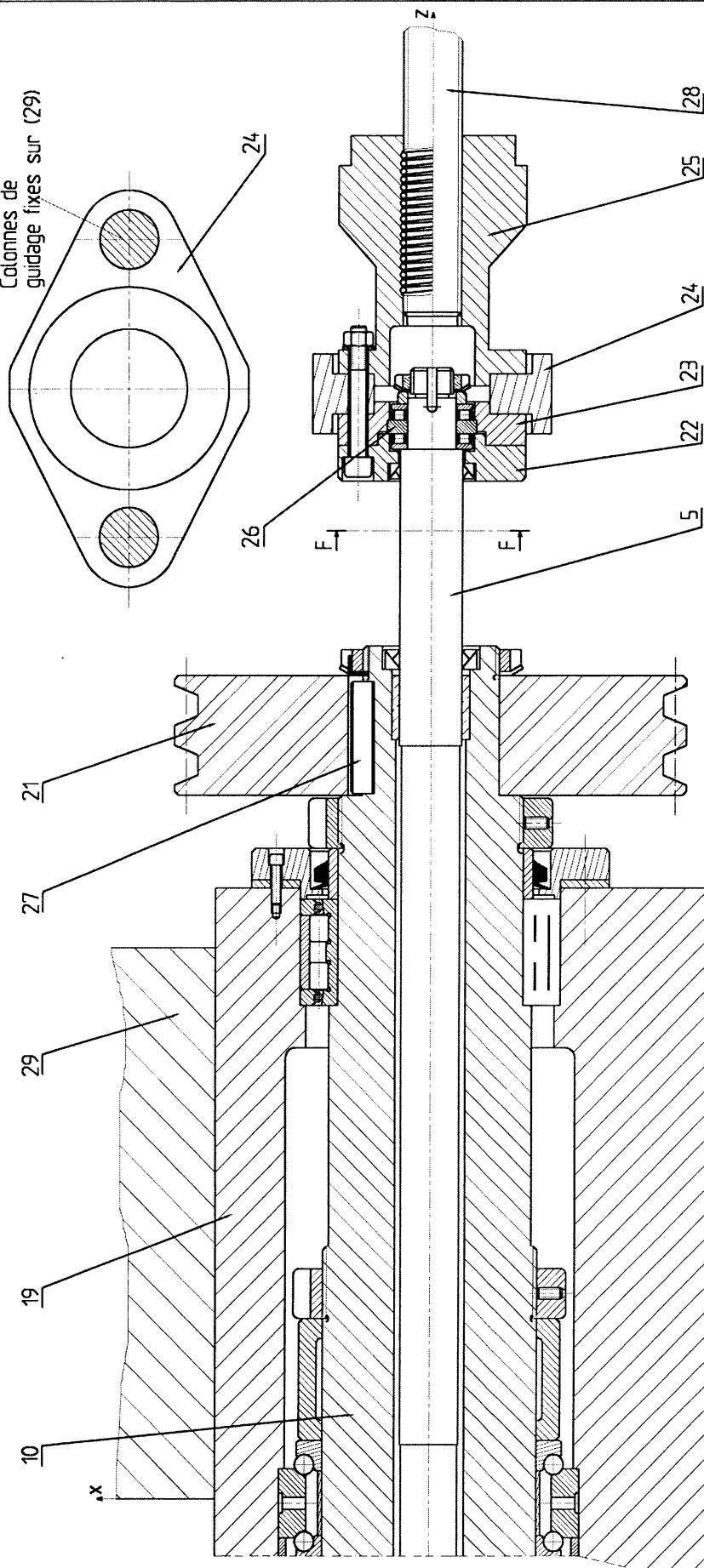
Document DT2

MIE4AFS1



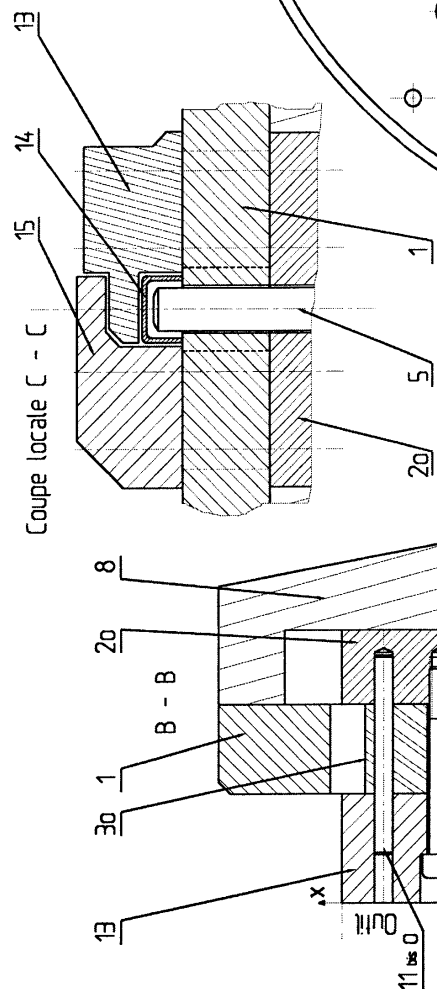
A - A

Vue de la glissière (24) coupe F-F
Colonnes de guidage fixes sur (29)

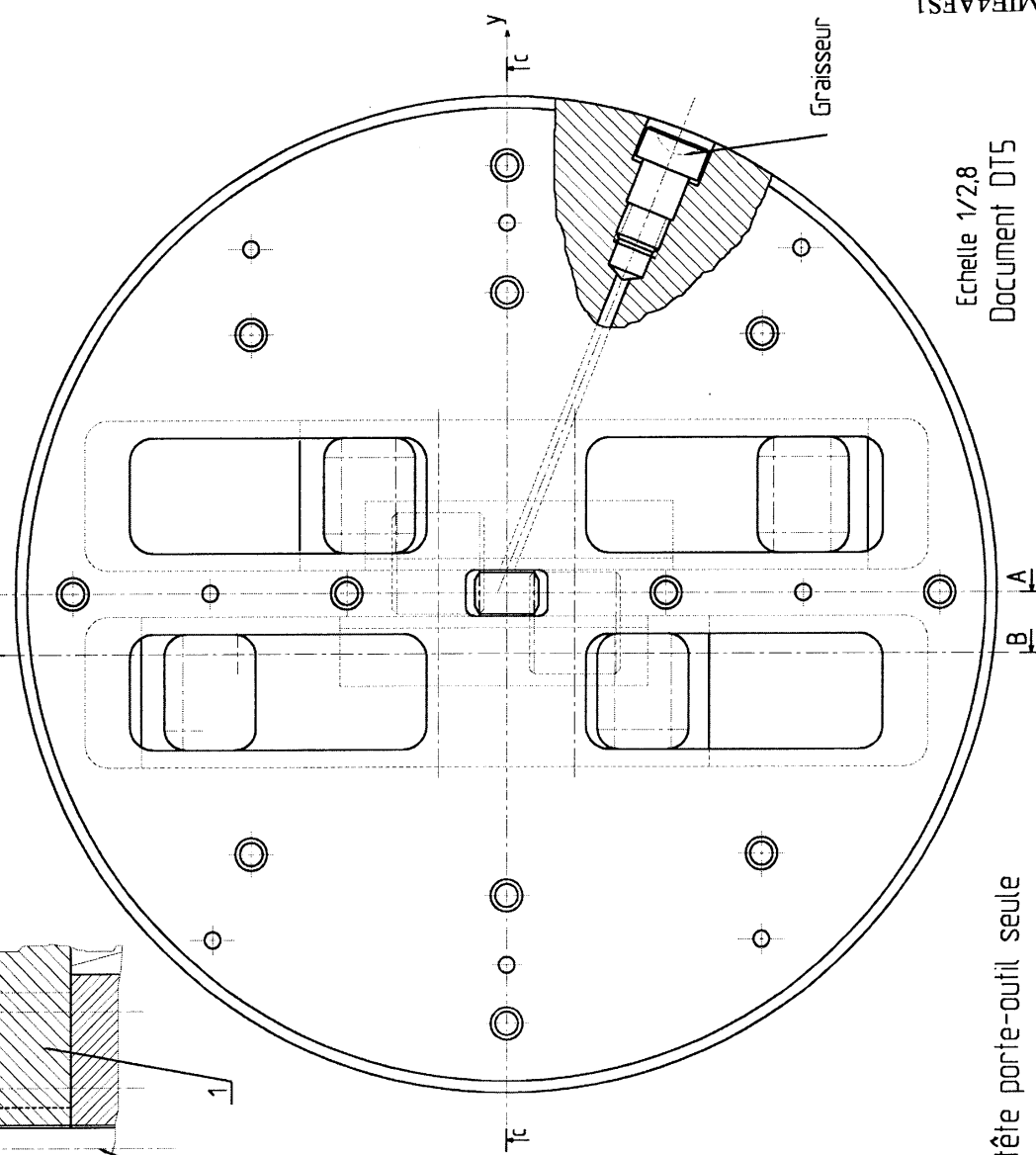


MIE4AFS1

Echelle 1/2,8
Document DT4



Vue sans les pieces 11bis a, 13, 14 et 15



Vue de la tête porte-outil seule

Extrait de NOMENCLATURE

29	1	BATI
28	1	VIS A BILLES – pas p = 5 mm
27	1	CLAVETTE
26	1	BUTEE A DOUBLE EFFET A ROULEAUX CYLINDRIQUES
25	1	ECROU (pour vis à billes)
24	1	GLISSIERE
23	1	SUPPORT BUTEE A ROULEAUX
22	1	COUVERCLE DE BUTEE A ROULEAUX
21	1	POULIE RECEPTRICE
20	1	CHAPEAU
19	1	CORPS DE BROCHE
18	1	FLASQUE
17	1	FLASQUE D'ETANCHEITE
16	1	COURONNE D'ETANCHEITE
15	1	MASSELOTTE
14	1	COUVERCLE
13	1	PORTE-OUTIL
12	2	AXE DE PIGNON (12o → outil ; 12m → masselotte)
11	4	GOUPILLE
10	1	BROCHE
9	1	PLOT DE CENTRAGE
8	1	CORPS PORTE-OUTIL ARRIERE
7	1	PLAQUE SUPPORT DES PIGNONS
6	2	PIGNON (6o → outil ; 6m → masselotte)
5	1	CREMAILLERE CENTRALE
4	2	CREMAILLERE DE COULISSEAU (4o → outil ; 4m → ...)
3	4	ENTRETOISE (3o → outil ; 3m → masselotte)
2	2	COULISSEAU (2o → outil ; 2m → masselotte)
1	1	CORPS DE PORTE-OUTIL AVANT
Repère	Nb	Désignation

DOCUMENT **DT6**

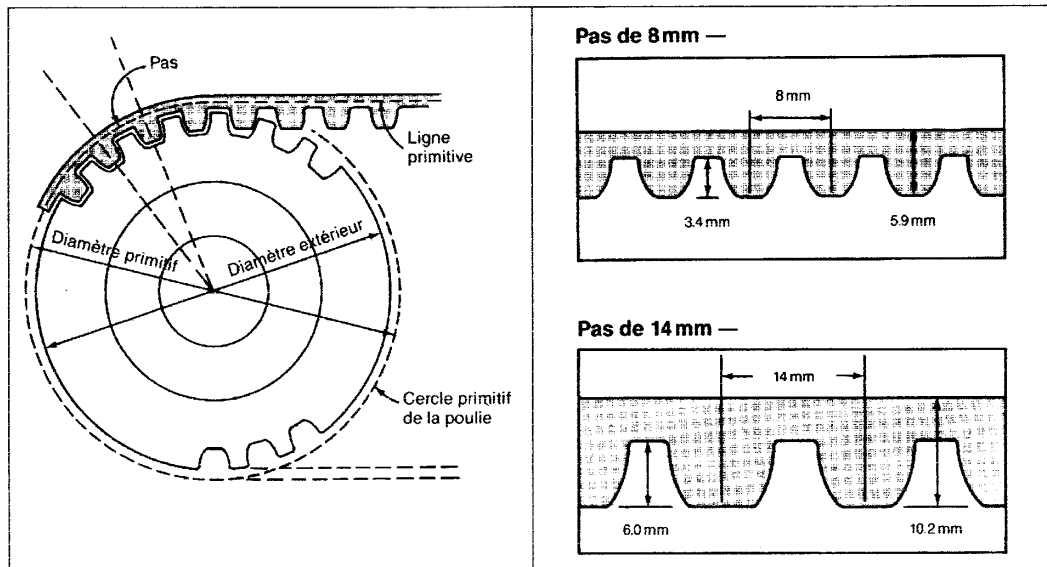
Tableau N° 1 — Facteurs de service

Machine entraînée	Entraînement					
	Moteurs à courant alternatif/triphasé: couple normal, rotor en court-circuit, moteurs synchrones, moteurs à courant monophasé			Moteurs à courant alternatif/triphasé: couple élevé, monophasé, couplage en série, rotor bobine monophasé		
	Moteurs à courant continu: circuit dérivé			Moteurs à courant continu: couplage en série, excitation compound		
	Moteurs à combustion multicylindres			Moteurs à combustion monocylindre		
Les machines entraînées citées ci-dessous ne donnent qu'un échantillon représentatif. Choisissez un entraînement qui corresponde à vos besoins par ses caractéristiques de puissance.	Utilisation courte	Utilisation normale	Utilisation continue	Utilisation courte	Utilisation normale	Utilisation continue
	3 à 8 h par jour	8 à 16 h par jour	16 à 24 h par jour	3 à 8 h par jour	8 à 16 h par jour	16 à 24 h par jour
Installations de remplissage Appareils de mesure Appareils médicaux	1.0	1.2	1.4	1.2	1.4	1.6
Appareils de nettoyage des sols Machines à coudre Machines de bureau	1.2	1.4	1.6	1.4	1.6	1.8
Installations de manutention légère scies à ruban	1.4	1.5	1.7	1.5	1.7	1.9
Agitateurs pour liquides Mélangeurs de pâte Perceuses Visseuses, decapeuses, Scies circulaires, raboteuses. Machines de blanchisserie. Machines à papier (sauf pétrisseuses) Machines d'impression	1.4	1.6	1.8	1.6	1.8	2.0
Agitateurs pour produits semi-liquides Installations de manutention lourde minerais, charbon, sable. Transmissions de machines-outils: ponceuses, fraiseuses Aléseuses Pompes: centrifuges, à engrenages Installations de filtrage: par vibrations Textiles: ourdissoirs, démeleirs Compresseurs centrifuges	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	2.1
Malaxeur pour argile (sauf meuletons) Installations de manutention: éleveurs mécanismes de remontage Déchargeurs, appareils de lavage Ventilateurs, souffleries: centrifuges Générateurs et excitateurs Treuils et mécanismes de remontage Calandre pour le caoutchouc, broyeurs, presses d'injection Boudineuses. Machines de scierie Machines textiles: métiers à tisser, métiers à filer, retordeur de fils	1.6	1.8	2.0	1.8	2.0	2.2
Centrifuges Installations de manutention: à tabliers, à vis sans fin Broyeurs à marteau Machines à pétrir le papier	1.7	1.9	2.1	1.9	2.1	2.3
Meuletons pour brique-argile Ventilateurs, souffleries, ventilateurs à vis pour les mines Soufflantes rotatives	1.8	2.0	2.2	2.0	2.2	2.4
Compresseurs à piston Broyeurs: à boulets, pour éboulis etc. Pompes à piston	1.9	2.1	2.3	2.1	2.3	2.5

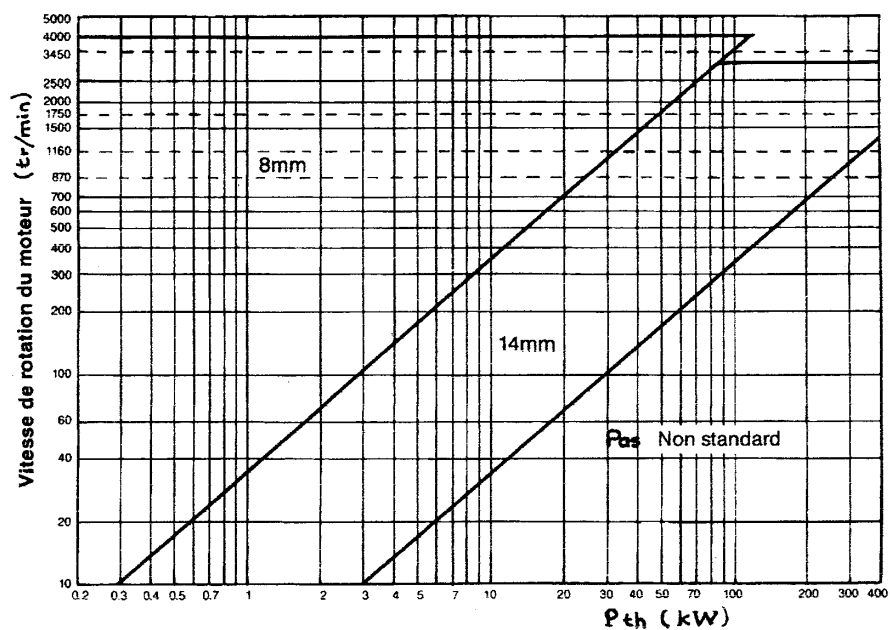
Document DT7

MIE4AFS1

Caractéristiques principales d'une courroie.



ABAQUE des PAS d'une courroie en fonction de N (tr/min) et Pth (kW)



Document DT8

MIE4AFS1

Butées à rouleaux cylindriques

Séries 811, 812
893, 874, 894

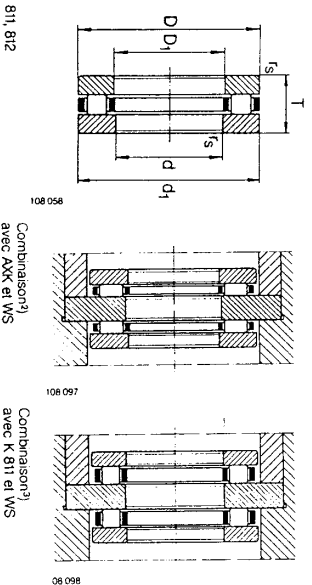


Tableau de dimensions (en mm)

Atrre, dia- mètre	Butée à rouleaux Designation	Cotes du chemin de roulement		Charges de base			Vitesse limite) n _{lim} ~ min ⁻¹
		E ₀	E ₉	d ₀ dyn C	stat C ₀	N	
15	811 02 TN	16	27	14 400	28 500	11 000	
17	811 03 TN	18	29	15 900	33 500	10 000	
20	811 04 TN	21	34	24 900	53 000	8 500	
25	811 05 TN	26	41	33 500	76 000	7 000	
30	811 06 TN	31	46	35 500	86 000	6 000	
	812 06 TN	31	50	64 000	141 000	6 000	
		893 06	33	59	62 000	173 000	5 000
35	811 07 TN	36	51	39 000	101 000	5 500	
	812 07 TN	39	58	80 000	199 000	4 900	
	893 07	38	67	76 000	222 000	4 600	
40	811 08 TN	42	58	56 000	148 000	4 800	
	812 08 TN	43	66	107 000	265 000	4 400	
	893 08 TN	44	77	122 000	385 000	4 000	
45	874 08	45	89	135 000	480 000	3 600	
	811 09 TN	43	87	200 000	580 000	3 700	
	812 09 TN	47	63	59 000	163 000	4 400	
50	893 09 TN	48	70	110 000	285 000	4 000	
	874 09	49	83	139 000	445 000	3 600	
	811 10 TN	52	98	154 000	560 000	3 200	
55	811 10 TN	49	97	239 000	700 000	3 300	
	812 10 TN	52	68	61 000	177 000	4 000	
	893 10 TN	53	75	117 000	315 000	3 700	
60	874 10 TN	56	92	167 000	560 000	3 200	
	811 11 TN	54	107	200 000	740 000	2 900	
	812 11 TN	54	107	295 000	900 000	3 000	
65	893 11	57	77	90 000	300 000	3 600	
	874 11	59	85	154 000	405 000	3 300	
	811 12 TN	62	103	183 000	600 000	2 900	
70	812 12 TN	65	118	222 000	870 000	2 600	
	893 12	59	116	340 000	1 050 000	2 700	
	874 12	62	82	103 000	315 000	3 300	
75	894 12 TN	64	91	172 000	480 000	3 100	
	811 13 TN	67	108	188 000	630 000	2 700	
	812 13 TN	68	128	260 000	1 000 000	2 500	
80	894 13 TN	65	126	390 000	1 220 000	2 500	

TN = Cage en matière plastique; température maxi d'utilisation:
continu: 120 °C; occasionnel: 150 °C; pointes: 180 °C (vous consulter).

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^n$$

L₁₀ : durée de vie du roulement en millions de tours
C : charge dynamique de base
P : charge équivalente exercée sur le roulement (voir
paragraphe IV)
n = 3 pour les roulements à billes
n = 10/3 pour les roulements à rouleaux

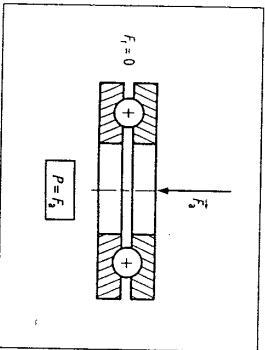
Durée de vie L_{10H}
en heures de fonctionnement

L₁₀ : millions de tours

N : vitesse de rotation en tr/min.

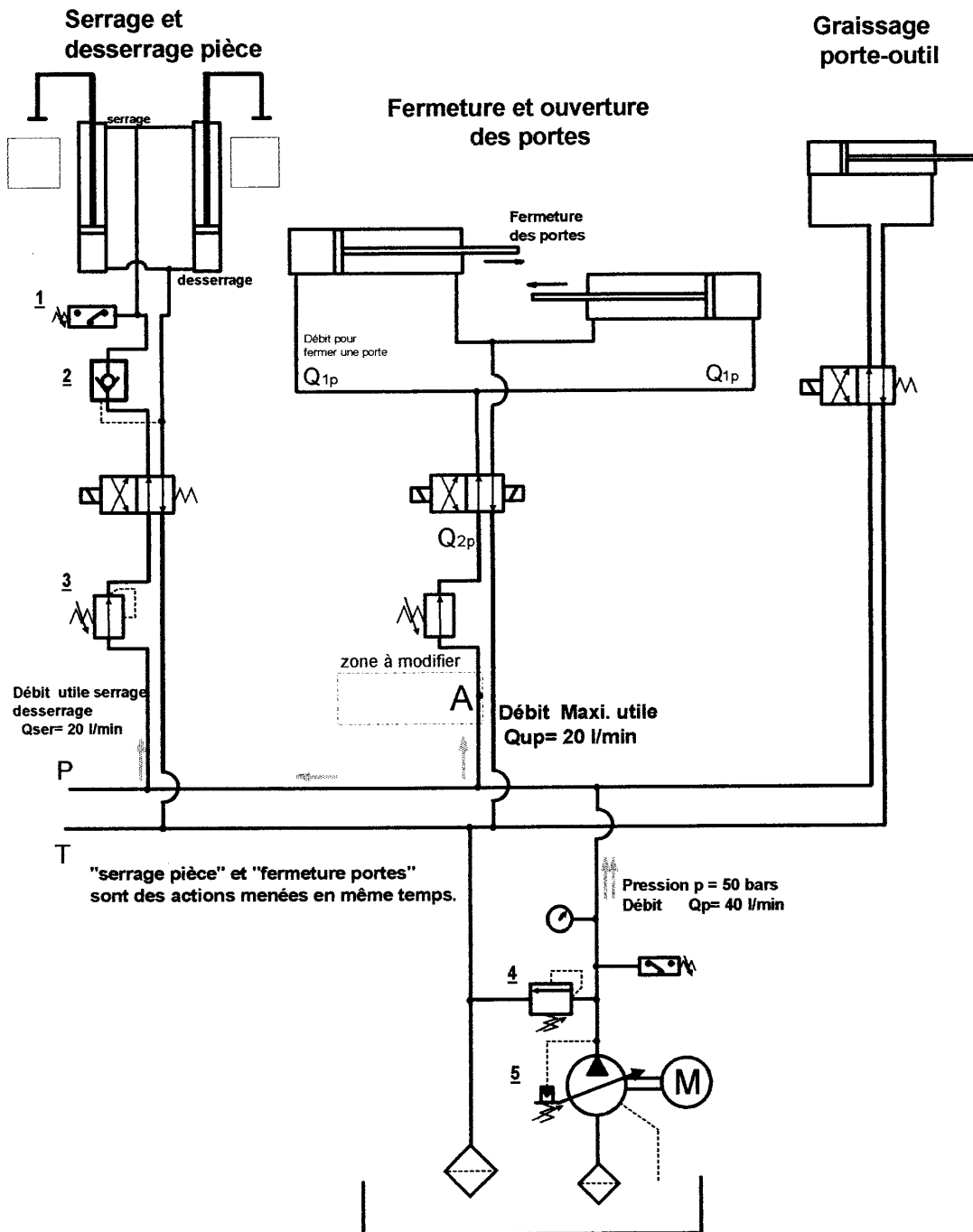
$$L_{10H} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot N}$$

Durées de vie indicatives de quelques paliers à roulements		
mode d'emploi	exemples d'emploi	durée de vie L _{10H}
usages intermittents	electromoteur, outillages electropneumatiques, automobiles, appareils de manutention et de levage, moteurs d'avions...	1 000 à 15 000
fonctionnant 8 heures par jour	vehicules industriels, machines-outils, machines agricoles, machines de production...	15 000 à 35 000
service en continu 24 heures 24	convoyeurs, compresseurs, certaines machines de production, ventilateurs, moteurs stationnaires	35 000 à 60 000
machines dont la fiabilité est très importante	machines à papier, machines textiles, navires, services des eaux, barrages...	100 000 à 200 000



3. Valeur de P dans le cas des butées.

MACHINE A USINER DES EMBOUTS Schéma hydraulique



Document **DT10**

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2001

Analyse fonctionnelle et structurelle Représentation des mécanismes (Sous-épreuve E 4-2)

Questionnaire

Contenu du dossier :

- Questionnaire QUES 1 à QUES 9.

BAREME

Questions	Barème sur 40	Questions	Barème sur 40
Question 1-1 Q1	3	Question 3-1 Q20	2
Question 1-2 Q2 à Q14	8	Question 3-2 Q21	3
Question 1-3 Q15 et Q16	2	Question 4-1 Q22	2
Question 2-1 Q17 et Q18	10	Question 4-2 Q23 et Q24	2
Question 2-2 Q19	4	Question 4-3 Q25 et Q26	4

MIE4AFS1

ETUDE DU DEPLACEMENT DU PORTE-OUTIL ET DE LA ROTATION DE LA BROCHE

PROBLEMES POSES:

L'observation de l'historique des pannes (*sur deux ans*) montre :

- 1- une mauvaise synchronisation du graissage de la tête porte-outil (Voir PR1) ce qui entraîne :
 - une usure anormale au niveau du système pignon-crémaillère,
 - l'apparition d'un jeu transversal important dans le mouvement du porte-outil.
- 2- une durée de vie très faible de la butée double effet à rouleaux cylindriques.
- 3- un temps de cycle d'usinage trop long (fermeture des portes trop lente).

OBJECTIFS DE L'ETUDE:

Recherche de solutions technologiques aux problèmes énoncés ci-dessus.

1/ MAUVAISE SYNCHRONISATION DU GRAISSAGE DE LA TÊTE PORTE-OUTIL : INSTALLATION D'UNE COURROIE CRANTEE (ou courroie synchrone).

La mauvaise synchronisation du graissage de la tête porte-outil étant consécutive à du glissement dans la transmission par courroies trapézoïdales entre la poulie motrice calée sur l'arbre du moteur de broche et la poulie réceptrice 21 solidaire de la broche 10, le but de l'étude est d'installer une courroie crantée entre ces deux poulies afin d'obtenir un meilleur positionnement du graisseur par rapport à la pompe de graissage (Voir DT1, DT3 et DT5).

1.1/ ETUDE DE DIFFERENTES SOLUTIONS

Répondre sur DR1

Q1 : Proposer, sous forme de schémas de principe (*en utilisant le plus possible les symboles normalisés*), deux autres solutions capables de rendre synchrones la rotation du moteur de broche et celle de la broche 10.

MIE4AFS1

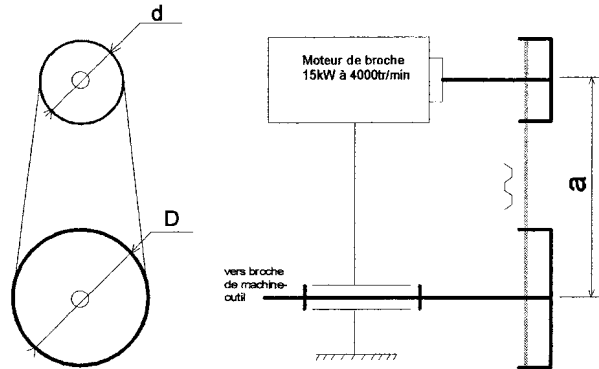
E4.2 QUES 1

1.2/ DETERMINATION D'UNE COURROIE CRANTÉE.

On utilisera la procédure de choix d'une transmission GATES POLY CHAIN.

Extrait du cahier des charges (voir DT7 et DT8).

- **Entraînement:** (moteur de broche) c'est un moteur à courant continu, couplage série FANUC 22P d'une puissance $P = 15 \text{ kW}$ à $4\,000 \text{ tr/min}$, fréquence de rotation de travail.
- **Conditions de fonctionnement:** utilisation normale.
- **Machine entraînée:** transmission de machine outil.
- **Entraxe:** $a = 360 \text{ mm}$.
- **Rapport de transmission** $k = N_{\text{moteur}}/N_{\text{broche}} = 1,4$



A Détermination de la puissance théorique transmissible

Pour tenir compte des conditions de fonctionnement particulières de la machine, on calcule un *facteur de service* f_s et on détermine la *puissance théorique* P_{th} .

Q2: A partir du tableau n°1 du DT7 déterminer le *facteur de service* f_s .

Q3: Calculer la *puissance théorique* P_{th} .

$$P_{th} = P \times f_s$$

B Sélection de la courroie

Q4: A partir de l'abaque du DT8, déterminer le *pas* de la courroie.

C Détermination des poulies

Q5: A l'aide de l'extrait de tableau ci-dessous, déterminer le **nombre de dents** et le **diamètre primitif** des poulies menante et menée.

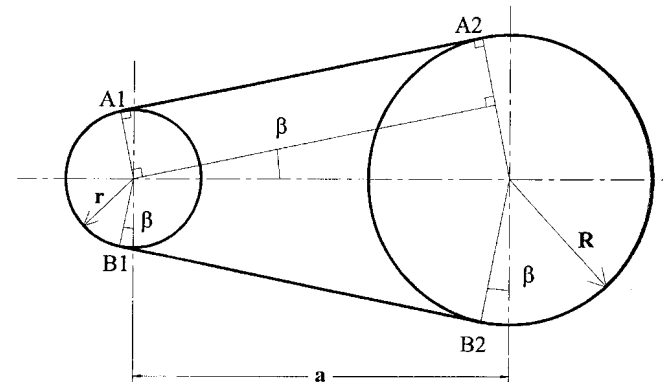
rapport des vitesses k	Menante		Menée	
	Nbre de dents Z_d	Ød primitif (mm)	Nbre de dents Z_D	ØD primitif (mm)
1.33	60	91.67	80	122.23
1.34	56	142.60	75	190.99
1.36	25	63.66	34	86.58
1.39	36	91.67	50	127.32
1.40	40	101.86	56	142.60
1.41	32	162.97	45	229.18
1.42	45	114.59	64	162.97
1.43	56	142.60	80	203.72

D Détermination de la longueur de la courroie

Q6: Déterminer β en fonction de R , r et a (en littéral): $\beta = f_2(R, r, a)$

Q7: Calculer à l'aide de la formule ci-dessous, la longueur théorique de la courroie.

$$L = 2a \cos \beta + \pi(R+r) + 2\beta(R-r) \quad (\beta \text{ exprimé en radian})$$



Q8: A l'aide de l'extrait ci-dessous relatif aux courroies, choisir la longueur primitive L_p , la plus proche de $L = 1100 \text{ mm}$.

Longueur L_p	Longueur primitive de courroie								
	720	800	896	1000	1120	1200	1280	1440	1600

E Détermination des autres paramètres

Q9: Calculer le nombre de dents de la courroie, Z_c .

Q10: A l'aide des extraits de tableaux ci-dessous, choisir la largeur de la courroie L_c en fonction de la puissance théorique transmissible (Prendre $P_{th} = 29 \text{ kW}$), de la fréquence de rotation de la petite poulie et de son nombre de dents.

Puissance transmissible pour largeur $L_c=21 \text{ mm}$					
vitesse de la petite poulie (tr/min)	Z=36	38	40	45	48
2800	18.4	19.5	20.6	23.3	24.8
2880	18.8	20.0	21.1	23.7	25.3
3200	20.4	21.6	22.8	25.6	27.3
3500	21.7	23.0	24.3	27.3	29.1
4000	23.9	25.3	26.7	29.9	31.8
4500	25.9	27.4	28.9	32.3	34.3
5000	27.8	29.3	30.9	34.4	36.5

puissance lue ↑

Puissance transmissible pour largeur $L_c=36 \text{ mm}$					
vitesse de la petite poulie (tr/min)	Z=36	38	40	45	48
2800	31.6	33.5	35.4	39.9	42.5
2880	32.4	34.2	36.1	40.7	43.4
3200	34.9	37.0	39.0	44.0	46.8
3500	37.3	39.5	41.6	46.8	49.9
4000	41.0	43.4	45.7	51.3	54.5
4500	44.4	47.0	48.5	55.4	58.8
5000	47.6	50.3	52.9	59	62.5

puissance lue ↑

F Choix et vérification de la courroie

Q11: A l'aide de l'extrait de tableau des facteurs de correction ci-contre, choisir la référence de courroie retenue ainsi que le facteur de correction f_c .

T7.32 Tableau des facteurs de correction f_c		
Longueur et référence de courroie	Nombre de dents Z_c	facteur de correction f_c
8 M 720	90	0.83
8 M 800	100	0.87
8 M 896	112	0.91
8 M 1000	125	0.96
8 M 1120	140	1.00
8 M 1200	150	1.03
8 M 1280	160	1.05
8 M 1440	180	1.10
8 M 1600	200	1.14

Q12: Calculer la puissance corrigée P_c :

Puissance corrigée $P_c = \text{puissance lue} \times \text{facteur de correction } f_c$

Remarque: Si la valeur corrigée obtenue est égale ou supérieure à la puissance théorique, il est possible d'utiliser cette courroie. Dans le cas contraire, renouveler ce calcul en prenant une largeur de courroie supérieure.

Q13: Calculer le nombre de dents en prise Z_{prise} à l'aide de la formule ci-dessous et déterminer le facteur de correction f_{tm} (voir page suivante):

$$Z_{prise} = Z_d \left(0.5 - \left(\frac{D-d}{6a} \right) \right)$$

D : Diamètre primitif de la grande poulie.
d : diamètre primitif de la petite poulie.
a : entraxe.
 Z_d : nombre de dents de la petite poulie.
 Z_{prise} : nombre de dents en prise.

Le nombre de dents en prise ayant été déterminé, multiplier la puissance transmissible par le facteur de correction f_{tm} du tableau ci-contre.

Dents en prise - facteur de correction	
Z_{prise}	f_{tm}
6 dents ou plus	1.00
5	0.80
4	0.60
3	0.40

G Choix des poulies

Q14: A l'aide de l'extrait de tableau ci-contre, choisir les références des poulies retenues.

Spécification des poulies		
Référence des poulies	Nbre de dents	Diamètre primitif
8 M 34S	34	86.58
8 M 36S	36	91.67
8 M 38S	38	96.77
8 M 40S	40	101.86
8 M 45S	45	114.59
8 M 48S	48	122.23
8 M 50S	50	127.72
8 M 56S	56	142.60
8 M 60S	60	152.79

1.3/ COMPLEMENT POUR LE DOSSIER DE MAINTENANCE

L'installation de la courroie nécessite la connaissance de la tension statique de pose minimale ainsi que la force de déflexion minimale et maximale.

Pour les calculs, sans tenir compte des résultats précédents, on prendra une courroie 8 M 1120 de largeur 36 mm.

Répondre sur DR2

Q15: A l'aide du tableau ci-contre déterminer la tension de pose T_{st} minimale.

Tension de pose	
Largeur de la courroie	Tension de pose mini T_{st} (N)
12	125
21	220
36	375
62	645

Q16: A l'aide des informations ci-dessous déterminer:

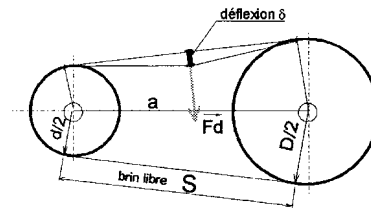
- la longueur du "brin libre" S,
- la déflexion δ (en mm),
- la force de déflexion mini $F_{d_{mini}}$ (en N),
- la force de déflexion maxi $F_{d_{Max}}$ (en N).

$$S = \sqrt{a^2 - \left(\frac{D-d}{2} \right)^2}$$

$$\delta = \frac{1}{100} \text{ de } S$$

$$F_{d_{mini}} = \frac{T_{st} + 240 \times \left(\frac{S}{L_p} \right)}{25}$$

$$F_{d_{Max}} = \frac{1.1 \times T_{st} + 240 \times \left(\frac{S}{L_p} \right)}{25}$$



a: entraxe en mm.
D: grand diamètre en mm.
d: petit diamètre en mm.
 L_p : longueur primitive en mm.

2/ REPRESENTATION DE LA MODIFICATION DE TRANSMISSION DE PUISSANCE : (Poulies, courroie et galet tendeur.)

Le but de cette étude est de réaliser la conception:

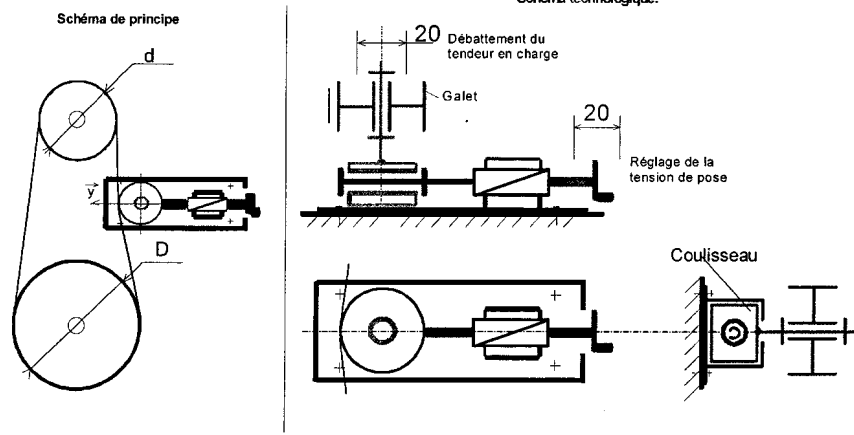
- du système de tension de courroie.
- la liaison complète poulie-motrice / arbre-moteur. (Voir DT1 et DT4).

2.1/ REPRESENTATION DU SYSTEME DE TENSION DE COURROIE

L'axe de rotation du moteur ainsi que celui de la broche étant fixes, il faut prévoir un dispositif de tension de la courroie.

Q17: On donne ci-dessous le schéma de principe d'un dispositif de tension de la courroie. Proposer, en utilisant le plus possible les symboles normalisés, le schéma de principe d'un autre dispositif de tension de courroie (répondre sur le document DR3).

Solution retenue par le service de maintenance:



Q18: A partir de l'extrait du cahier des charges ci-dessous, compléter le dessin représenté sur le DR4 à l'échelle 0,5 : 1 en trois vues:

- vue de face coupe A-A
- vue de droite
- vue en coupe B-B.

Rq: La position de l'axe du galet représentée sur le DR4 correspond à la fin de course de réglage du dispositif de tension de la courroie.
Ne représenter les formes cachées que si elles sont utiles à la compréhension du projet.
Coter le diamètre de l'arbre qui porte les roulements et celui de l'alésage du galet.

Extrait du cahier des charges technique :

- La liaison pivot du galet sur son axe est réalisée par deux roulements rigides à billes. Prévoir la forme extérieure du galet, afin qu'il ait un contact suffisant avec la courroie.
- Le support du galet (coulisseau) sera réalisé à partir d'une barre à section carrée (que l'on pourra usiner).
- Le réglage de tension de la courroie nécessite une course de l'ensemble (coulisseau et galet) de 20 mm suivant \vec{y} .
- La tension de la courroie sera réglée à partir d'une liaison hélicoïdale.

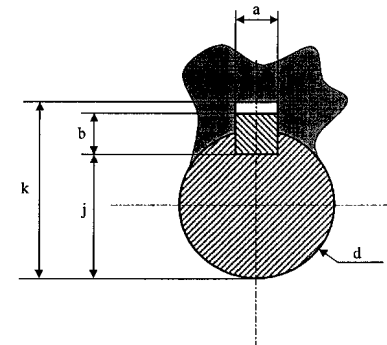
2.2/ REPRESENTATION DE LA LIAISON COMPLETE POULIE / ARBRE-MOTEUR.

Répondre sur DR4

Q19: Représenter cette liaison complète sur le DR4, en vue de face coupe A-A uniquement.

Utiliser une clavette parallèle à bouts ronds :

- de hauteur $b = 8$ mm (h11),
- de largeur $a = 12$ mm (h9).



Dimensions annexes : $j = d-5$; $k = d+3.3$; tolérance de la cote « a » sur le moyeu : D10, tolérance de la cote « a » sur l'arbre : N9.
Pour le maintien en position, utiliser une vis C HC, M 10-35 et une rondelle.

3/ CHOIX D'UNE NOUVELLE BUTÉE À ROULEAUX CYLINDRIQUES :

(Voir DT4 et DT6)

La durée de vie de la butée double effet à rouleaux cylindriques étant très faible, il convient de la redimensionner.

Le but de cette étude est de :

- calculer la durée de vie de la nouvelle butée à rouleaux cylindriques,
- choisir cette butée à rouleaux cylindriques.

Les effets d'inertie obligent à modifier le cahier des charges de la machine. On prendra comme nouvelle condition limite, une vitesse maximale qui correspond à l'usinage d'une pièce en aluminium,

- $F_a = 14\,500\text{ N}$ (cas de pièces en Alu. $\varnothing 80\text{ mm}$ pour $N = 1194\text{ tr/min}$).
- Butée à rouleaux cylindriques actuelle: **série 811 05 TN (DT9)**.

3.1/ CALCUL DE LA DURÉE DE VIE DE LA BUTÉE.

Répondre sur DR3

Q20: Calculer la durée de vie en heures L_{10h} de la butée double effet à rouleaux cylindriques, dans ces nouvelles conditions et conclure.

3.2/ CHOIX D'UNE NOUVELLE BUTEE

Répondre sur DR3

Q21: En justifiant les calculs, donner la désignation de la nouvelle butée double effet à rouleaux cylindriques pour avoir une durée de vie de **20 000 heures**. Préciser les conséquences sur les pièces environnantes de la butée.

4/ DIMINUTION DU TEMPS DE FERMETURE DES PORTES :

L'ouverture et la fermeture des portes ne peut pas se faire en temps masqué, il est donc nécessaire de diminuer le temps de fermeture de celles-ci afin de réduire le temps de cycle d'usinage.

4.1/ IDENTIFICATION DES COMPOSANTS

Répondre sur DR3

Q22: A partir du schéma hydraulique de l'installation (DT10), nommer les éléments repérés **1, 2, 3, 4, 5** et donner leur fonction.

4.2/ DEBITS UTILES ET ETUDE DES SOLUTIONS

Répondre sur DR5

Q23: Calculer le débit **Q1p** de la pompe, nécessaire pour fermer une porte dans les conditions suivantes:

- La course d'une porte est **C = 360 mm**.
- Le diamètre du piston du vérin est **$\varnothing d = 50\text{ mm}$** .
- La durée de fermeture souhaitée est **$t_f = 1,2\text{ s}$** .

En déduire le débit **Q2p** de la pompe, nécessaire pour fermer les deux portes.

Le débit maximum utile de la pompe actuelle étant **$Q_{up} = 20\text{ l/min}$** , quelle conclusion peut-on en tirer ?

Q24 : Proposer **deux idées de solutions** autres que l'usage d'un accumulateur pour résoudre le problème qui découle des résultats de **Q23**. Formuler le cas échéant des remarques sur les conditions à vérifier pour valider ces idées de solutions.

4.3/ INSTALLATION D'UN ACCUMULATEUR

Le service de maintenance choisit d'insérer un accumulateur dans le circuit hydraulique d'alimentation des vérins de portes.

Q25 : Calculer le débit **Q_{acc}** que doit fournir l'accumulateur pendant la fermeture.

En déduire le volume d'huile **ΔV_{acc}** que l'accumulateur doit être en mesure de délivrer. (Voir DT10).

Q26 : Modifier sur **DR5** le schéma hydraulique de l'installation en insérant l'accumulateur en **A**.

On précise que pour être conforme aux contraintes d'homologation en matière de sécurité, le circuit d'alimentation des vérins de portes doit comporter les dispositifs suivants :

- une vanne de décharge,
- une vanne d'isolement,
- un limiteur de pression,
- un manomètre,
- un clapet anti-retour (*pour protéger la pompe*).

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2001

Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)

Documents réponses

Contenu du dossier :

- Documents réponses DR 1 à 5

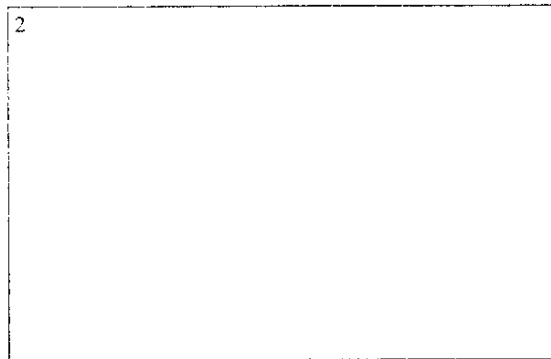
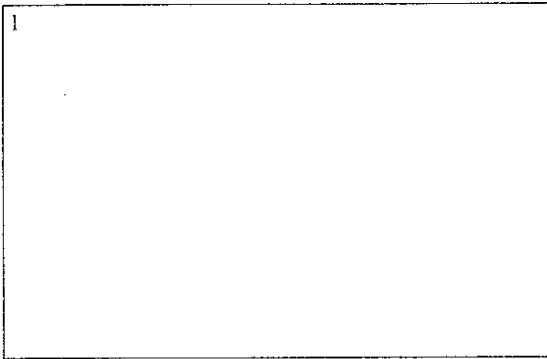
Ces documents-réponses sont à rendre en totalité (même vierges) dans une feuille de copie double servant de chemise et identifiée :

ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE
REPRESENTATION DES MECANISMES

1/ CHOIX D'UNE COURROIE CRANTEE :

1.1/ ETUDE DES DIFFERENTES SOLUTIONS

Q1: Proposer, sous forme de schéma de principe (*en utilisant le plus possible les symboles normalisés*), deux autres solutions, qui peuvent remédier à ce problème de positionnement.



1.2/ DETERMINATION DE LA COURROIE

A Détermination de la puissance théorique transmissible

Q2: Détermination du *facteur de service* f_s :

Q3: Calcul de la *puissance théorique* P_{th} :

B Sélection de la courroie

Q4: Détermination du **pas** de la courroie :

C Détermination des poulies

NOM:.....

Prénom:.....

Q5: Nombre de dents et diamètre primitif des poulies menantes et menées:

$Z_d=$	$Z_D=$	$d=$	$D=$
--------	--------	------	------

D Détermination de la longueur de la courroie

Q6: Détermination de β en fonction de R , r et a (en littéral): $\beta = f_2(R, r, a)$

Q7: Calcul de la longueur théorique de la courroie L :

Q8: Choix de la **longueur primitive** L_p la plus proche de L :

E Détermination des autres paramètres

Q9: Nombre de dents de la courroie: Z_c :

Q10: Choix de la **largeur de la courroie** L_c :

F Choix et vérification de la courroie

Q11: Choix de la **référence de courroie** retenue ainsi que le facteur de correction f_c :

Q12: Calcul de la puissance corrigé P_c :

Q13: Calcul du nombre de dents en prise Z_{prise} et détermination du facteur de correction f_{tm} :

G Choix des poulies

Q14: Choix de la **référence des poulies** retenue:

1.3/ COMPLEMENT POUR LE DOSSIER DE MAINTENANCE

L'installation de la courroie nécessite la connaissance de la tension statique de pose minimale ainsi que la force de *déflexion* minimale et maximale.

Q15: Détermination la tension de pose T_{st} minimale:

Q16: Détermination de:

- la longueur du "brin libre" S ,
- la déflexion δ (en mm),
- la force de déflexion mini Fd_{min} (en N),
- la force de déflexion maxi Fd_{Max} (en N).

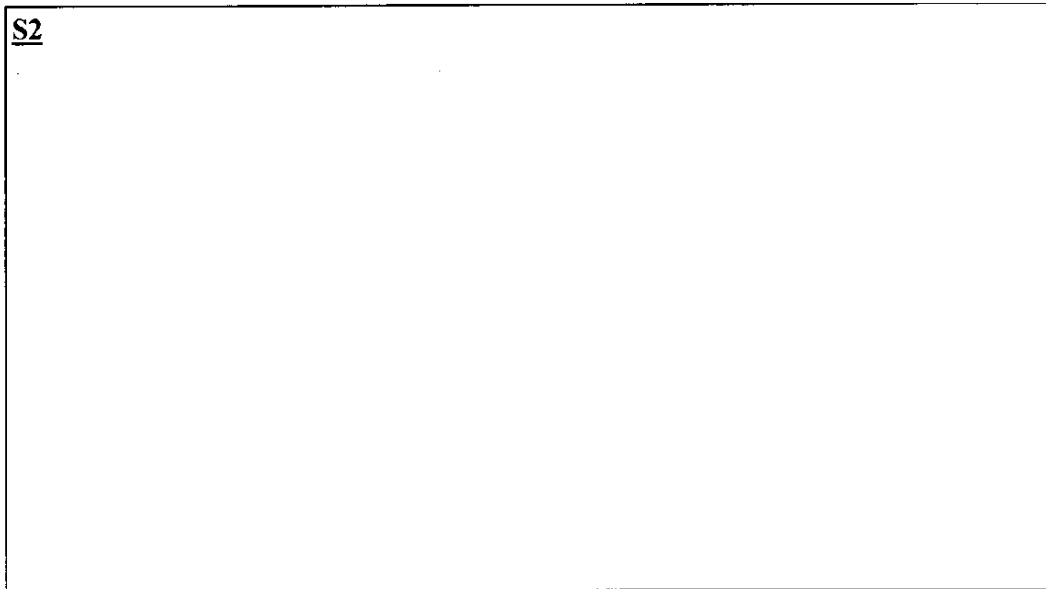
NOM:.....

Prénom:.....

2/ REPRESENTATION DE LA MODIFICATION DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE :
(Poulies, courroie et galet tendeur.)

2.1/ REPRESENTATION DU SYSTEME DE TENSION DE COURROIE

Q17: Schéma de principe (*en utilisant le plus possible les symboles normalisés*), d'une autre solution technologique de tension de courroie:



Q18: Dessin **DR4** à l'échelle $\frac{1}{2}$ en trois vues.

2.2/ REPRESENTATION DE LA LIAISON: encastrement poulie arbre-moteur.

Q19: Liaison encastrement poulie arbre-moteur sur le **DR4**.

3/ CHOIX DE LA BUTEE A ROULEAUX CYLINDRIQUES :

3.1/ CALCUL DE LA DUREE DE VIE

NOM:.....

Prénom:.....

Q20: Durée de vie en heures L_{10h} de la butée, pour les nouvelles conditions:

3.2/ CHOIX D'UNE NOUVELLE BUTEE

Q21: Calculs, désignation et conséquences sur les pièces environnantes (croquis, texte ...):

4/ DIMINUTION DU TEMPS DE FERMETURE DES PORTES :

4.1/ IDENTIFICATION DES COMPOSANTS

Q22: Identifier (fonction) et nommer les éléments repérés 1 2 3 4 et 5 :

1:

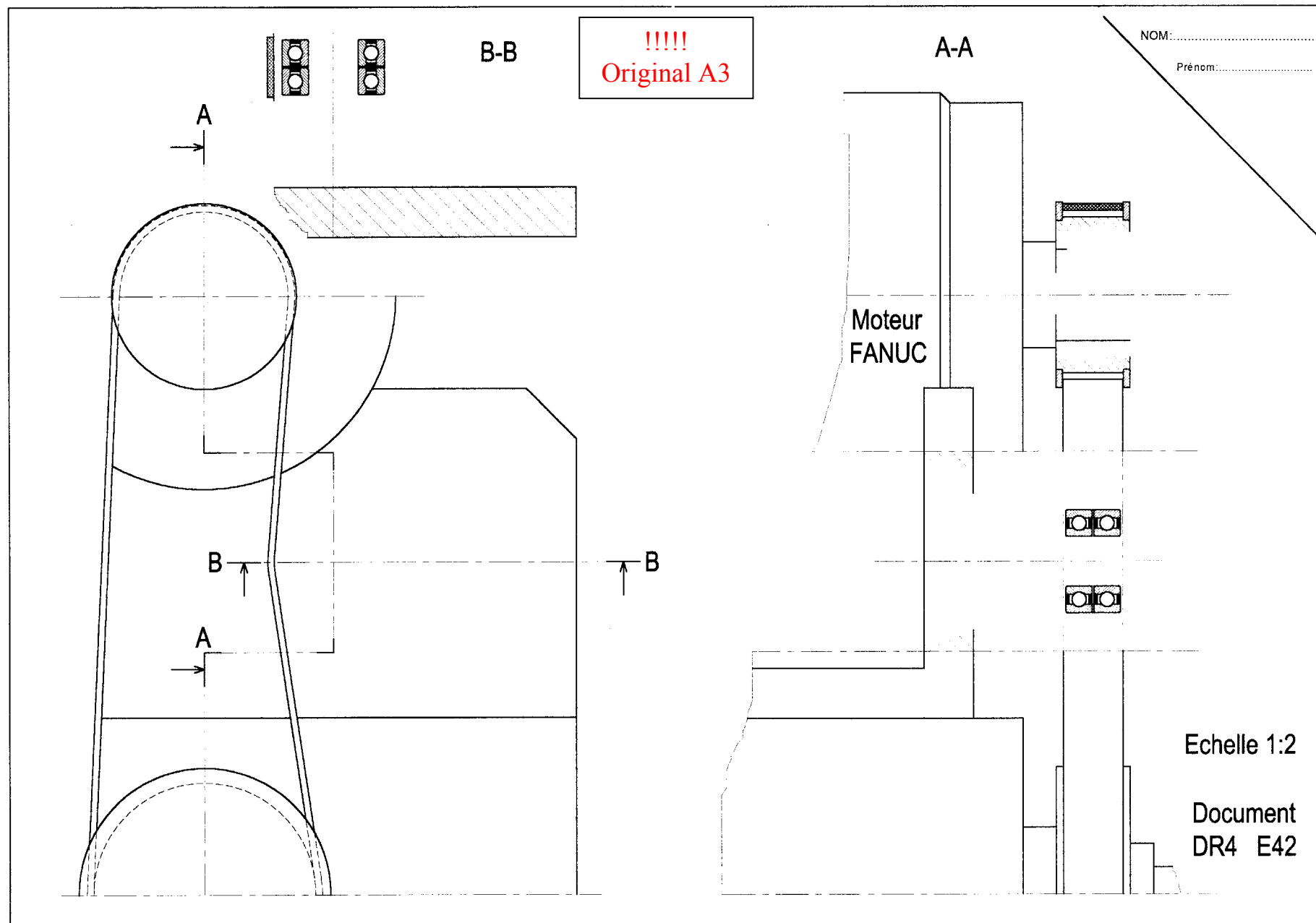
2:

3:

4:

5:

E 4.2 DR 3



4.2/ DEBITS UTILES ET ETUDE DE SOLUTIONS

Q23: Calculer le débit de la pompe Q_{1p} , nécessaire pour fermer **une** porte et en déduire Q_{2p} pour **deux** portes. Conclusion.

Q24: Proposer **deux idées de solutions** (autres qu'un accumulateur) pour résoudre le problème.

4.3/ INSTALLATION D'UN ACCUMULATEUR

Q25: Débit que doit fournir l'accumulateur Q_{acc} , volume d'huile ΔV_{acc} :

NOM:.....

Prénom:.....

Q26: Modification du **schéma hydraulique S1h** de l'installation en y insérant l'accumulateur:

Contraintes (Sécurité):

Les dispositifs suivant devront apparaître:

- une vanne d'isolement 1,
- un manomètre 2,
- un limiteur de pression 3,
- une vanne de décharge 4,
- un clapet anti-retour 5
(pour protéger la pompe).

Fermeture et ouverture des portes

Schéma hydraulique

S1h

