

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

EPREUVE E 4
Analyse fonctionnelle et Structurale
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 3 dossiers :

- Présentation**
- Questionnaire et document réponse**
- Dossier technique**

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

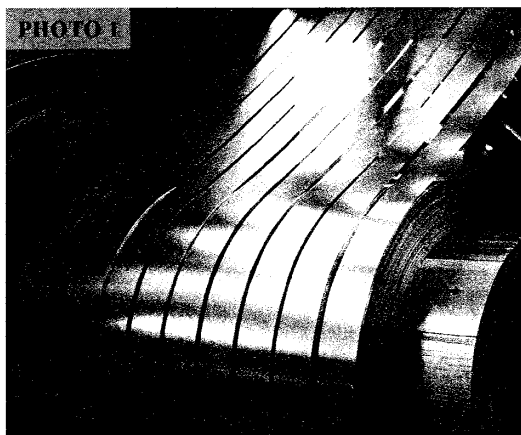
Session 2003

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

Présentation

Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4

LIGNE DE ZINGAGE



La ligne de zingage est une ligne automatisée de traitement superficiel, qui par électrolyse dépose une couche de zinc de 1 à 6 μm sur un feuillard.

Le but est d'obtenir une meilleure protection de tôles d'acier laminé (feuillard) contre les agressions de l'humidité tout en augmentant la qualité de leur aspect sans pour autant modifier les propriétés mécaniques du métal de base.

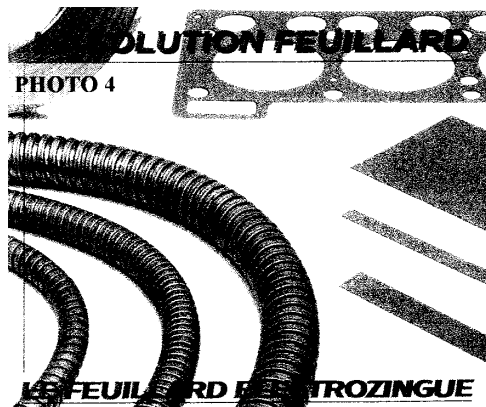
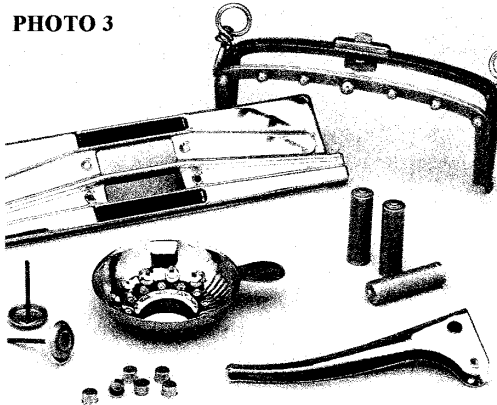
Elle comporte des postes effectuant les opérations de : déroulage, découpage, soudage, stockage par accumulateurs, dégraissage, **électrolyse**, séchage, conditionnement (figure 1 feuille PR 2/4).

Deux blocs en "S" (figures 1 et 2 pages PR2/4 et PR3/4) gèrent la tension du feuillard dans les bacs de traitements pendant que des cylindres motorisés l'entraînent en mouvement à la vitesse moyenne de 30m.min⁻¹.

Les rouleaux, ou coils, de feuillard nu (non traité) d'épaisseur 0,05mm à 5mm, de 1500mm de largeur, sont refendus en largeur de 10 à 1500mm, suivant la demande du client (photo 1).

En fin de ligne le feuillard zingué est ré-enroulé en coil en intercalant un film de papier entre 2 couches (photo 2). Certains produits sont livrés huilés sur demande du client.

Les produits finis réalisés à partir de ce feuillard zingué peuvent être multiples, en voici quelques exemples présentés sur les photos 3 et 4.



E4.1 PR 1/4

Fonction globale de la ligne :

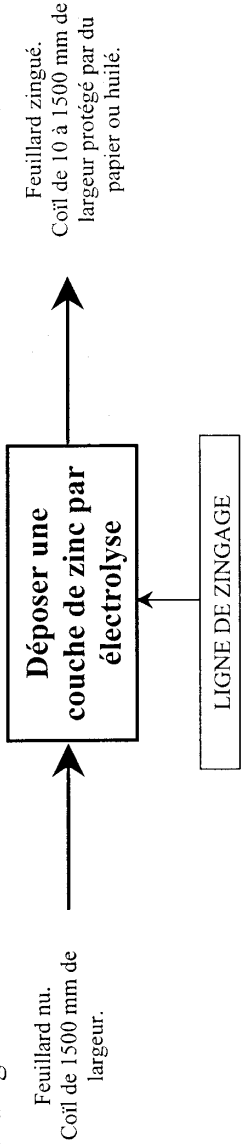
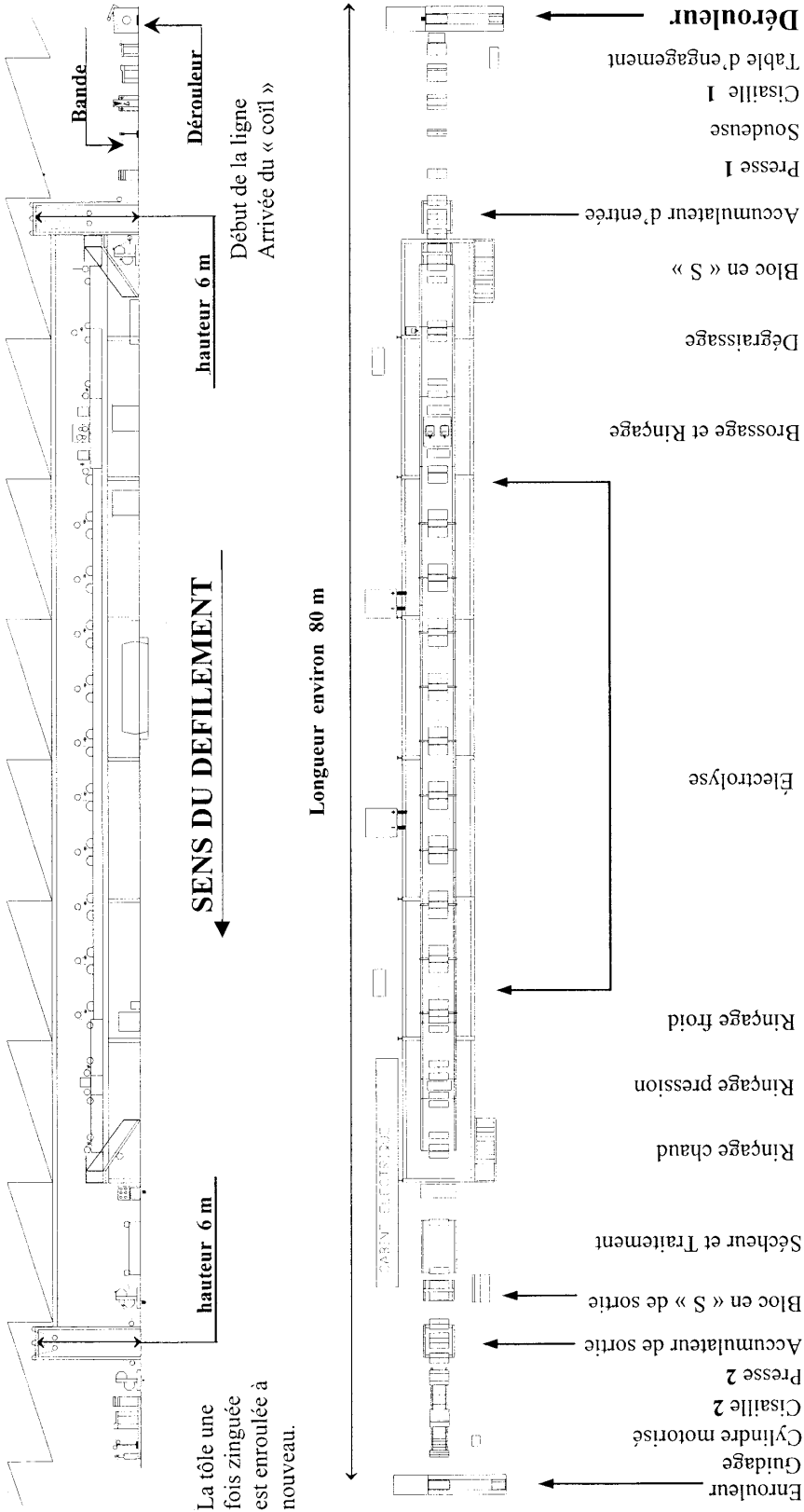
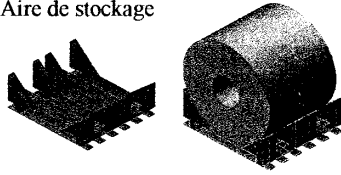


Figure 1 : schéma synoptique de la ligne de zingage.



Aire de stockage



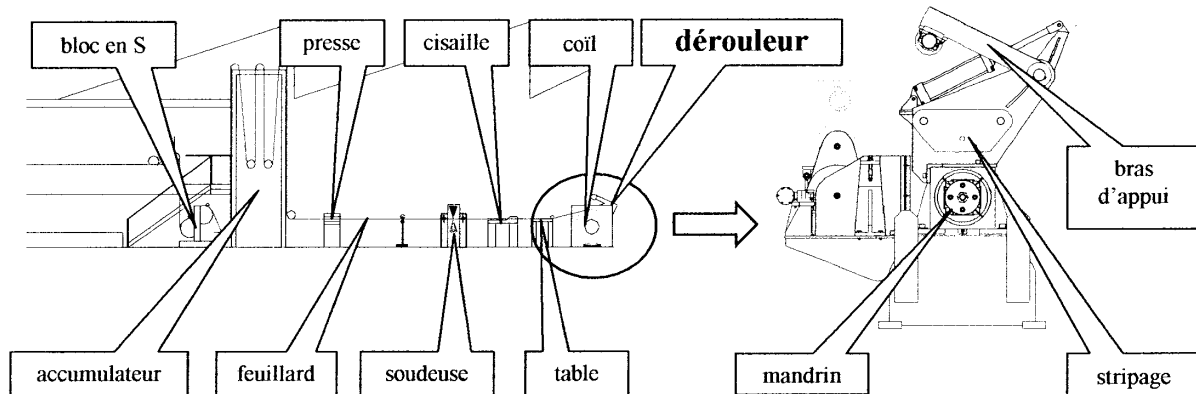
L'alimentation de la ligne de zingage, en coils à traiter, se fait par chargeur sur pneus depuis l'aire de stockage jusque sur le mandrin expansible du **dérouleur** qui bloque le coil en position (figure 2). Cette opération délicate soumise à la dextérité du cariste présente des risques de casse de l'arbre du mandrin expansible.

Un bras d'appui muni d'un rouleau caoutchouté, entraîné par un moteur hydraulique (figures 3 et 4 feuille PR4/4) vient s'appuyer sur le coil et le déroule lentement jusqu'à une cisaille où une fois coupé à son extrémité, il est margé par le cariste. Le margeage consiste à aligner latéralement le nouveau feuillard sur le précédent avant de le souder (raboutage). Une fois encore l'arbre du mandrin expansif est soumis à rude épreuve.

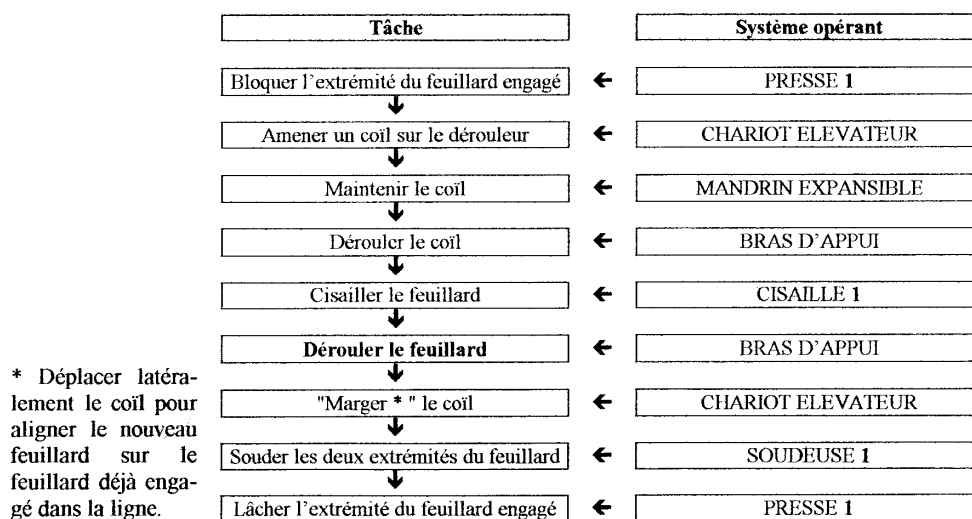
Si un coil est defectueux, si sa largeur est inadaptée, s'il ne contient plus assez de métal ou si ce métal ne correspond plus au besoin du client, il est évacué par le mécanisme de stripage (figure 2).

Des accumulateurs (figures 1 et 2) ont pour rôle de stocker du feuillard (24m chacun) au cours des phases de chargement et de déchargement des coils alors que l'opération de zingage se poursuit au ralenti. A cette fin, deux chariots d'une course verticale de 6m, assurent par gravité la réserve de feuillard après que deux presses aient isolé le dérouleur et l'enrouleur du reste de la machine.

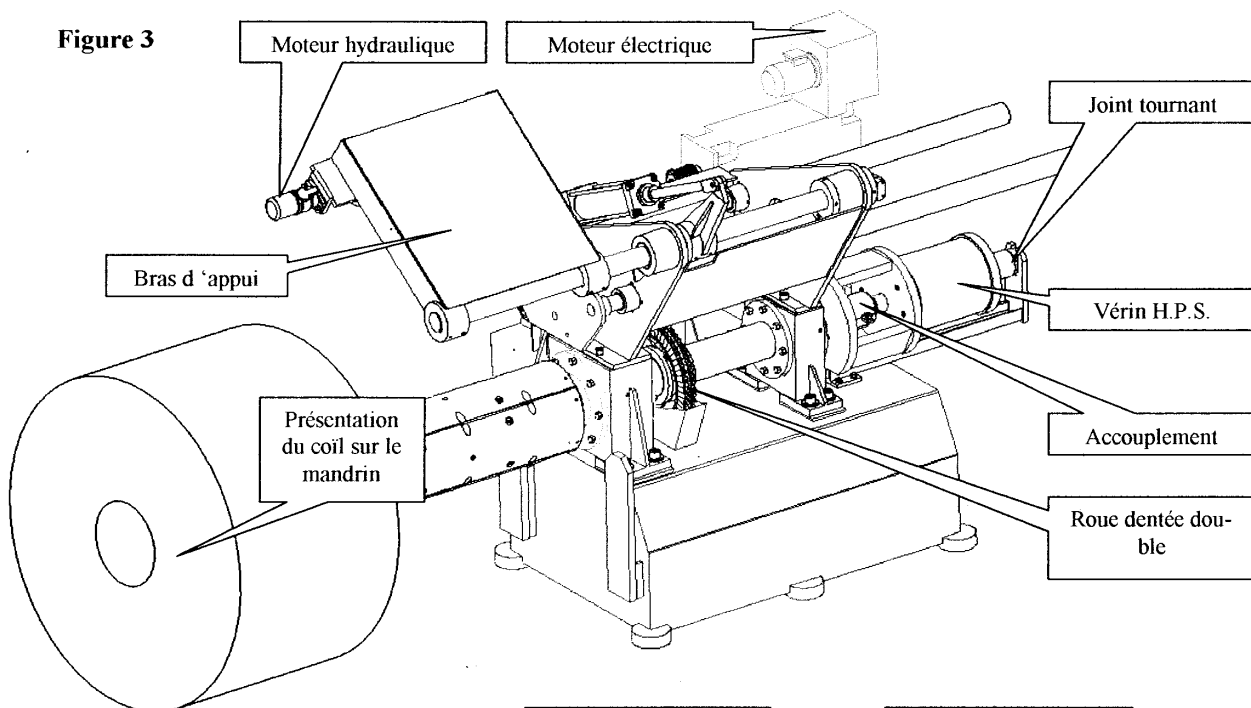
Figure 2



GRAPHE DE DESCRIPTION DES TACHES DE MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU COÏL



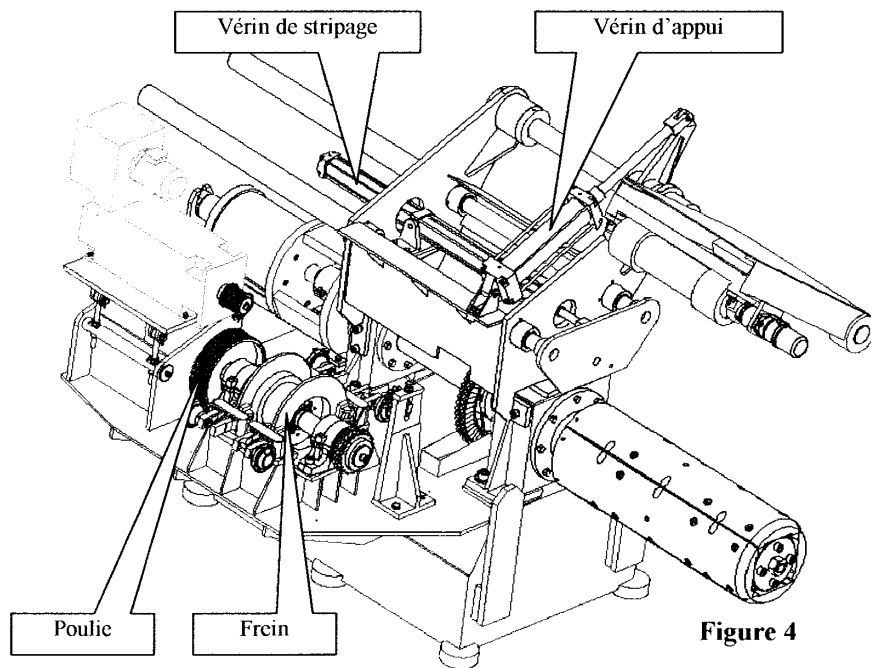
E4.1 PR 3/4

Figure 3

L'entreprise fait fonctionner depuis des années plusieurs lignes du même type avec d'autres métaux d'apport. L'équipe d'entretien a donc acquis une solide expérience.

Cette ligne assez récente est en perpétuelle évolution pour augmenter :

- la productivité en évitant les pertes de temps par des opérations de chargement déchargement trop longues ou se répétant trop fréquemment,
- la sécurité bien sûr, en évaluant correctement les risques de casse puis en mettant en œuvre une parade efficace,
- la fiabilité en évitant ainsi de longues périodes d'arrêt toujours très coûteuses.

**Figure 4**

Grâce à l'historique des pannes, le service de maintenance de l'entreprise a pu mettre en évidence certains problèmes de dysfonctionnement notamment celui de la mise en place et du margeage des bobines avec un chargeur sur pneus qui cause la casse de l'arbre porte-mandrin.

Le service production, désireux d'augmenter la productivité de la ligne, envisage d'apporter des modifications. Deux solutions se présentent, soit diminuer le temps de chargement, soit augmenter la taille des coils.

Les études prévues permettront de vérifier les caractéristiques mécaniques des éléments sollicités et d'envisager les modifications nécessaires.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

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

Questionnaire

Ce dossier contient les documents QUES 1/4 à QUES 4/4
Et le document réponse DR 1/1

BAREME

Consacrez 25 min à la lecture du sujet.

Questions	Barème sur 40	Durée de travail conseillée	Questions	Barème sur 40	Durée de travail conseillée
Question 11 Q1	5	20 min	Questions 212 Q13 à Q16	9	35 min
Questions 12 Q2 à Q6	7,5	30 min	Question 213 Q17	0,5	5 min
Questions 13 Q7 à Q9	5,5	20 min	Questions 22 Q18 à Q21	7	25 min
Questions 211 Q10 à Q12	5,5	20 min	TOTAL	40	3 heures

LIGNE DE ZINGAGE

ETUDE DU DÉROULEUR

Première partie : rédigez les réponses de **Q1** à **Q9** sur une feuille de copie n°1.

Deuxième partie : rédigez les réponses de **Q10** à **Q21** sur une feuille de copie n°2.

Seule la réponse à la question **Q8** sera rédigée sur le document réponse **DR 1/1**.

PROBLEME POSE :

Pour augmenter la rentabilité de la ligne, il est nécessaire de réduire le temps de changement des coils (bobines de feuillard). Pour cela, deux solutions se présentent, soit améliorer la vitesse de changement d'un coil, soit employer des coils de taille supérieure et ainsi réduire le nombre de changements.

La deuxième solution semble la meilleure. Le service de maintenance, qui assure le bon fonctionnement de la machine est chargé de vérifier son aptitude à travailler sous une charge supérieure tout en effectuant le minimum de modification.

OBJECTIF DE L'ETUDE : (Voir DT1/8, DT2/8, DT3/8)

S'assurer que les principaux organes du mécanisme joueront correctement leurs rôles en vérifiant :

- la capacité du moteur hydraulique **22** à entraîner le nouveau coil.
- la pression d'alimentation du vérin **14** pour plaquer correctement le bras d'appui **4** sur le coil.
- la résistance de l'arbre **11** soumis à des efforts supérieurs.
- la nécessité de l'implantation d'un appui à l'extrémité du mandrin expansible sur l'arbre **11**.

1) ETUDE DES GRANDEURS PHYSIQUES ET PARAMETRES INFLUANT SUR LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR HYDRAULIQUE 22 ET SUR LA PRESSION D'ALIMENTATION DU VERIN D'APPUI 14.

1.1) MODELISATION DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE ENTRE LES MOTEURS ELECTRIQUE, HYDRAULIQUE, ET LE COIL.

Q1 : En vous aidant des documents **DT1/8** à **DT4/8**, réalisez le schéma cinématique minimal de l'ensemble du dérouleur, mécanisme presseur compris, sans le dispositif de freinage et sans le mécanisme d'expansion du mandrin .

La bobine de feuillard placée sur le mandrin expansible, est déroulée sur quelques mètres par le rouleau d'appui **21** . Ce rouleau est pressé sur la bobine grâce au vérin **14** et entraîné par un moteur hydraulique **22**.

Hypothèses :- le coil est considéré plein ($l = 1 \text{ m}$; $\varnothing = 1600 \text{ mm}$).

- l'inertie de l'arbre **11** est négligée ainsi que celle de toutes les autres parties de la chaîne cinématique en mouvement.
- roulement sans glissement entre le rouleau d'appui et la bobine.

Données : - rendement des paliers **31** et **32** $\eta_1 = 0,97$.

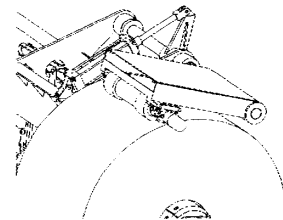
- rendement des paliers **20** $\eta_2 = 0,95$.

- masse volumique du feuillard $\rho = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$.

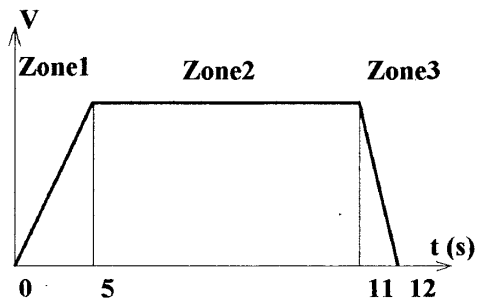
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

- diamètre du rouleau d'appui **21** $\varnothing = 180 \text{ mm}$.

- ci-après, graphe d'évolution de la vitesse de la bande en fonction du temps :



E4.1 QUES 1/4



Zone 1 : **accélération** de la bande durant **5s** sur une distance **d1** à définir.

Zone 2 : **vitesse constante** de la bande durant **6s** sur **4,2m**.

Zone 3 : **freinage** de la bande durant **1s**.

1.2) VERIFICATION DE L'APTITUDE DU MOTEUR 22 A ACCELERER CORRECTEMENT LA NOUVELLE BOBINE (VOIR DR 1/1).

- Q2 :** A partir du graphe situé ci-dessus, déterminez le vecteur vitesse d'avancée de la bande par rapport à la table d'engagement $\vec{V}_{A \text{ bande}/0}$, tracez-le sur le document réponse **DR1/1**. Calculez la vitesse angulaire de la bobine par rapport à la table $\omega_{\text{bobine}/0}$, puis la vitesse angulaire du moteur hydraulique $\omega_{\text{MH}/0}$. Donnez $N_{\text{MH}/0}$ en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
- Q3 :** En vous servant des résultats obtenus à la question précédente ainsi que des paramètres cinématiques de la zone 1, calculez $\omega'_{\text{bobine}/0}$ l'accélération angulaire de la bobine par rapport à la table. En déduire **d1**, la longueur de feuillard déroulée pendant cette phase.
- Q4 :** Donnez la valeur du moment d'inertie I_B de la bobine par rapport à son axe de rotation. On rappelle la formule de calcul de ce moment $I = MR^2/2$. Détaillez correctement vos calculs.
- Q5 :** Donnez l'expression littérale de C_B couple à fournir pour accélérer la bobine. En déduire l'expression littérale de C_{MH} couple à fournir par le moteur hydraulique pour accélérer la bobine, puis sa valeur numérique. On prendra comme valeur pour l'accélération angulaire $\omega'_{\text{bobine}/0} = 0,18 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Q6 :** Le moteur hydraulique installé, fabriqué par Mannesmann Rexroth est le modèle MZD 60 (document technique **DT5/8** et **DT6/8**). Il est alimenté par une pompe à débit variable délivrant une pression de 180 bar. La fréquence de rotation du moteur hydraulique est $N_{\text{MH}/0} = 75 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ et ce moteur délivrera un couple $C_{\text{MH}} = 115 \text{ N} \cdot \text{m}$. A partir des données techniques, ce moteur hydraulique conviendra-t-il, justifiez ?

1.3) DETERMINATION DE LA PRESSION MINIMALE D'ALIMENTATION DU VERIN 14 (VOIR DR 1/1).

Le changement de diamètre extérieur de la bobine modifie la géométrie du mécanisme d'appui. L'action exercée par le rouleau d'appui **21** sur la 1^{ère} couche de feuillard pour le dérouler correctement jusqu'à la cisaille est alors modifiée. La pression « **p** » dans la chambre avant du vérin **14** doit être réajustée pour assurer un effort tangentiel suffisant transmis par le rouleau d'appui à la bobine.

Données : - couple du moteur hydraulique $C_{\text{MH}} = 120 \text{ N} \cdot \text{m}$.

- facteur de frottement entre le rouleau d'appui et la bobine, $\mu = \tan \varphi = 0,4$.
- Soit l'ensemble $S = \{4, 5, 20, 21, 22, 25\}$ de masse $m = 150 \text{ kg}$ et de centre de masse G ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).
- vérin **14**, rendement global $\eta_g = 0,9$, $\varnothing \text{ piston} = 102 \text{ mm}$ et $\varnothing \text{ tige} = 38 \text{ mm}$.
- rouleau d'appui $\varnothing = 180 \text{ mm}$.

- Q7 :** A partir du couple maxi du moteur hydraulique **22** et en négligeant les pertes mécaniques, déterminez la composante tangentielle maximale de l'action $\vec{A}_{21/\text{bobine}}$. En déduire la norme de l'action $\vec{A}_{\text{bobine}/21}$ correspondante.

Q8 : Sur le document réponse **DR1/1**, établissez le tableau de bilan des efforts appliqués à l'ensemble $S = [4, 5, 20, 21, 22, 25]$. Résolvez graphiquement, par la méthode de votre choix, l'équilibre de cet ensemble afin d'établir la valeur de l'effort, $\vec{B}_{14/5}$, à l'extrémité de la tige du vérin 14.

Q9 : Calculez la valeur de la pression « p » minimale à appliquer dans la chambre du vérin 14.

2) ETUDE DES GRANDEURS PHYSIQUES ET PARAMETRES INFLUANT SUR LA RESISTANCE DE L'ARBRE PORTE-TAMBOUR 11 :

2.1) DETERMINATION DES ELEMENTS DE REDUCTION DU TORSEUR DE COHESION DANS L'ARBRE PORTE-MANDRIN 11.

Hypothèses : - pour simplifier l'étude, les pièces situées entre l'arbre 11 et la bobine seront confondues avec cette dernière et le rendement de la chaîne cinématique freins-arbre porte-mandrin sera considéré $\eta = 1$.

$$-\overrightarrow{\omega_{11/1}} = \overrightarrow{\omega_{11/1}} \cdot \vec{X}$$

2.1.1) RECHERCHE DU MOMENT DE TORSION

C'est au freinage d'une bobine pleine, avant son raccordement avec la bande précédente, que l'arbre connaît des conditions extrêmes, lorsque chacune des 4 pinces de frein 16 fournit un couple de freinage C_f de 40 daN.m sur l'arbre 18.

Q10 : A l'aide d'un dessin succinct réalisé à main levée, précisez quelle zone de l'arbre porte-mandrin est soumise à de la torsion. Aidez-vous du document technique **DT3/8**.

Q11 : Quelle est la valeur du couple de freinage C_{fr} rapporté sur l'arbre porte-mandrin 11 ?

Q12 : Nous prendrons pour la suite de l'étude un couple C_{fr} de 3800 N.m. Donnez le moment de torsion sur l'arbre 11, placez cette composante dans le torseur de cohésion $\{\vec{T}_{cohmt}\}_P$ en un point P quelconque, situé sur l'axe \vec{X} de la zone étudiée.

2.1.2) RECHERCHE DU MOMENT DE FLEXION ET DISCUSSION SUR LA NECESSITE DE L'IMPLANTATION D'UN APPUI AU POINT B (voir DT7/8 et DT 8/8).

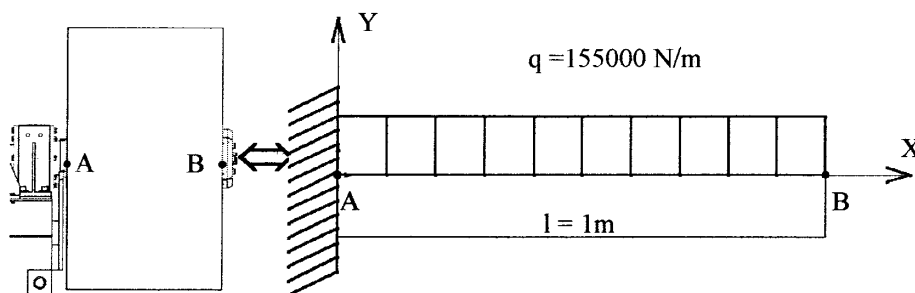
Hypothèses : - Les 155000 N du poids d'une bobine ($\varnothing_{ext}=1600\text{mm}$, largeur $l = 1000\text{mm}$) pleine de feuillard se répartissent sur 1m de porte à faux de l'arbre porte-mandrin 11.

- Le montage très rigide des roulements 37 et 38 permet de modéliser l'arbre 11 comme une poutre encastrée (voir **DT3/8**).

- Dans cette partie de l'étude nous ne tiendrons pas compte de la torsion.

- On assimile l'arbre à un **tube creux de section circulaire constante** sur sa longueur AB.

Données : - Module d'élasticité longitudinale du matériau de l'arbre : $E = 250000 \text{ MPa}$.
- Diamètre extérieur de l'arbre 11 : $D = 160 \text{ mm}$. Diamètre intérieur $d = 46\text{mm}$.



E4.1 QUES 3/4

- Q13 :** En vous aidant du formulaire donné sur le document technique **DT8/8**, donnez sous forme littérale les éléments de réduction du torseur des efforts extérieurs au point A $\{\mathbf{T}_{ext}\}_A$ (voir **DT3/8**). En déduire les valeurs numériques de ces expressions.
- Q14 :** Formulez l'expression littérale des éléments de réduction du torseur de cohésion $\{\mathbf{T}_{cohmf}\}_P$ en un point P quelconque situé entre A et B sur l'axe \bar{X} , (même formulaire que pour la question précédente).
- Q15 :** Donnez les valeurs numériques des moments de flexion qui s'exercent en A et en B, puis présentez l'évolution du moment de flexion le long de la poutre entre A et B.
- Q16 :** Pour soulager l'arbre porte-mandrin à l'encastrement et réduire la flèche à son extrémité, on songe à placer un appui au point B pendant le déroulement de la bobine. Cette implantation semble nécessaire si la flèche en B dépasse 5 mm. Calculez la valeur de I_{GZ} , moment quadratique de la section de l'arbre par rapport à G, \bar{Z} , moment quadratique supposé constant sur le tronçon AB, puis la valeur de Y_B , flèche de l'arbre au point B. A partir de ce résultat, donnez votre conclusion quant à la nécessité d'implanter un appui au point B. Utilisez les documents techniques **DT7/8** et **DT8/8**.

2.1.3) FORME DU TORSEUR DE COHESION EN P

- Q17 :** A présent, en tenant compte des sollicitations de torsion et de flexion, donnez la véritable forme du torseur $\{\mathbf{T}_{coh}\}_P$ de cohésion en P.

2.2) DETERMINATION DES CONTRAINTES DANS L'ARBRE PORTE-MANDRIN .

Nous sommes en présence de sollicitations composées de torsion et de flexion.

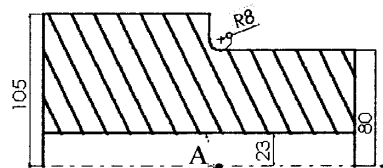
Pour résoudre, nous utiliserons les équations de Mohr-Cacquot (**DT7/8 tableau 1**) définissant les moments idéaux de torsion et de flexion. Nous étudierons plus particulièrement l'arbre dans la section d'encastrement de centre A, section dans laquelle le profil de l'arbre fait apparaître la présence de concentrations de contraintes.

Hypothèse : Nous négligerons toutes les sollicitations, à l'exception de la torsion et de la flexion.

Données : Les caractéristiques de la matière de l'arbre **11** sont les suivantes : $R_e = 1400$ MPa, $R_g = 500$ MPa, $E = 250000$ MPa. On prend $M_t = 3800$ N.m et $M_f = 78000$ N.m comme moments de torsion et de flexion.

- Q18 :** Donnez la valeur du moment idéal de flexion M_{fi} à partir des équations données dans le **tableau 1** sur le document technique **DT7/8**.

- Q19 :** A partir du **tableau 3** présenté sur le document technique **DT7/8** et de la coupe ci-contre, déterminez la valeur du facteur de concentration de contrainte K_{tf} pour la flexion. N'oubliez pas de donner les valeurs des rapports r/t et d/D .



- Q20 :** En déduire la valeur de la contrainte normale σ_{maxi} . On prendra le moment quadratique $I_{AZ} = 32 \cdot 10^6$ mm⁴.
- Q21 :** Le comportement en fatigue que subit l'arbre **11** nous incite à prendre un facteur de sécurité $n = 8$. En prenant une contrainte normale maximale de 380 MPa et une flèche en B de 2,5mm, justifiez la nécessité de placer un appui supplémentaire en B.

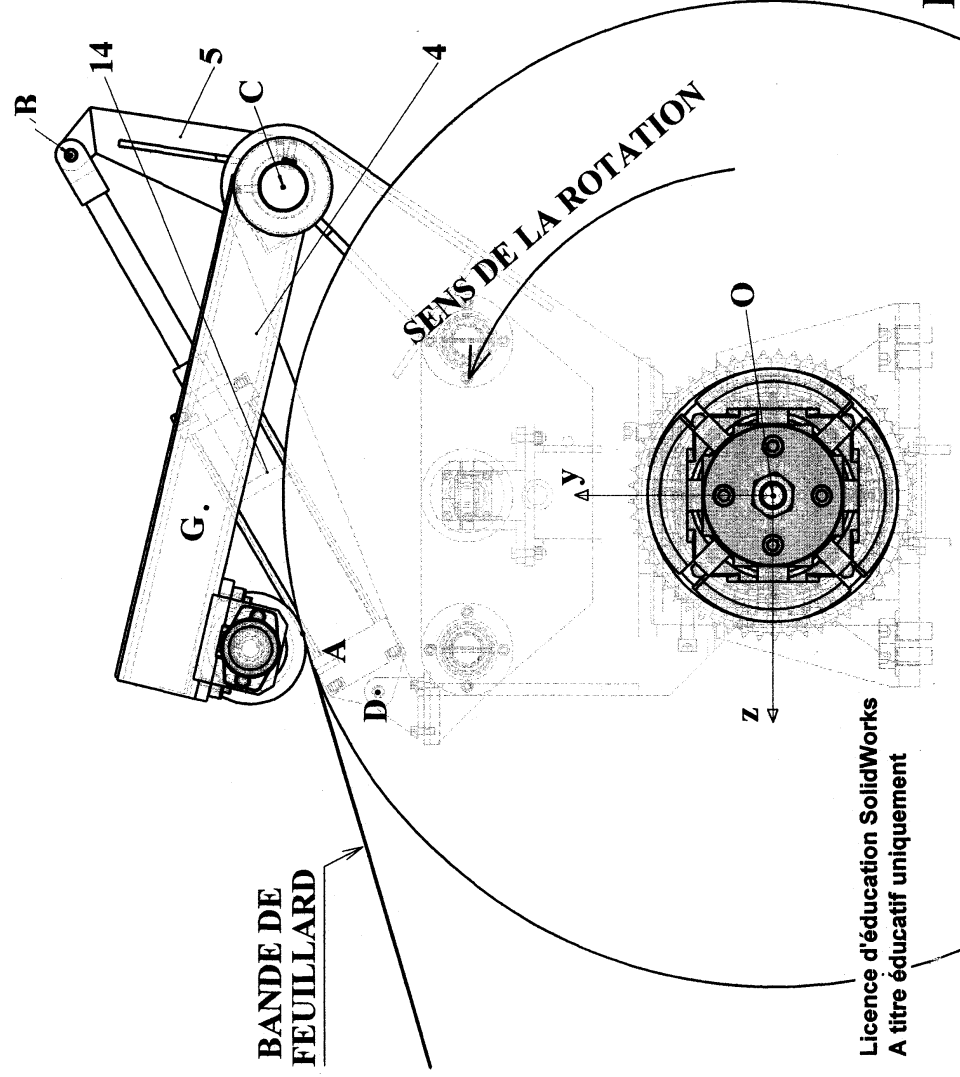
DOCUMENT REPONSE E4.1

ISOLEMENT DE L'ENSEMBLE S

Echelle du dessin 1 : 7,5
Echelle des forces : 30N \Leftrightarrow 1mm

Q8

\vec{P}_S



!!! réduction A3 \rightarrow A4

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

E4.1 DR 1/1
MIB4MEM3

Brevet de Technicien Supérieur

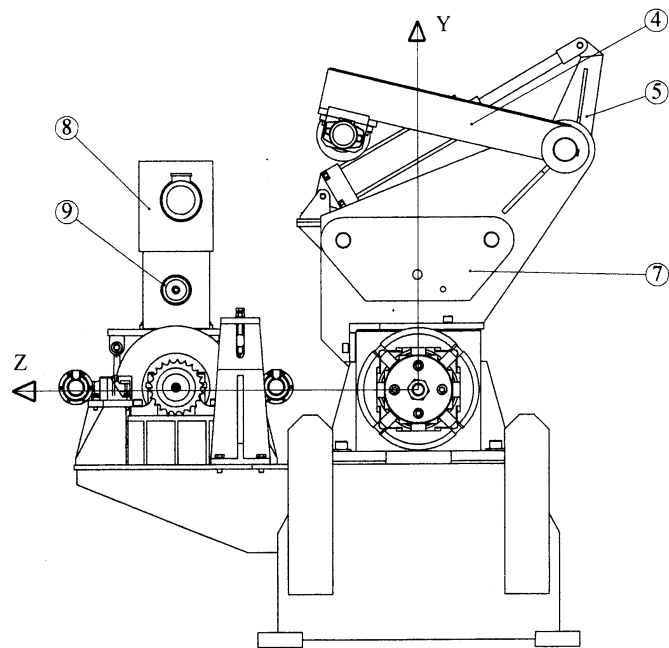
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

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

Dossier technique

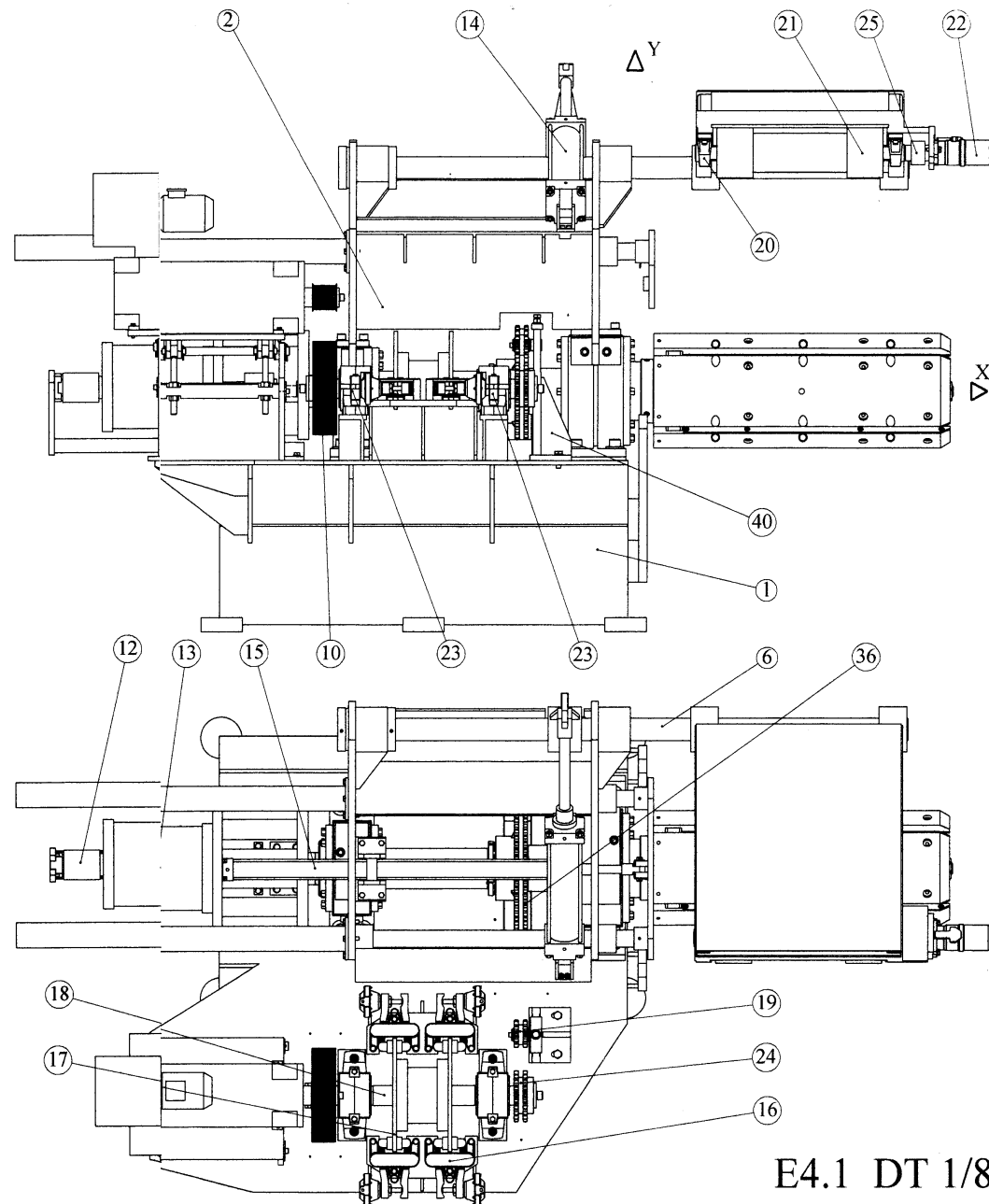
Ce dossier contient les documents DT 1/8 à DT 8/8



Courroie crantée et chaînes non représentées

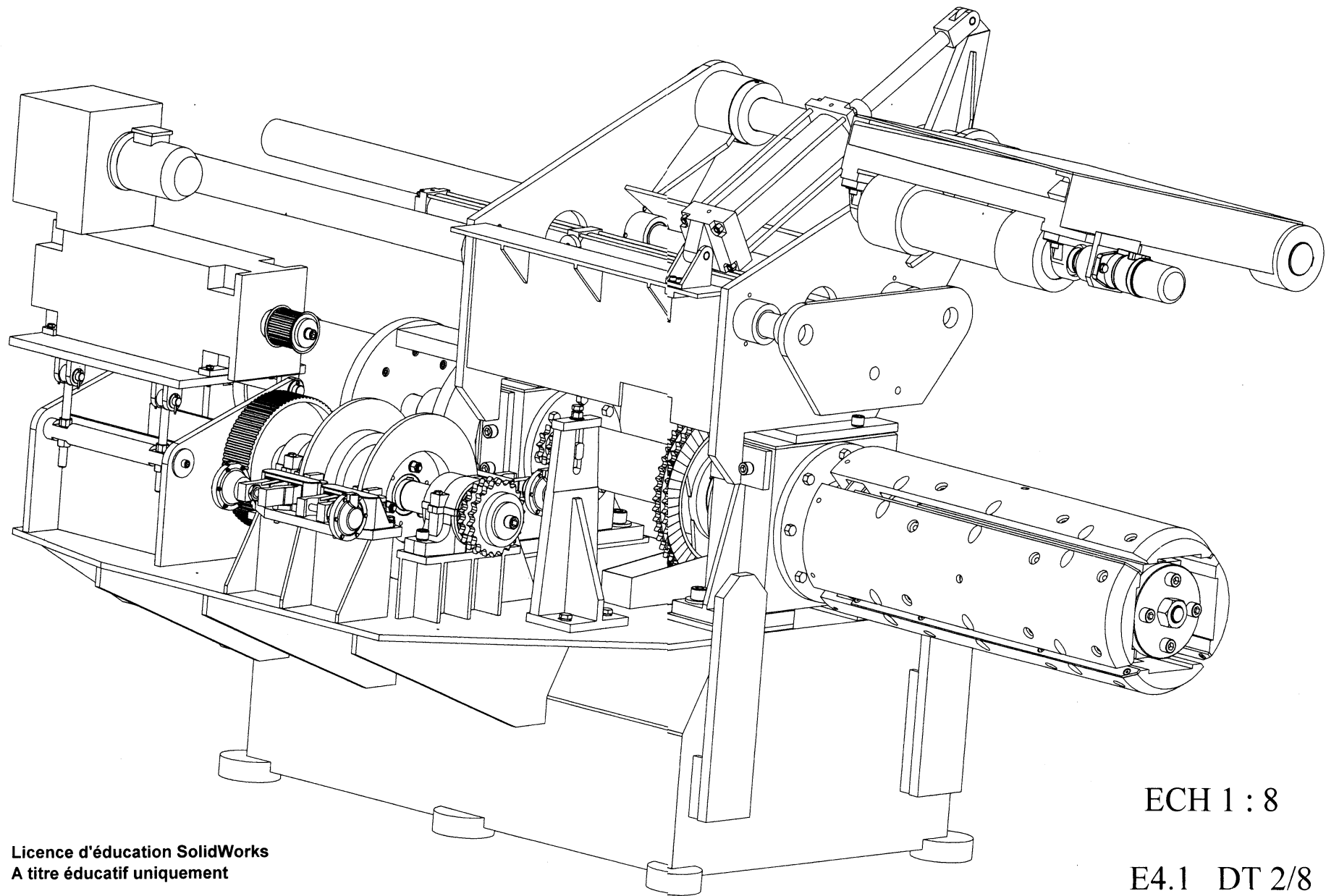
ECH 1 : 15

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement



E4.1 DT 1/8

MIE4MEM3



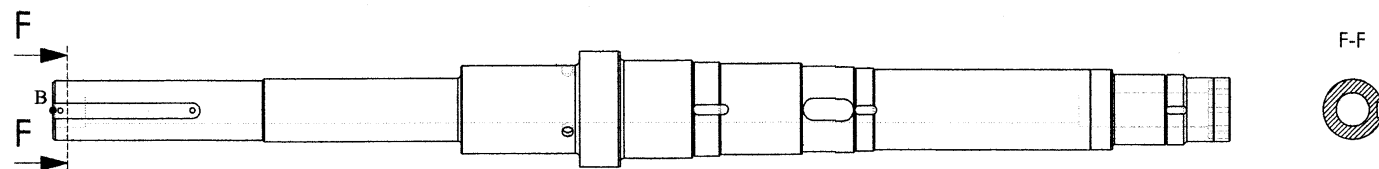
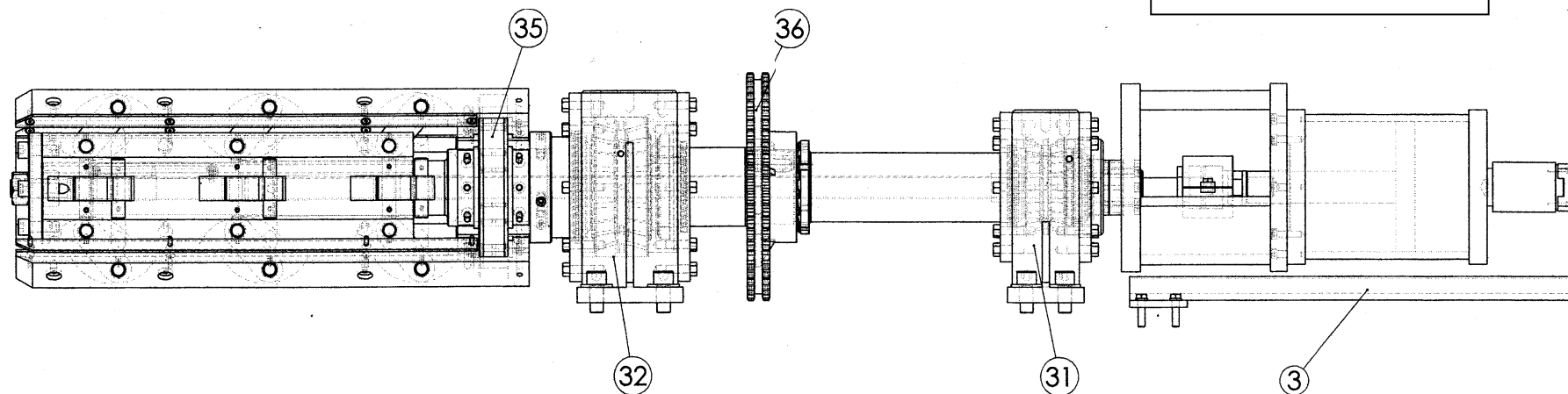
Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

ECH 1 : 8

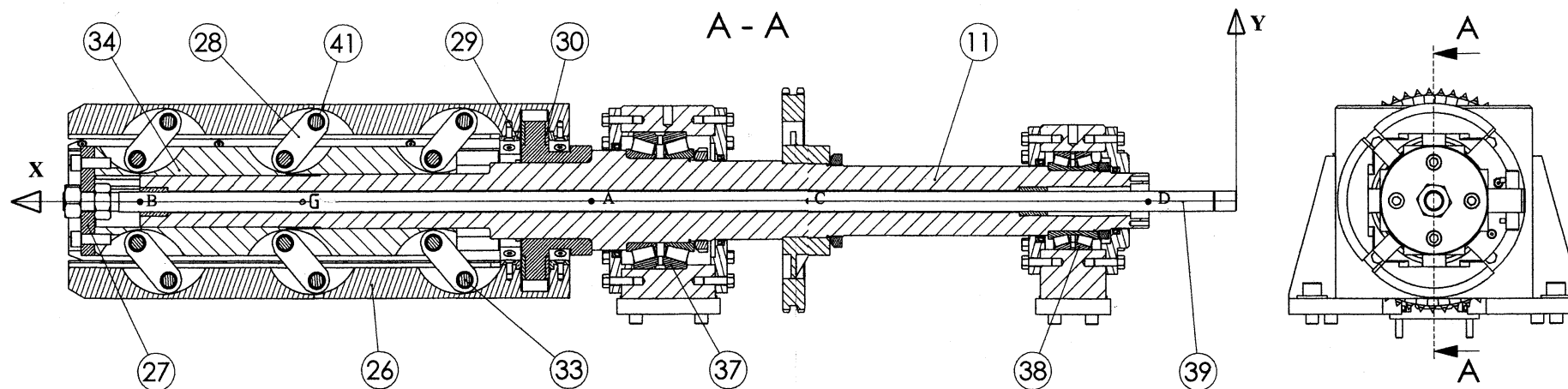
E4.1 DT 2/8

MIE4MEM

!! Format original A3



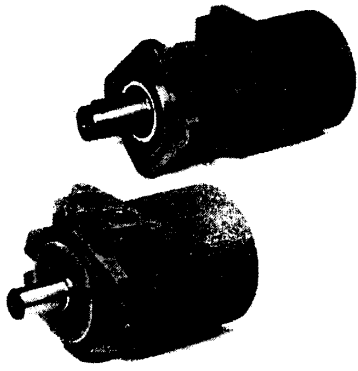
arbre 11 seul



41	1	COUSSINET METAFRAM ø int : 30, ø ext : 38, largeur : 50
40	1	SUPPORT PIGNON TENDEUR A DOUBLE CHAINE
39	1	TIGE DE GONFLAGE
38	1	ROULEMENT Timken TNA 798.792CD
37	1	ROULEMENT Timken TDO 94700/94 114CD
36	1	ROUE A DOUBLE CHAINE nombre de dents : 52, pas : 25,4
35	1	BAGUE DE MAINTIEN
34	1	MOYEU MOBILE
33	24	AXE
32	1	PALIER AVANT
31	1	PALIER ARRIERE
30	2	COURONNE D'USURE
29	8	PLAQUETTE D'USURE METAGLISS
28	12	BIELLETTE
27	1	FLASQUE
26	4	SECTEUR
25	1	ACCOUPLEMENT M38
24	1	PIGNON A DOUBLE CHAINE nombre de dents : 22, pas : 25,4
23	2	PALIER FAG SNA 513 616 avec roulement 22216 CCK
22	1	MOTEUR HYDRAULIQUE Mannesmann Rexroth MZD 60
21	1	ROULEAU D'APPUI enrobé de caoutchouc ø : 180
20	1	PALIER avec roulement 16009
19	1	PIGNON TENDEUR A DOUBLE CHAINE nombre de dents : 12, pas : 25,4
18	1	ARBRE DE TRANSMISSION
17	2	DISQUE Twiflex ø : 405, épaisseur : 12,7
16	4	PINCE PNEUMATIQUE DE FREIN Twiflex MRA
15	1	VERIN de stripage Martonair ø alésage : 60, ø tige : 30, course : 1300
14	1	VERIN d'appui Martonair ø alésage : 102, ø tige : 38, course : 350
13	1	VERIN de gonflage H.P.S. ø alésage : 240, ø tige : 70, course : 150
12	1	JOINT TOURANT Gauthier 1683 3/8" K/L
11	1	ARBRE PORTE MANDRIN (35 CD4) recuit à 850°C, revenu à 200°C
10	1	POULIE CRANTEE 84 H 300
9	1	POULIE CRANTEE 22 H 300 F
8	1	MOTEUR A COURANT CONTINU Leroy Sommer LSK 132 S 08
7	1	PLAQUE DE STRIPPAGE
6	1	AXE D'APPUI
5	1	LEVIER
4	1	BRAS D'APPUI TOURNANT
3	1	SUPPORT DE JOINT TOURNANT
2	1	SUPPORT D'APPUI ET DE STRIPPAGE
1	1	BATI DE LA MACHINE
Repère	Nombre	Désignation

MANNESMANN REXROTH	Moteur hydraulique type MZD/MZF (série 1X) avec raccord taraudé ou montage sur embase				RF 14 332/10.86
	Cal. 60 ... 270	... 225 bar	... 268 cm ³	... 510 Nm	

- dispositif mobile à déplacement sur rouleaux
- applicat. directe du couple de rotat. sur l'arbre central
- dispositif mobile avec commande intégrée
- construction courte et compacte
- nombre restreint de pièces en mouvement
- nombre réduit de surfaces d'étanchéité
- bons rendements
- couple de démarrage élevé
- possibilité d'un deuxième bout d'arbre
- possibilité de montage d'un frein
- possibilité de montage d'une valve
- rotation libre de l'arbre sans charge
- retour interne de l'huile de fuite jusqu'à 20 bar
- forces radiales et axiales élevées (type MZF)



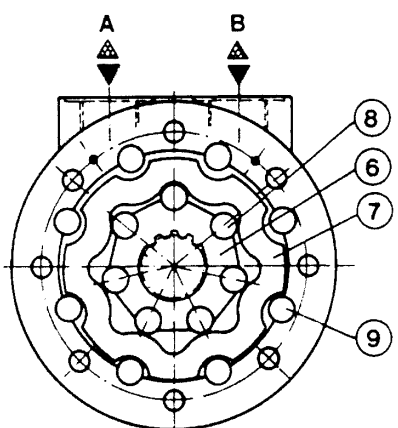
K 3825/1
Type MZD (en bas), Type MZF (en haut)

Description de fonctionnement, coupe

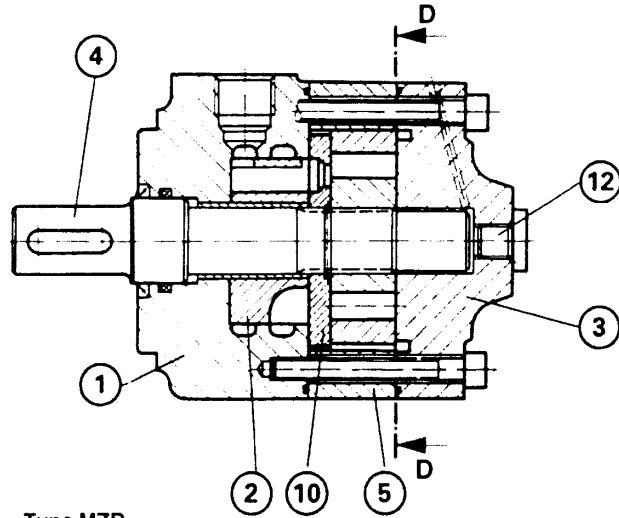
Type MZD

Les moteurs hydrauliques du type MZD ont des couples élevés pour des vitesses faibles et moyennes. Grâce au principe de ces moteurs, le couple est produit directement sur l'arbre central. Le joint de cardan habituel disparaît. Les moteurs hydrauliques MZD se composent essentiellement du carter à bride (1) avec collecteur fixé au carter (2), du couvercle (3), de l'arbre (4), du carter intermédiaire (5), d'un rotor (6), d'une roue à denture interne (7), de rouleaux internes (8) et de rouleaux externes (9) ainsi que d'une glace de distribution (10). L'alimentation et le retour du fluide de pression se fait par les orifices A et B. Le fluide passe par les canaux annulaires jusqu'au carter à bride (1) pour arriver au collecteur (2). Par l'action commune des ouvertures de commande du collecteur (2) fixé au carter et de la glace de distribution (10) entraînée par l'arbre, le fluide est conduit dans les chambres volumétriques ou en-dehors. Le nombre des chambres volumétriques instantanées

correspond au nombre de rouleaux internes (8). Environ la moitié des chambres tournent sous pression et appliquent sur le rotor (6) une force qui produit un couple de rotation. Le rotor (6) exécute une "lente" rotation autour de l'axe de l'arbre alors que la roue à denture interne (7) décrit un mouvement circulaire "rapide" autour de cet axe. Pour chaque rotation de l'arbre il se produit alors un grand nombre de déplacements. Le nombre des chambres volumétriques par rotation de l'arbre est le produit du nombre de rouleaux internes (8) et du nombre de dents cycloïdales de la roue à denture interne (7). Les rouleaux extérieurs (9) soutiennent et guident la roue à denture interne (7). L'huile de fuite est amenée à chaque orifice de basse pression par des clapets anti-retour internes. Lors d'une pression de retour supérieure à 20 bar, il faut retirer la vis de fermeture (12) du carter et relier l'orifice d'huile de fuite au réservoir. Une possibilité de changement de l'orifice d'huile de fuite se trouve dans la version flasque "2" (page 12).



Vue D - D



Type MZD

Liste des types d'arbre Δ = livrable										Charge radiale admissible pour type MZF										
exécution		calibre		60	90	120	150	180	210	270										
Type MZD	arbre AZ: Ø 25 mm			Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ										
	arbre BZ: BS2059/2					Δ		Δ	Δ	Δ										
	arbre DZ: DIN 5480				Δ		Δ	Δ	Δ	Δ										
	arbre DD: cannelé			Δ	Δ		Δ			Δ										
	arbre EZ: Ø 32 mm				Δ		Δ		Δ	Δ										
Type MZF	arbre CZ:				Δ		Δ	Δ	Δ	Δ										
	arbre EZ: Ø 32 mm				Δ		Δ	Δ	Δ	Δ										
	arbre CD: cannelé				Δ		Δ			Δ										
	arbre ED: cannelé				Δ		Δ			Δ										

Force radiale F_{rad} en daN

Force radiale en fonction du point d'application de la force et de la force axiale

Pour $n = 200 \text{ min}^{-1}$
 $L_h = 3000 \text{ h}$
(B10)

écart L en mm

$F_{ax, \max} = 300 \text{ daN}$

écart L en mm

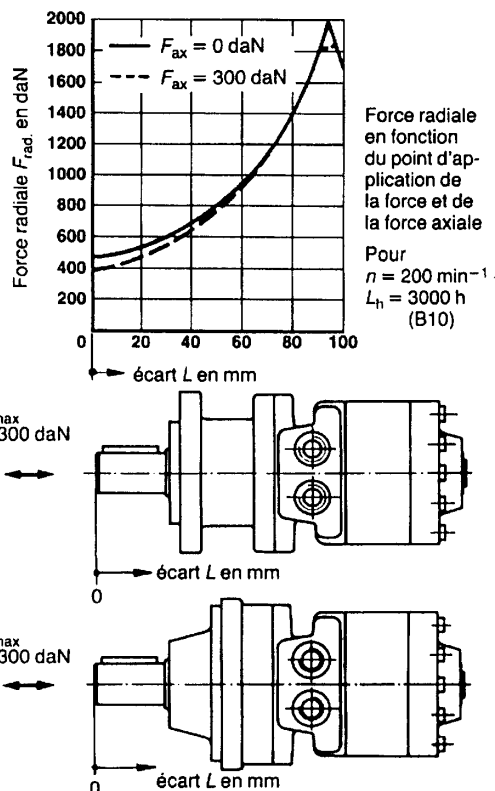
$F_{ax, \max} = 300 \text{ daN}$

Caractéristiques							
Débit d'huile de fuite maxi externe (Q_L) en L/min à :							
débit en L/min perte de charge en bar	5	10	20	30	50	75	
35	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	
70	0,35	0,35	0,5	0,6	0,7	0,7	
105	0,5	0,5	0,65	0,75	0,85	0,9	
140	0,65	0,65	0,8	0,9	1,0	1,1	
175	0,8	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	

Perte de charge maxi ΔP en fonctionnement à vide (pour tous les calibres) :							
débit en L/min	5	10	20	30	50	75	
Perte de charge en bar	2,0	2,2	3,5	6,0	14,0	27,0	

MZD 60

Différence de pression en bar				Débit en L/min					
				5	10	20	30	50	
35	T	Nm	16	22	24	23	21	16	
	n	min ⁻¹	0	84	167	339	505	851	
70	T	Nm	34	47	49	49	47	41	
	n	min ⁻¹	0	79	163	331	494	832	
105	T	Nm	51	72	76	75	72	66	
	n	min ⁻¹	0	77	158	325	483	814	
140	T	Nm	67	97	102	102	99	91	
	n	min ⁻¹	0	72	152	317	471	796	
175	T	Nm	83	121	127	129	124	115	
	n	min ⁻¹	0	69	149	312	459	779	



. Le calcul ou la vérification d'un arbre soumis à la flexion et à la torsion repose sur diverses théories.

. La théorie se trouvant la mieux vérifiée est celle associée à la courbe intrinsèque : théorie de Mohr-Cacquot.

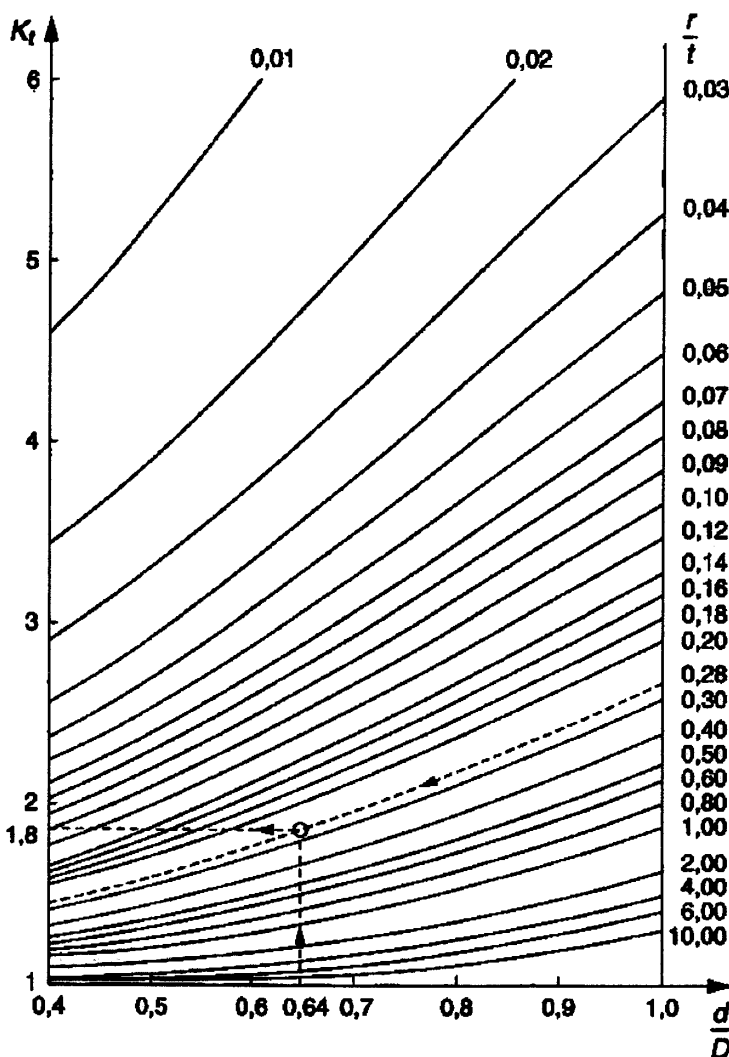
Elle conduit à la relation :

$$\mathcal{M}_{fi} = \left(1 - \frac{1}{2\lambda}\right) \mathcal{M}_f + \frac{1}{2\lambda} \mathcal{M}_{ti} \text{ avec } \left| \begin{array}{l} \mathcal{M}_{ti} = \sqrt{\mathcal{M}_f^2 + \mathcal{M}_t^2} \\ \lambda = \frac{R_{pg}}{R_{pe}} \end{array} \right.$$

Il suffit alors de vérifier :

- quand $\lambda \neq \frac{1}{2}$: $\frac{\mathcal{M}_{fi}}{\frac{IG_z}{V}} < R_{pe}$ (V : distance de la fibre neutre à la fibre la plus éloignée)

Tableau 1 Moments idéaux de torsion et de flexion ϕ



	$I(G, \vec{x})$	$I(G, \vec{y})$	$I_0 = I_G$
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{bh}{12} (b^2 + h^2)$
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^4}{6}$
	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^4}{32}$
	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$

Tableau 2 Moments quadratiques ϕ

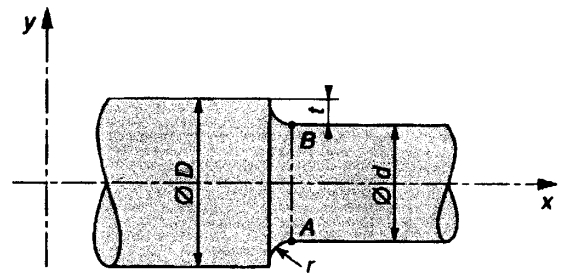
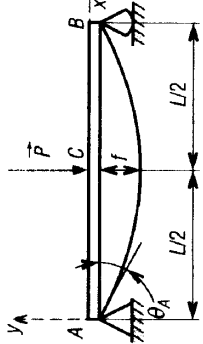
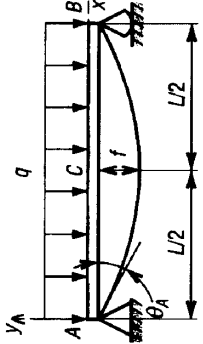
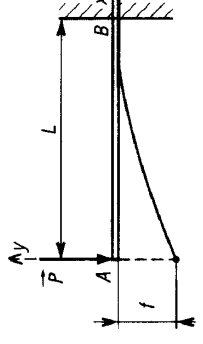
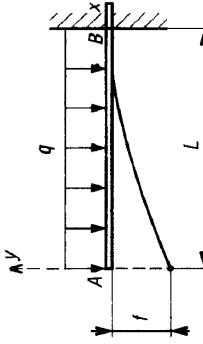


Tableau 3 Facteur de concentration de contrainte K_{tf} pour de la flexion.

FORMULAIRE DE POUTRES SOLLICITEES EN FLEXION

SCHEMA	Actions aux appuis	T (effort tranchant)	Mf (moment fléchissant)	Mf _{maxi}	Déformée E.I _{GZ} .Y	Flèche Y _{maxi} = f
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	Tronçon AC $T = -\frac{P}{2}$ Tronçon CB $T = \frac{P}{2}$	Tronçon AC $Mf = \frac{P.x}{2}$ Tronçon CB $Mf = \frac{P.x}{2} + \frac{P.L}{2}$	En C : $x = \frac{L}{2}$ $Mf_{maxi} = \frac{P.L}{4}$	Tronçon AC $E.I_{GZ}.Y = -\frac{P.x^3}{12} + \frac{P.L^2.x}{16}$	En C : $x = \frac{L}{2}$ $f = -\frac{P.L^3}{48.E.I_{GZ}}$
	$-q \cdot \bar{y}$ $R_A = R_B = \frac{q.L}{2}$	$T = q.x - \frac{q.L}{2}$	$Mf = -\frac{q.x^2}{2} + \frac{q.L.x}{2}$	En C : $x = \frac{L}{2}$ $Mf_{maxi} = \frac{q.L^2}{8}$	$E.I_{GZ}.Y = \frac{q.x^4}{24} - \frac{q.L^3.x}{12} + \frac{q.L^2.x^2}{24}$	En C : $x = \frac{L}{2}$ $f = -\frac{5.q.L^4}{384.E.I_{GZ}}$
	En B : $x = L$ $R_B = P$ $M_B = -P.L$	$T = P = \text{constante}$	$Mf = -P.x$	En B : $x = L$ $Mf_{maxi} = -P.L$	$E.I_{GZ}.Y = \frac{P.x^3}{6} - \frac{P.L^2.x}{2} + \frac{P.L^3}{3}$	En A : $x = 0$ $f = -\frac{P.L^3}{3.E.I_{GZ}}$
	$-q \cdot \bar{y}$ En B : $x = L$ $R_B = q.L$ $M_B = -\frac{q.L^2}{2}$	$T = q.x$ En B : $x = L$ $T_{maxi} = q.L$	$Mf = -\frac{q.x^2}{2}$	En B : $x = L$ $Mf_{maxi} = -\frac{q.L^2}{2}$	$E.I_{GZ}.Y = \frac{q.x^4}{24} - \frac{q.L^3.x}{6} + \frac{q.L^2.x^2}{8}$	En A : $x = 0$ $f = -\frac{q.L^4}{8.E.I_{GZ}}$

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

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
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

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 2003

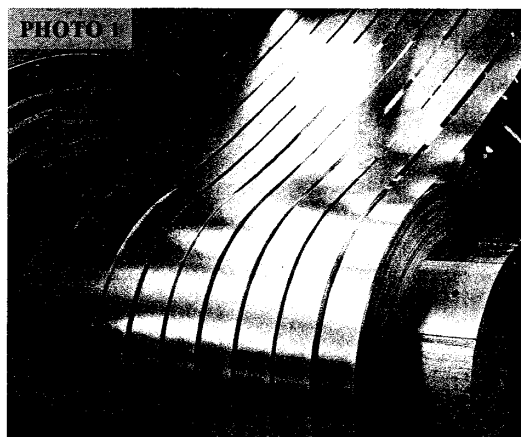
**Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)**

Présentation

Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4

LIGNE DE ZINGAGE

La ligne de zingage est une ligne automatisée de traitement superficiel, qui par électrolyse dépose une couche de zinc de 1 à 6µm sur un feuillard.



Le but est d'obtenir une meilleure protection de tôles d'acier laminé (feuillard) contre les agressions de l'humidité tout en augmentant la qualité de leur aspect sans pour autant modifier les propriétés mécaniques du métal de base.

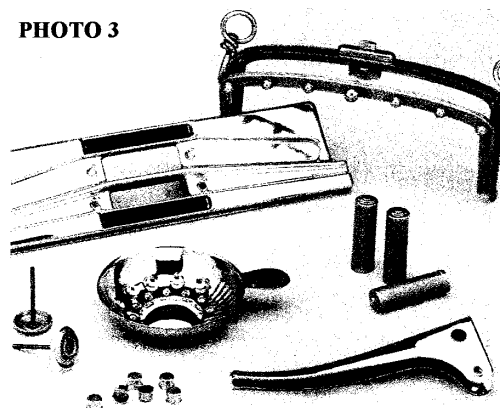
Elle comporte des postes effectuant les opérations de : déroulage, découpage, soudage, stockage par accumulateurs, dégraissage, **électrolyse**, séchage, conditionnement (figure 1 feuille PR 2/4).

Deux blocs en "S" (figures 1 et 2 pages PR2/4 et PR3/4) gèrent la tension du feuillard dans les bacs de traitements pendant que des cylindres motorisés l'entraînent en mouvement à la vitesse moyenne de 30m.min⁻¹.

Les rouleaux, ou coïls, de feuillard nu (non traité) d'épaisseur 0,05mm à 5mm, de 1500mm de largeur, sont refendus en largeur de 10 à 1500mm, suivant la demande du client (photo 1).

En fin de ligne le feuillard zingué est ré-enroulé en coïl en intercalant un film de papier entre 2 couches (photo 2). Certains produits sont livrés huilés sur demande du client.

Les produits finis réalisés à partir de ce feuillard zingué peuvent être multiples en voici quelques exemples présentés sur les photos 3 et 4.



Fonction globale de la ligne :

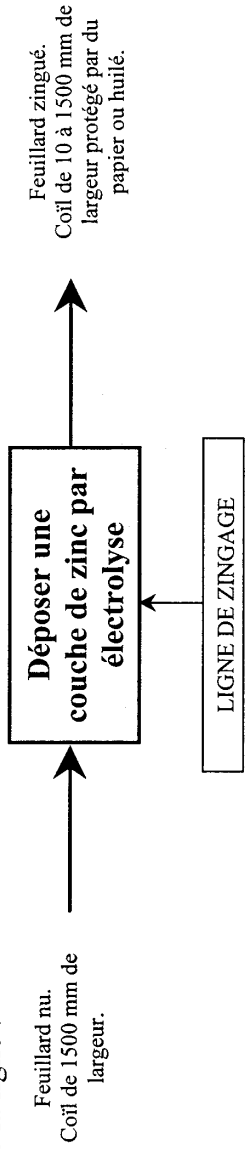
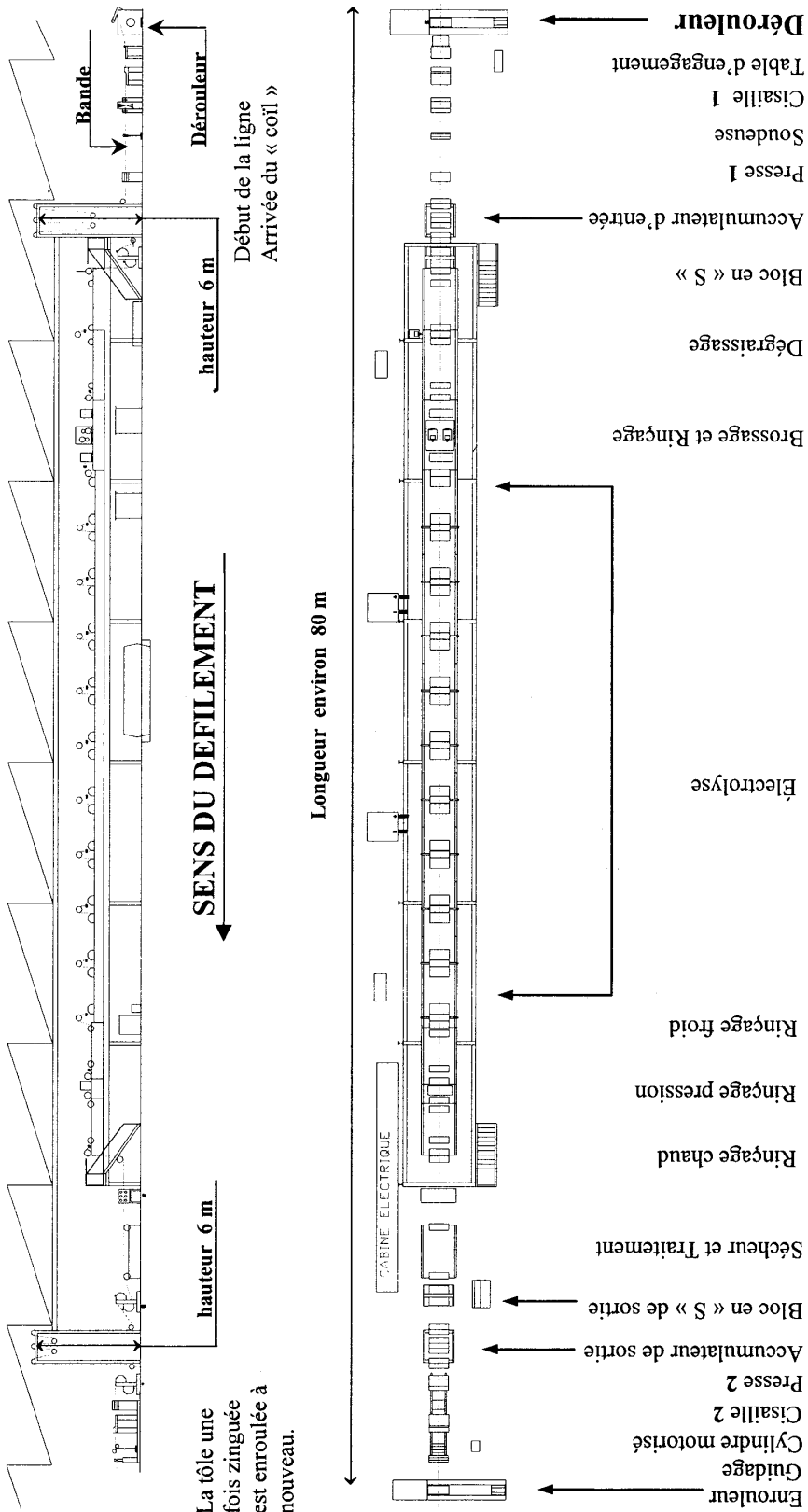
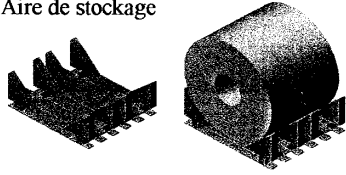


Figure 1 : schéma synoptique de la ligne de zingage.



Aire de stockage



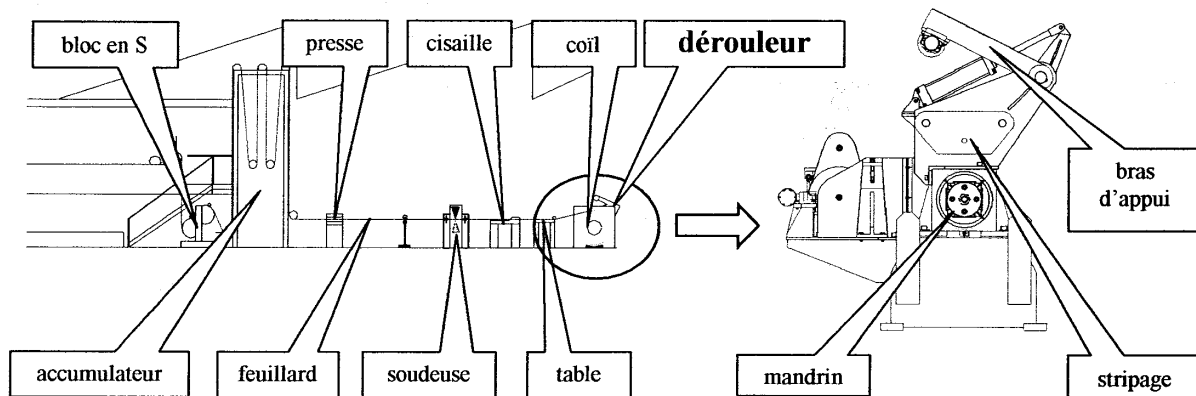
Sur la ligne de zingage, l'alimentation en coils à traiter se fait par chargeur sur pneus, depuis l'aire de stockage jusque sur le mandrin expansible du **dérouleur** qui bloque le coil en position (figure 2). Cette opération délicate soumise à la dextérité du cariste présente des risques de casse de l'arbre du mandrin expansible.

Un bras d'appui muni d'un rouleau caoutchouté, entraîné par un moteur hydraulique (figures 3 et 4 feuille PR4/4) vient s'appuyer sur le coil et le déroule lentement jusqu'à une cisaille où une fois coupé à son extrémité, il est margé par le cariste. Le margeage consiste à aligner latéralement le nouveau feuillard sur le précédent avant de le souder (raboutage). Une fois encore l'arbre du mandrin expansif est soumis à rude épreuve.

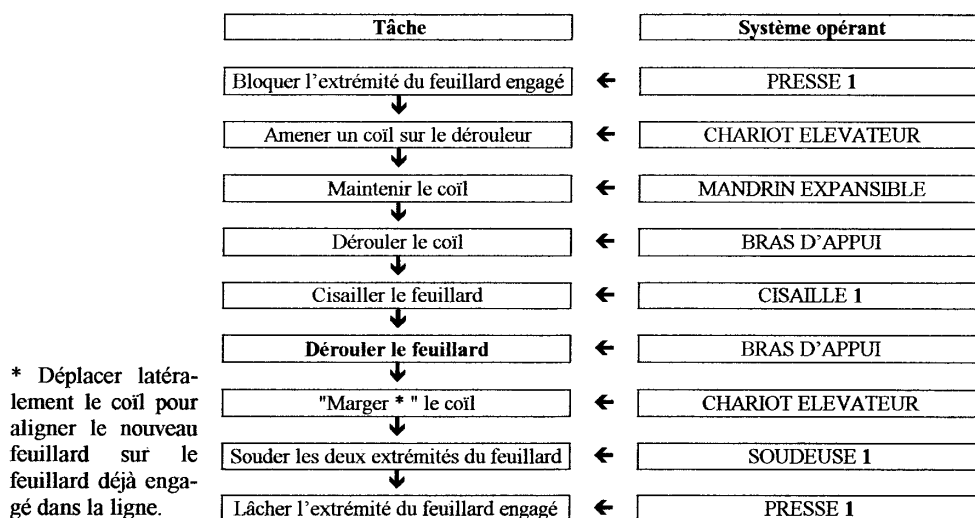
Si un coil est défectueux, si sa largeur est inadaptée, s'il ne contient plus assez de métal ou si ce métal ne correspond plus au besoin du client, il est évacué par le mécanisme de stripage (figure 2).

Des accumulateurs (figures 1 et 2) ont pour rôle de stocker du feuillard (24m chacun) au cours des phases de chargement et de déchargement des coils alors que l'opération de zingage se poursuit au ralenti. A cette fin, deux chariots d'une course verticale de 6m, assurent par gravité la réserve de feuillard après que deux presses aient isolé le dérouleur et l'enrouleur du reste de la machine.

Figure 2

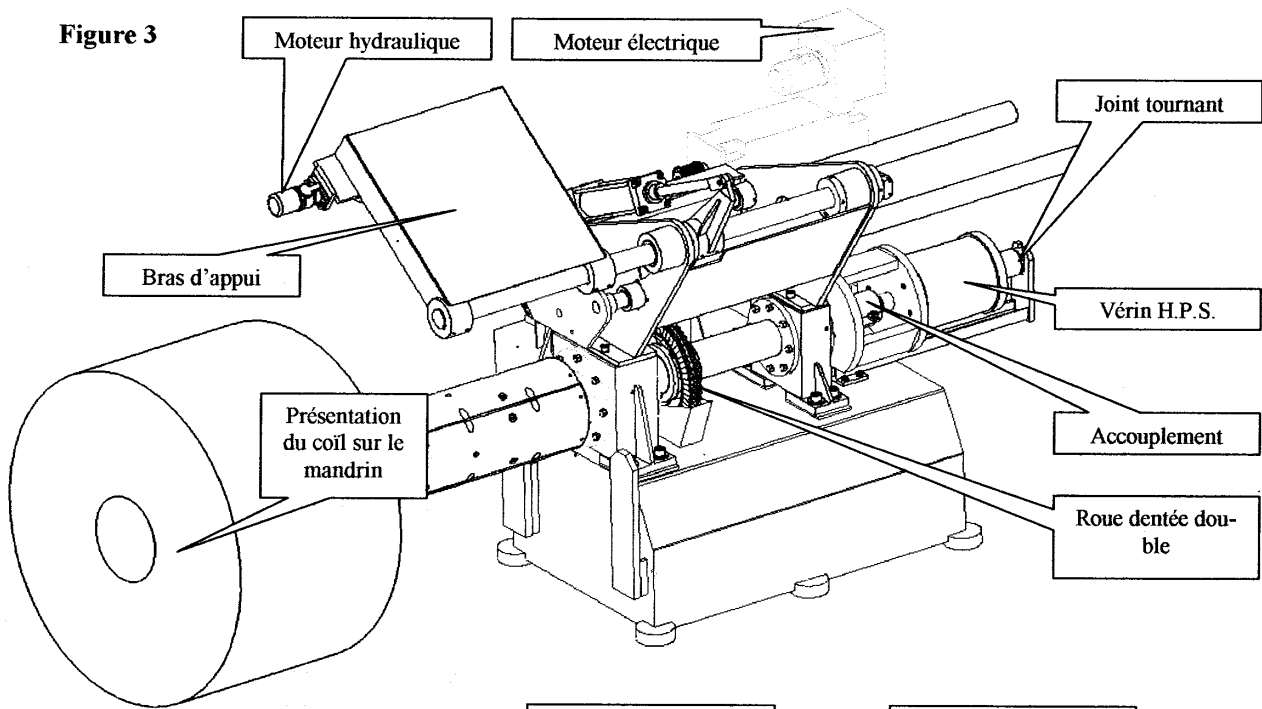


GRAPHE DE DESCRIPTION DES TACHES DE MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU COÏL



* Déplacer latéralement le coil pour aligner le nouveau feuillard sur le feuillard déjà engagé dans la ligne.

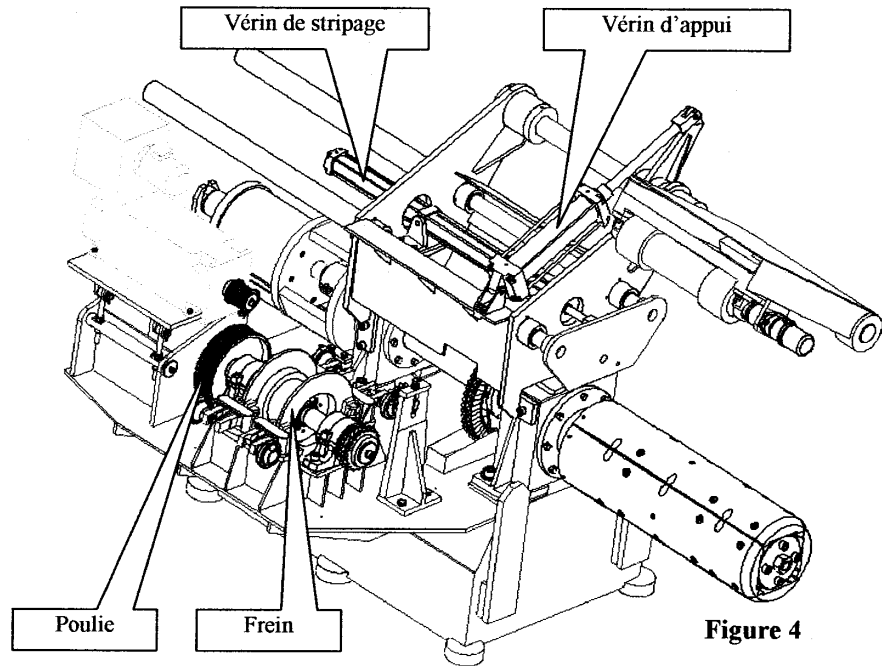
E4.2 PR 3/4

Figure 3

L'entreprise fait fonctionner depuis des années plusieurs lignes du même type avec d'autres métaux d'apport. L'équipe d'entretien a donc acquis une solide expérience.

Cette ligne assez récente est en perpétuelle évolution pour augmenter :

- la productivité en évitant les pertes de temps par des opérations de chargement déchargement trop longues ou se répétant trop fréquemment,
- la sécurité bien sûr, en évaluant correctement les risques de casse puis en mettant en œuvre une parade efficace,
- la fiabilité en évitant ainsi de longues périodes d'arrêt toujours très coûteuses.

**Figure 4**

Grâce à l'historique des pannes, le service de maintenance de l'entreprise a pu mettre en évidence certains problèmes de dysfonctionnement notamment celui de la mise en place et du margeage des bobines avec un chargeur sur pneus qui cause la casse de l'arbre porte-mandrin.

Le service production, désireux d'augmenter la productivité de la ligne, envisage d'apporter des modifications. Deux solutions se présentent, soit diminuer le temps de chargement, soit augmenter la taille des coils.

Les études prévues permettront de vérifier les caractéristiques mécaniques des éléments sollicités et d'envisager les modifications nécessaires.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

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

Questionnaire

Ce dossier contient les documents Q 1/6 à Q 6/6

BAREME

Consacrez 25 min à la lecture du sujet

Questions	Barème sur 40	Temps	Questions	Barème sur 40	Temps
Questions A	5	35	Questions D	5	30
Questions B	7	30	Questions E	5	30
Questions C	6	40	Questions F	12	110

LIGNE DE ZINGAGE

Analyse fonctionnelle

L'opération de chargement d'un nouveau coil sur le mandrin du dérouleur est réalisée avec un chariot élévateur. Elle est délicate et entraîne très souvent, malgré l'habileté des caristes, des fausses manœuvres qui provoquent des détériorations nécessitant un arrêt de la ligne pour réparation.

Les objectifs de l'étude sont :

- d'analyser si l'augmentation envisagée des dimensions des coils est possible, si elle apporte des améliorations notables à la nouvelle ligne et si le choix de certains composants est convenable,
- de concevoir de nouveaux éléments susceptibles de remédier aux défauts de fonctionnement existant sur la précédente version et qui ne sont plus acceptables avec une charge de travail plus importante.

Remarque : Toutes les parties A, B, C, D, E, F, sont indépendantes

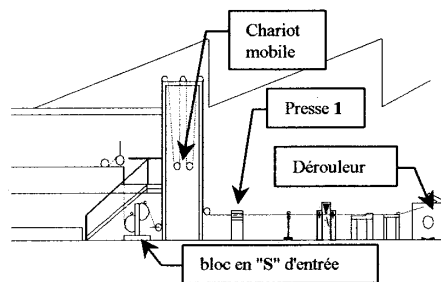
A – Installation du nouveau coil : (Répondre sur feuille de copie et voir présentation PR 1/4 à PR 4/4)

Objectif : Améliorer la productivité en augmentant les phases de travail productif de la ligne par réduction du nombre d'interventions.

MODE OPERATOIRE :

Q₁ : A l'instant où l'opération de chargement commence, l'accumulateur d'entrée est rempli, c'est à dire qu'il a en réserve 24 m de bande. Pourquoi ?

Q₂ : Lors d'un changement de coil, l'automate ralentit le passage du feuillard dans les différentes cuves de bain électrolytique. Il règle la vitesse de défilement de la bande à 6 m.min⁻¹. Calculez le temps dont dispose l'opérateur pour réinstaller un nouveau coil (les autres opérations sont réalisées simultanément par d'autres opérateurs).



DIMENSION DU COIL :

Q₃ : A partir des DT1/9 et DT2/9, déterminez le plus grand diamètre extérieur du coil (\varnothing_{ext} du coil) que l'on peut placer sur le mandrin, la tige du vérin 14 étant sortie entièrement et le bras 4 en position haute. Indiquez et justifiez sur le document DR 1/5 les tracés et les mesures que vous faites.

Q₄ : Le diamètre extérieur du coil est porté de 1300 mm à 1600 mm.

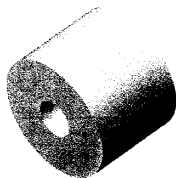
On donne : - épaisseur du feuillard : $e = 2 \text{ mm}$.

- largeur du feuillard : $l = 1 \text{ m}$.

- diamètre intérieur du coil inchangé : (\varnothing_{int} du coil = 400 mm).

- vitesse de défilement de la bande : 30 m.min⁻¹.

- masse volumique de l'acier $\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.



- Quelle longueur de feuillard supplémentaire peut-on traiter entre 2 changements de coil ?
- Quelle durée supplémentaire s'écoule entre 2 changements de coil.
- Quel est l'accroissement de la charge supportée par le mandrin .
- Quelles sont les conséquences sur la chaîne cinématique ?

E4.2 QUES 1/6

B – Etude du guidage du mandrin :

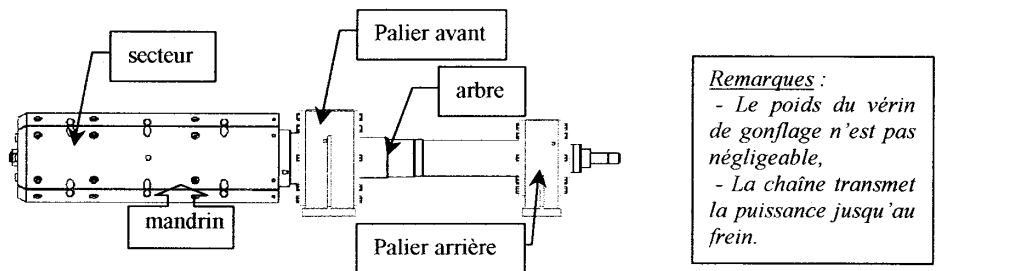
(Sur document réponse DR 2/5) (voir aussi document DT 3/9)

Objectif : Améliorer le guidage de l'arbre du mandrin.

Le coil est placé sur le mandrin. Le vérin dit « de gonflage » écarte simultanément les 4 secteurs 26 pour les plaquer à l'intérieur de l'alésage du coil.

Le guidage en rotation de l'arbre du mandrin est réalisé par 2 paliers distants d'environ 900 mm.

Lors de la 1^{ère} conception (coil de 9 t), le guidage en rotation du mandrin respectait la représentation simplifiée fig. 1 DR 2/5.



Q₅ :

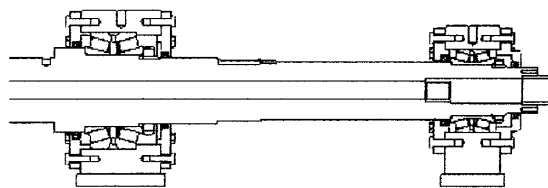
- Donnez dans ce cas le nom de chacune des 2 liaisons.
- Tracez en l'amplifiant, l'allure de la déformation résultant des charges appliquées (fig. 1).
- Quelle est la conséquence sur la position de la roue à chaîne ?

L'entreprise a décidé dans un premier temps de faire fonctionner la ligne dans cette configuration avec les nouveaux coils. La masse de l'ensemble coil + mandrin est estimée maintenant à 16000 kg.

Après quelques temps de fonctionnement, le service de maintenance constate une usure rapide de la transmission par chaîne et sa rupture.

Q₆ : Quelles sont les causes probables de l'usure et de la rupture de la chaîne ?

La solution envisagée pour le guidage en rotation de l'arbre par roulements est donnée sur la figure ci-contre et le document DT 3/9.



Répondre sur le document DR 2/5

Q₇ : Indiquez pour chacun des deux paliers le type de roulements utilisés ainsi que le type de montage réalisé.

Q₈ : Après analyse des deux paliers, donnez le nom de la liaison que l'on peut associer à chacun des paliers (répondre en précisant le nom et le schéma normalisé associé).

Q₉ : Tracez sur la fig. 2 l'allure de la nouvelle déformation.

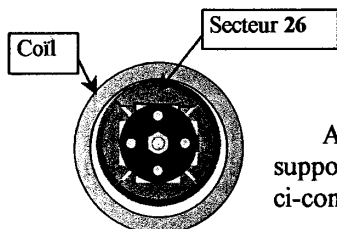
Q₁₀ : Quelle est l'influence de ce nouveau montage sur la déformation possible de l'arbre ?

E4.2 QUES 2/6

Objectifs pour les parties C et D : Vérifier si certains composants sont capables de supporter les nouvelles charges appliquées.

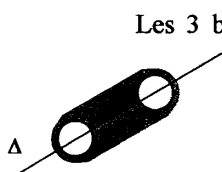
C – Etude de l'ouverture du mandrin :

(Répondre sur feuille de copie et voir documents DT 3/9, DT 5/9, DT 9/9)

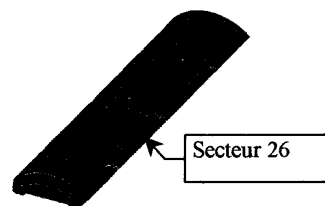


C'est le vérin de gonflage (tige 39) qui, par son action à l'extrémité du moyeu mobile 34, écarte les 4 secteurs 26.

Au début de cette phase de serrage du coil, il est possible qu'un seul secteur supporte la totalité de la charge du coil si l'on se trouve dans la situation représentée ci-contre.



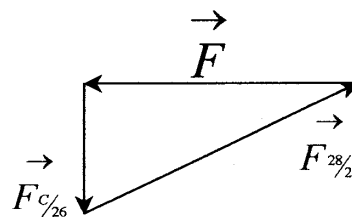
Les 3 bielles 28 agissent simultanément sur le secteur 26. La résultante des 3 efforts transmis au secteur est suivant la direction Δ . C'est dans cette position qu'elle est la plus importante.



COÏL DE 9 TONNES :

Avec un coil de masse 9 t, l'étude de l'équilibre du secteur à cet instant a permis de tracer le polygone somme des résultantes suivant :

Action	Résultante	Module
Coil sur secteur 26	$\vec{F}_{C/26}$	9 000 daN
Bielles 28 sur secteur 26	$\vec{F}_{28/26}$	15 650 daN
« Effort axial de maintien »	\vec{F}	12 800 daN



Q₁₁ : Quelle est la pièce qui supporte cet effort axial ? A partir des dimensions relevées sur le document DT 5/9, calculez l'aire de la surface de contact.

Q₁₂ : Calculez la pression de contact, supposée uniforme, et désignez la nuance de "Bronze Métagliss" proposée qui convient pour cette version « coil de 9 t ».

COÏL DE 13 TONNES :

Q₁₃ : Pour la nouvelle version « coil de 13 t », cette même pièce avec ce même matériau antifriction pourra-t-elle supporter la charge ? Justifiez.

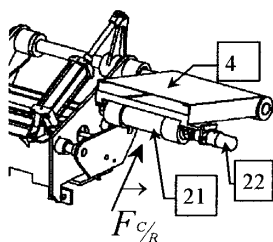
Proposez une solution consistant à modifier l'une des dimensions de cette pièce.

Par un croquis en perspective coté, indiquez la valeur de la dimension que vous modifiez.

Q₁₄ : Lors du tracé du polygone des résultantes ci-dessus montrant l'étude de l'équilibre du secteur, la direction de l'action de maintien a été supposée horizontale. Quel paramètre a-t-on négligé ?

E4.2 QUES 3/6

D – Etude du guidage du rouleau d'appui : (Répondre sur DR 3/5)



Le coil est maintenant en place. Il s'agit de dérouler la 1^{ère} couche jusqu'à la table d'engagement.

C'est le rôle du moteur hydraulique 22 qui tourne donc pour cela pendant 12,5 s. La fréquence de rotation de 22 est : $N = 75 \text{ tr.min}^{-1}$

L'adhérence du rouleau d'appui 21 sur la face extérieure du feuillard permet de transmettre la puissance.

L'action radiale qu'exerce le rouleau sur la face extérieure du coil a pour norme : $F_{\text{coil} / \text{rouleau d'appui}} = 3600 \text{ N}$.

La ligne fonctionne 16 h /jour, 5 jours par semaine, 47 semaines par an.

Il faut changer un coil toutes les 40 minutes.

La durée de vie, c'est-à-dire la durée de bon fonctionnement dans le temps de ce guidage, dépend du choix convenable des roulements en fonction des charges appliquées et d'une protection efficace. Les 2 nouveaux roulements à billes choisis (Référence 16009 doc. DT 7/9) sont identiques. Ils nécessitent une étanchéité indépendante. La lubrification est réalisée à la graisse.

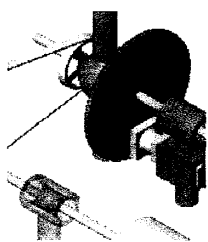
Q15 : Le montage de roulements est représenté sur DR 3/5 : (voir documents DT 7/9 et DT 8/9).

Les roulements ne supportant que des charges radiales, la charge équivalente **P** sera égale à la charge radiale.

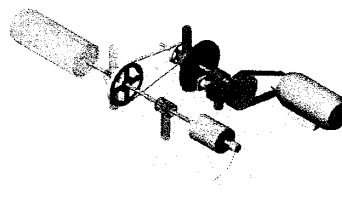
- Vérifiez la durée de vie de ces roulements (avec un pourcentage de fiabilité de 90%) :
 - donnez **L** en millions de tours, puis **L_H** en heures,
 - enfin, compte tenu du fonctionnement de la ligne, le nombre d'années **N_{BA}** au bout desquelles il faudra changer ces roulements !
- Indiquez sur le document DR 3/5 les ajustements convenables entre les bagues du roulement et les portées de l'arbre et du logement .
- L'anneau élastique est-il vraiment nécessaire ? Pourquoi ?
- Quel type d'étanchéité est réalisé ici ? Donnez la désignation du joint utilisé.
- Indiquez les tolérances pour un montage correct d'un joint.

E – Etude de la transmission de mouvement et du freinage : (Sur feuille de copie et DR1/5)

Objectif : Comprendre le mécanisme de freinage .



Le système de freinage est utilisé en cas d'arrêt d'urgence et au moment où l'extrémité du feuillard s'est positionnée correctement sur la table d'engagement.



Q16 : Sur le document DR1/5, indiquez les numéros des pièces désignées ?

Q17 : La chaîne cinématique entre le moteur 8 et le mandrin prévoit 2 étages de réduction de la vitesse . La première réduction est obtenue par le système poulies-courroie.

Quel est le type de courroie utilisé ? Justifiez l'utilisation d'une transmission par courroie pour la 1^{ère} réduction et une transmission par chaîne pour la 2^{ème} réduction.

Q18 : Pourquoi avoir placé ce système de freinage sur l'arbre 18 ?

Q19 : Quels sont les critères qui ont permis le choix du nombre de disques et d'étriers ?

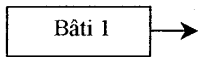
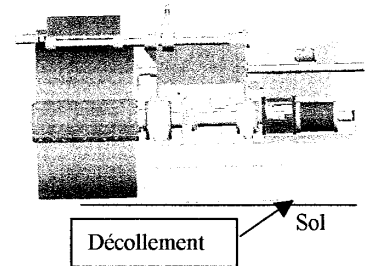
E4.2 QUES 4/6

F – Etude du guidage latéral du bâti : (Répondre sur DR 4/5 et DR 5/5)
(voir Documents Techniques DT 7/9 et DT 8/9)

Objectif : Modifier la conception de la base d'appui du bâti 1 sur le sol.

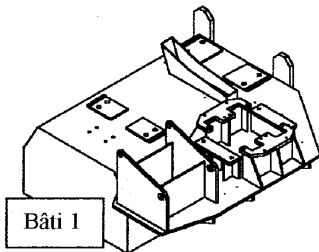


L'augmentation du poids du coil provoque un basculement de l'ensemble.

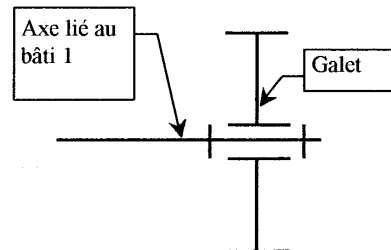


Le poids de l'ensemble dérouleur + coil est de 17000 daN.

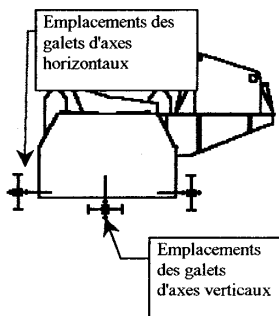
Le déplacement latéral de l'ensemble du dérouleur, permettant d'aligner avec précision le nouveau coil sur la fin de la bande précédente (opération de raboutage), s'avère encore plus difficile.



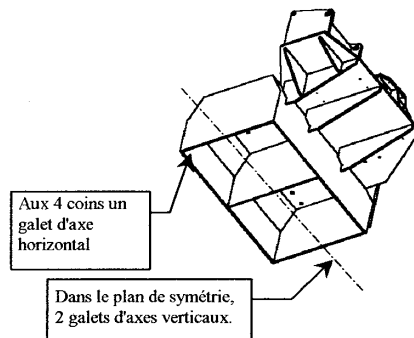
Pour effectuer cette opération sans trop d'effort, le service maintenance prévoit d'adapter sous le bâti 1 des galets de conception identique.



CONCEPTION D'UN GALET TYPE

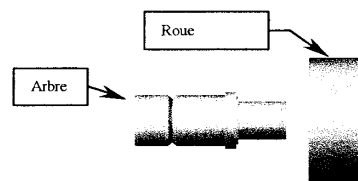
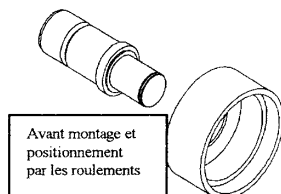


Il est prévu 4 galets d'axes horizontaux qui supporteront le poids de tout l'ensemble (guidage transversal) et 2 galets d'axes verticaux qui maintiendront l'axe du dérouleur perpendiculaire à la direction de déroulement de la ligne de zingage (guidage longitudinal).



Tous les galets sont identiques. Ils sont constitués de:

- 1 arbre pour la liaison sur le bâti,
- 1 roue ($\varnothing_{ext} = 200$ mm),
- 2 roulements Ref : 6312.2RSR prévus pour résister à la sollicitation la plus importante au moment du basculement.



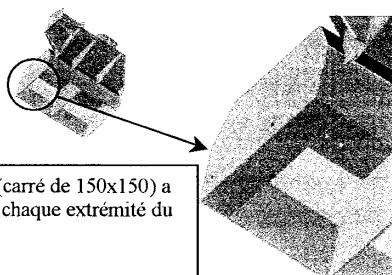
Quatre galets serviront à chaque guidage transversal, deux galets au guidage longitudinal.

Un roulement à l'arrêt ou tournant très lentement supporte les efforts (uniquement radiaux) qui lui sont appliqués dans des conditions de fonctionnement sévères.

Q20 : Justifiez, à l'aide de l'extrait de la documentation constructeur DT 8/9, que les roulements choisis pour ces montages conviennent.

Q21 : Sur DR 4/5, réalisez le montage de roulements d'un galet type. Indiquez les ajustements convenables entre les bagues du roulement et les portées de l'arbre et du logement.

FIXATION DES GALETS SUR LE BÂTI



Un renfort (carré de 150x150) a été soudé à chaque extrémité du bâti 1.

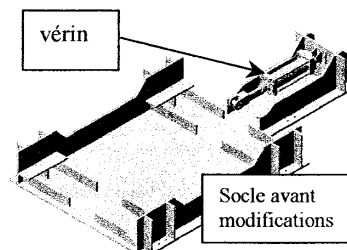
Les arbres des 4 galets horizontaux et ceux des 2 galets verticaux doivent être liés au bâti 1. (liaison complète démontable).

Q₂₂ : Sur le Document Réponse **DR 5/5**, représentez dans la coupe D-D **zone 1**, un des galets en liaison avec l'arbre et avec le bâti 1 renforcé à cet endroit : (indiquez les ajustements et la désignation des éléments utilisés)

ADAPTATION D'UN SOCLE

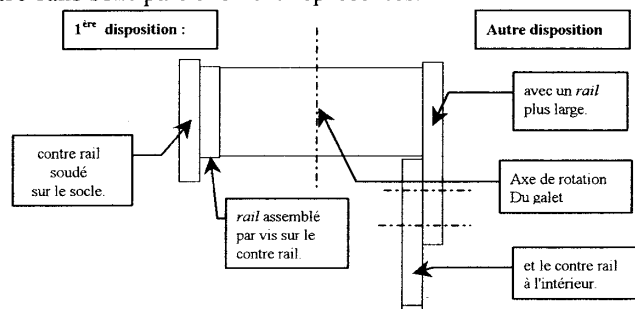
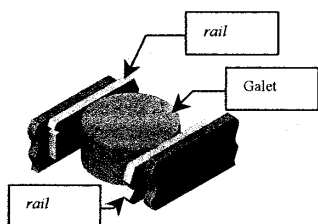
Les galets ne pouvant pas rouler directement sur le sol en béton, il faut concevoir un élément intermédiaire appelé socle (voir **DT 6/9**).

Un socle, remplissant la même fonction est déjà utilisé sur une autre machine. Ce socle est en construction soudée et va être adapté à cette nouvelle situation. Il sera fixé sur le sol et permettra à l'aide d'un vérin de manœuvrer latéralement le bâti pour positionner correctement la nouvelle bande par rapport à la précédente qui finit de passer sur la ligne (raboutage).



Les galets doivent rouler sur des "rails" maintenus sur le socle. Dans tous les cas, il y a un rail de part et d'autre du galet. Chaque rail doit pouvoir être démonté, il sera fixé par des vis H M16 sur le contre rail lui-même soudé sur le socle mais la disposition de l'un par rapport à l'autre peut être différente.

Remarque : sur ces figures, les rails et contre-rails sont partiellement représentés.



Q₂₃ : Quelles doivent être les propriétés mécaniques de ces "rails" ? (Répondre sur **DR 5/5**).

Le déplacement souhaité du bâti pouvant être d'environ 350 mm, il faut donc prévoir la longueur des rails en conséquence.

Q₂₄ : Sur le Document Réponse **DR 5/5** :

Il s'agit de mettre en place :

- le contre-rail, en indiquant les cordons de soudure que vous prévoyez de réaliser,
- le rail de guidage assemblé par vis sur le contre-rail (Vous indiquerez la position de toutes les vis et représenterez complètement une seule fixation par vis).

Complétez pour le guidage transversal :

- zone 2** la coupe D-D,
- zone 3** la coupe A-A,
- zone 4** vue de dessus détail C.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

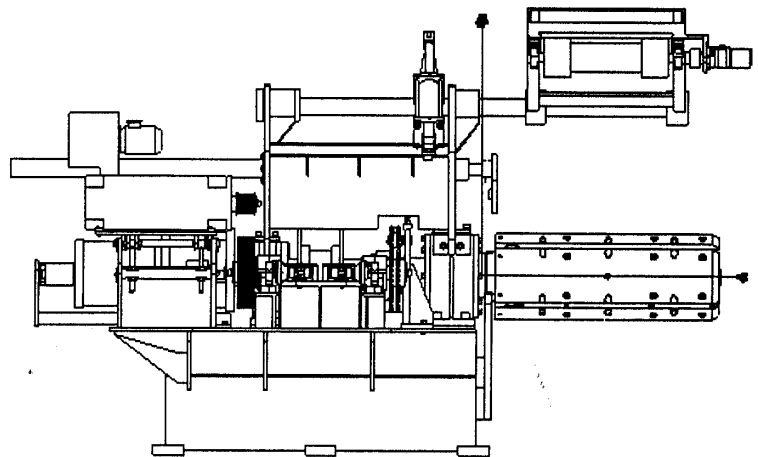
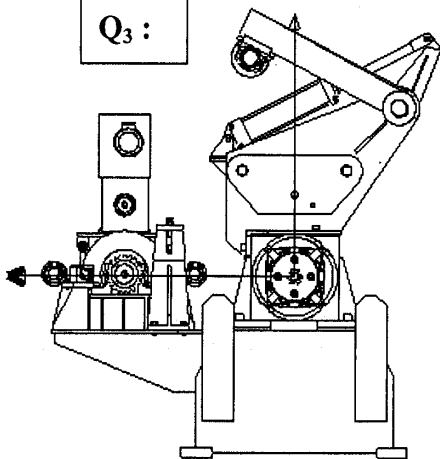
**Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des mécanismes
(Sous-épreuve E 4-2)**

Documents réponses

Ce dossier contient les documents DR 1/5 à DR 5/5

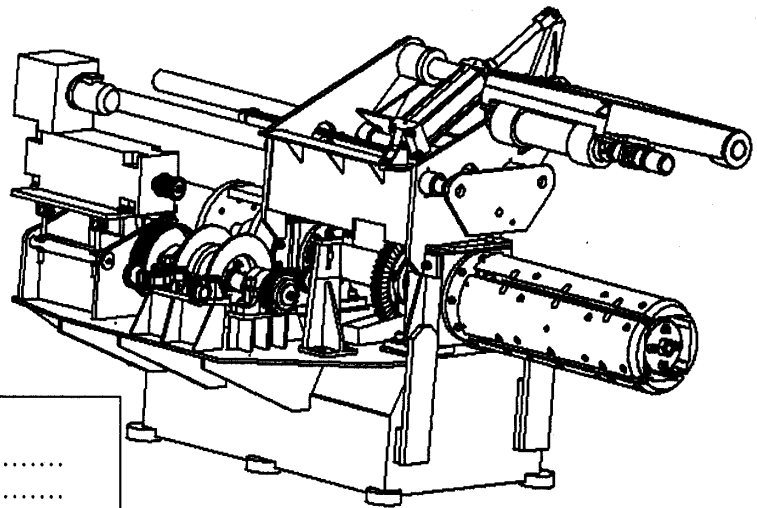
Ces documents-réponses sont à rendre en totalité (même vierges) dans une feuille de copie double servant de chemise et portant l'identité du candidat

Q₃ :



Justifiez votre mesure :

.....



Valeur du \varnothing_{ext} :

.....

Q₁₆ :

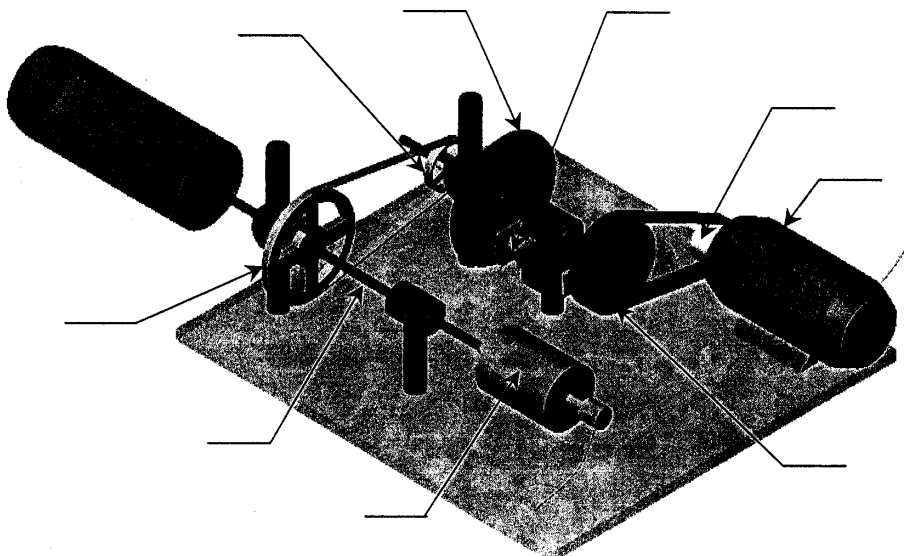


fig.1 : Schéma de la 1^{ère} conception (coîl de 9 t).

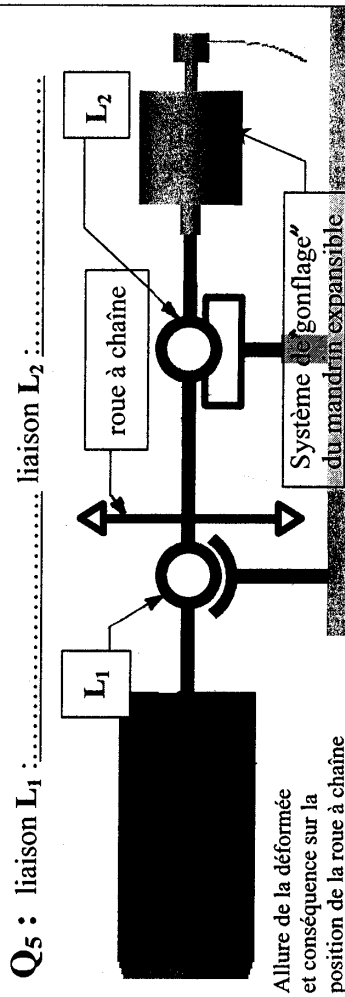
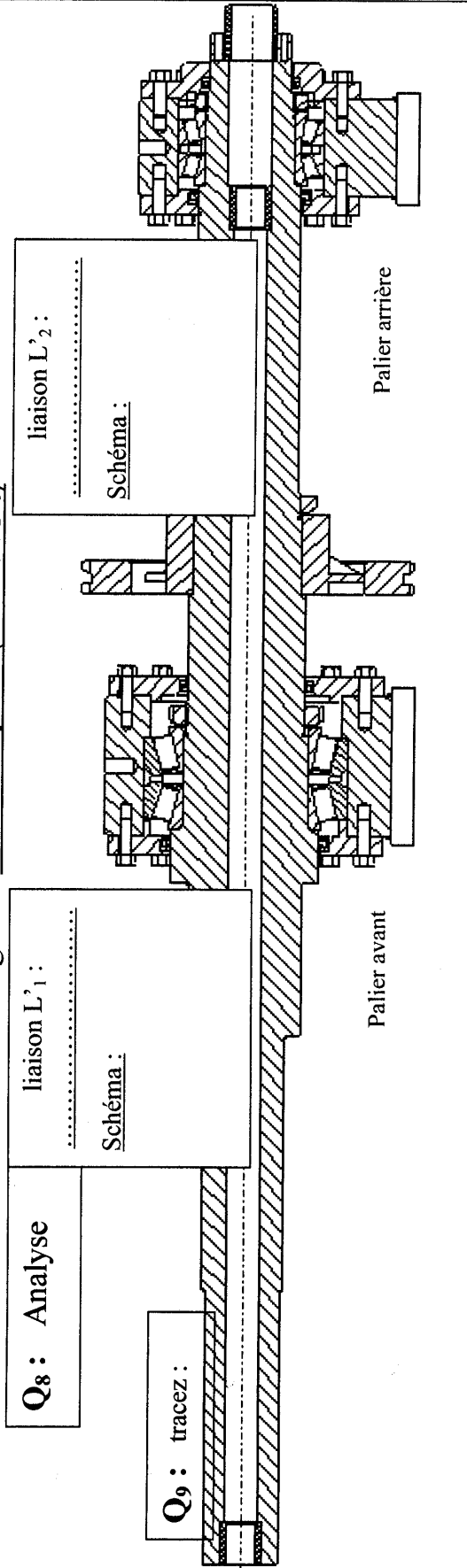
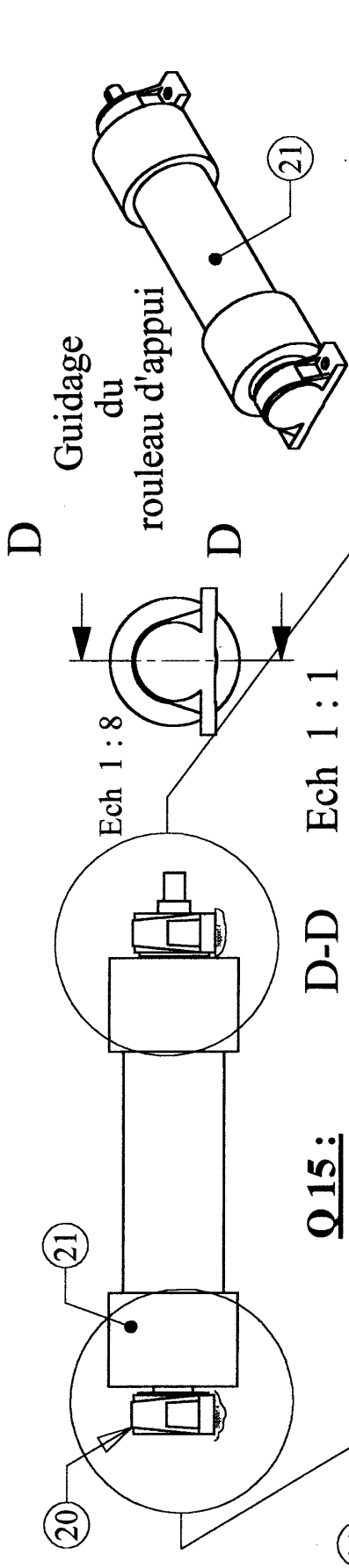


fig 2 : 2^{ème} conception (coîl de 13 t)



Q₁₀ : influence :



Q15:

D-D

Ech 1:1

Durée de vie :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

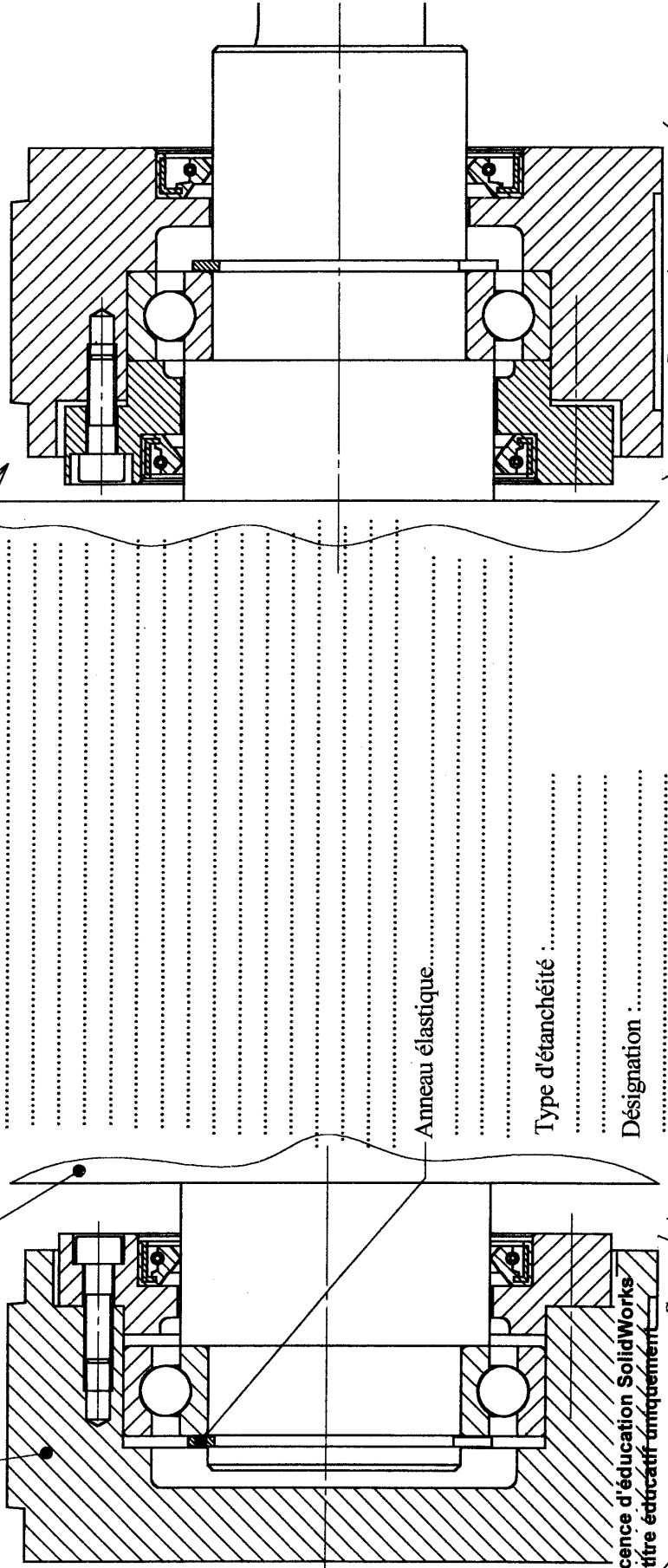
.....

.....

.....

.....

.....



Anneau élastique.....

Type d'étanchéité :

Désignation :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

cence d'éducation SolidWorks
titre éducatif uniquement

Support 4

Support 4 **E4.2 DR 3/5**

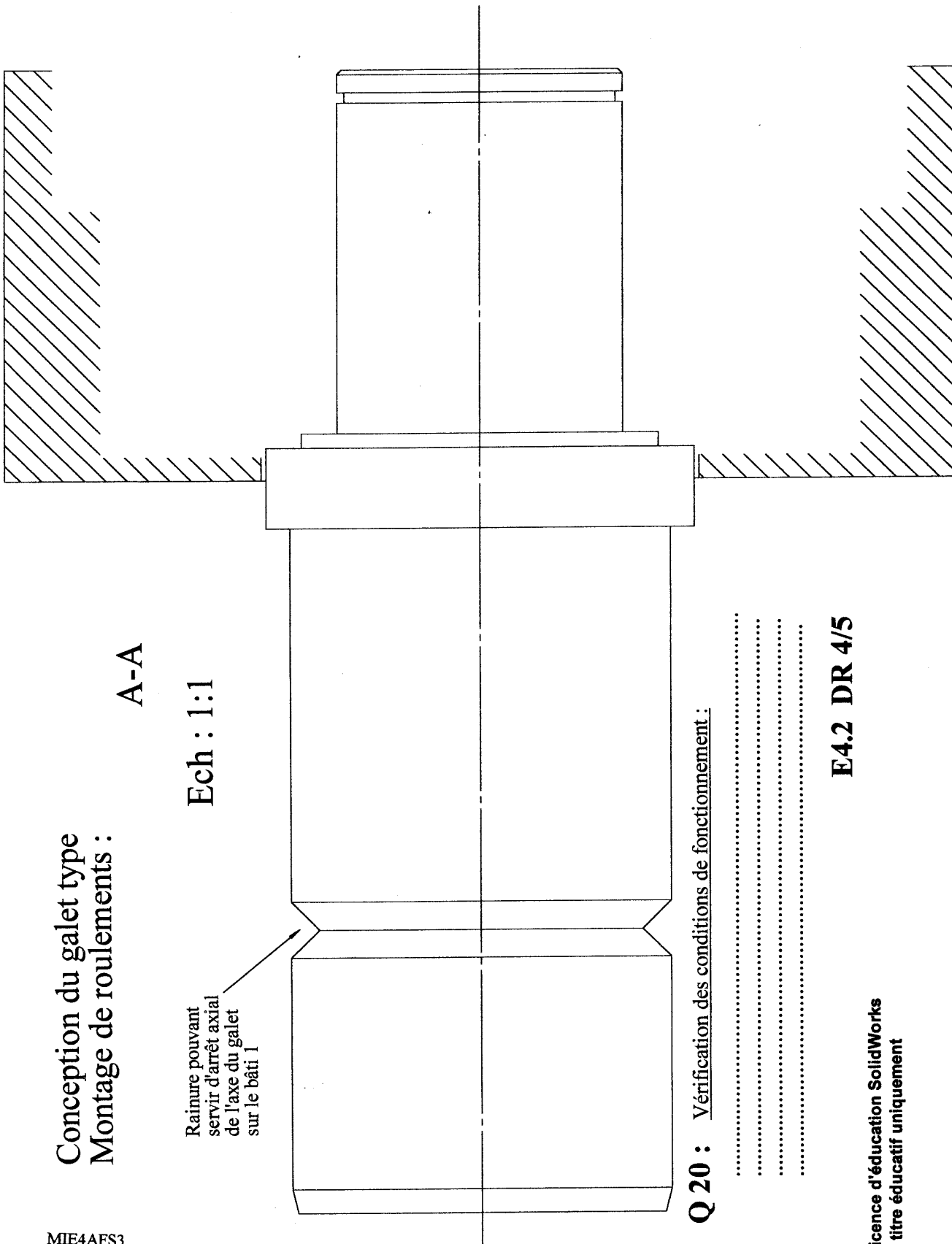
MIE4AFS3

Conception du galet type Montage de roulements :

A-A

Ech : 1:1

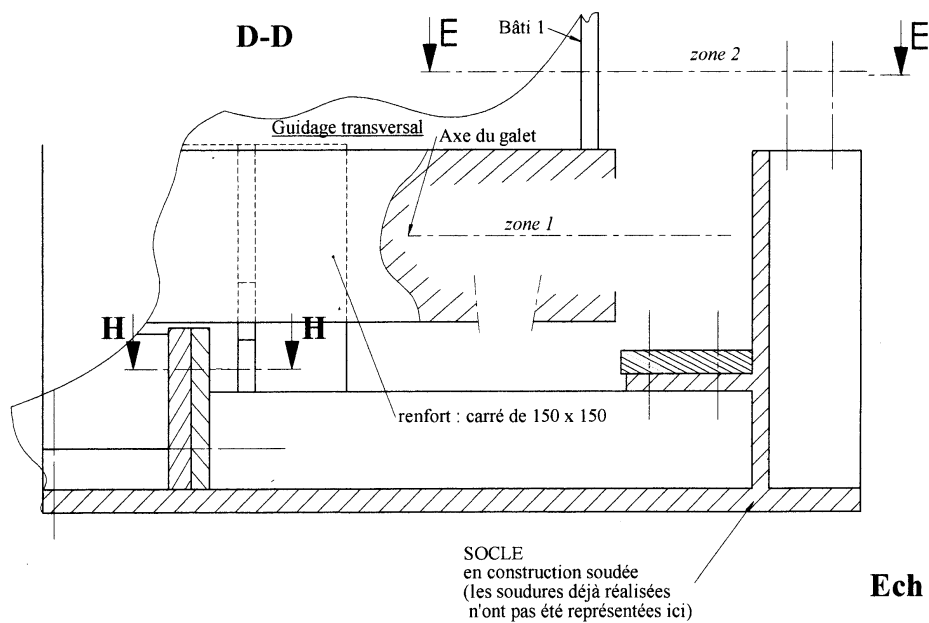
Rainure pouvant
servir d'arrêt axial
de l'axe du galet
sur le bâti 1



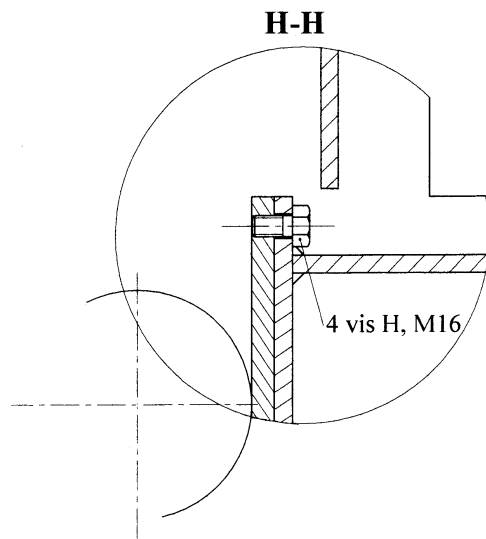
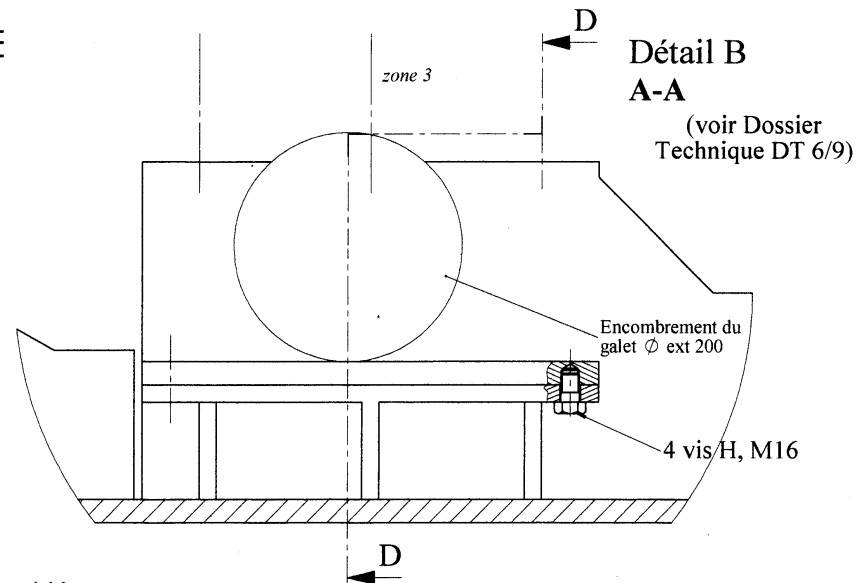
Q 20 : Vérification des conditions de fonctionnement :

.....
.....
.....
.....

E4.2 DR 4/5



Ech : 1/4

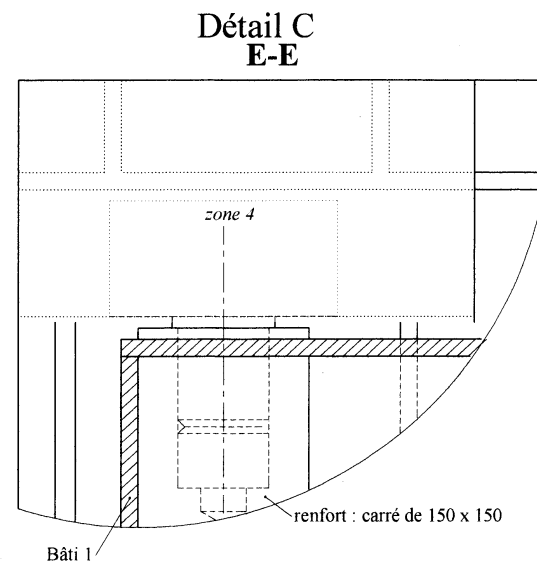


Q 23 :

.....

.....

.....



Brevet de Technicien Supérieur

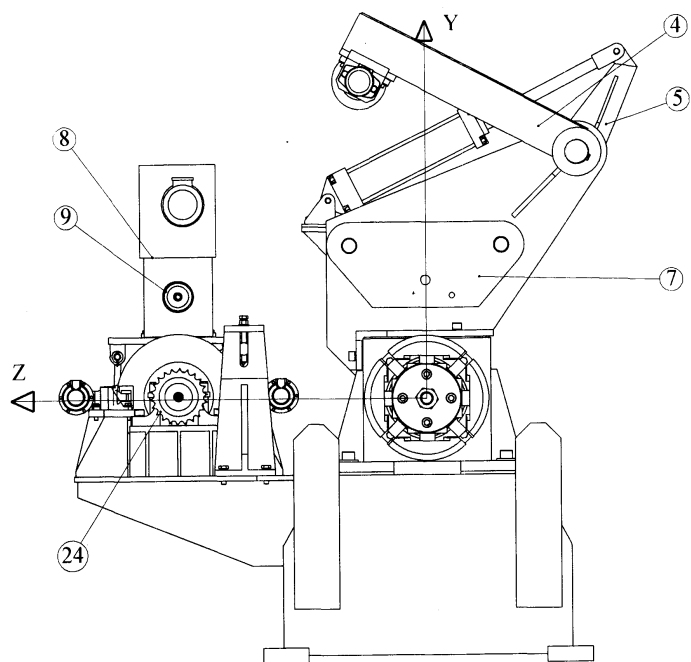
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2003

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

Dossier technique

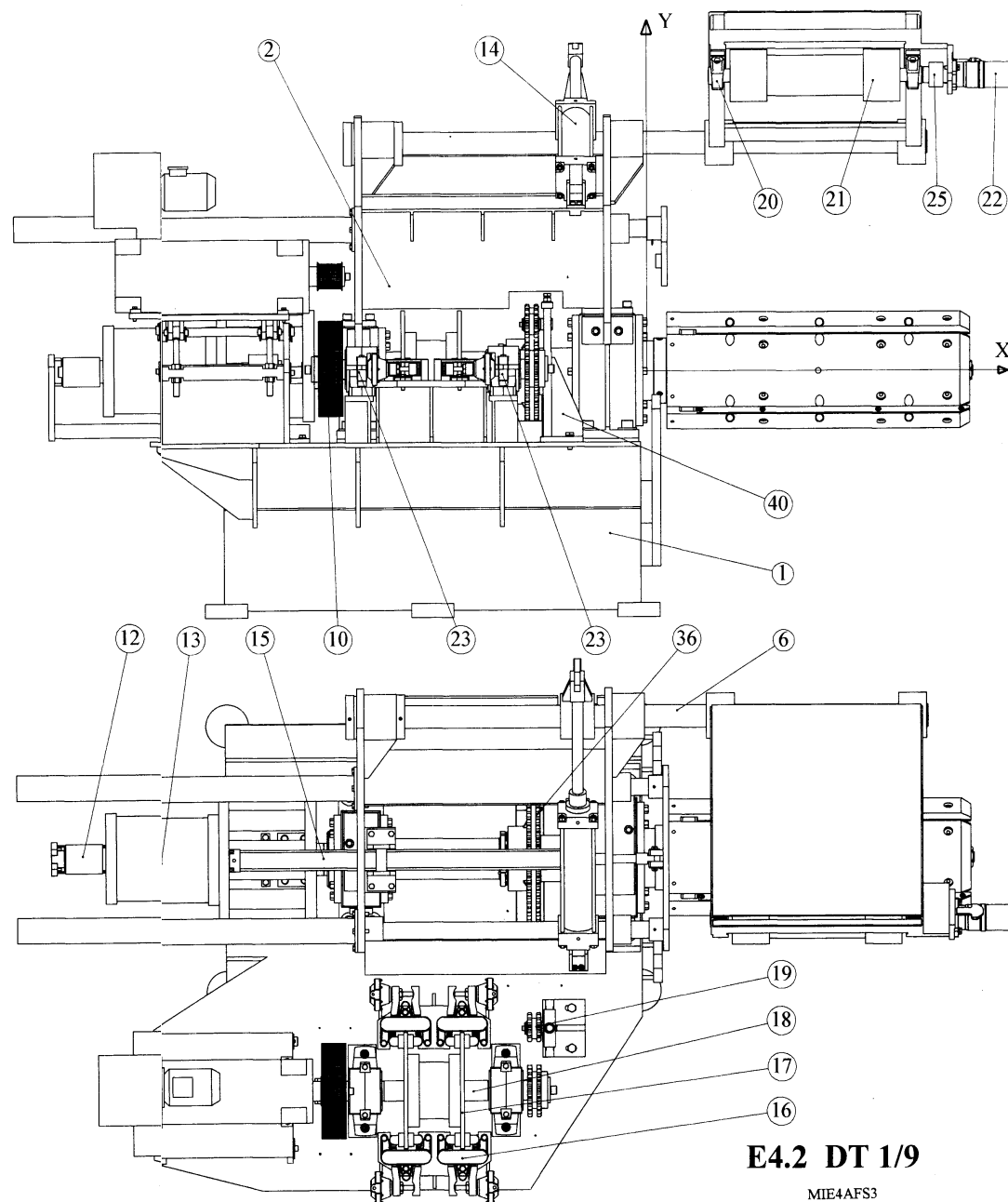
Ce dossier contient les documents DT 1/9 à DT 9/9



Courroie crantée et chaînes non représentées

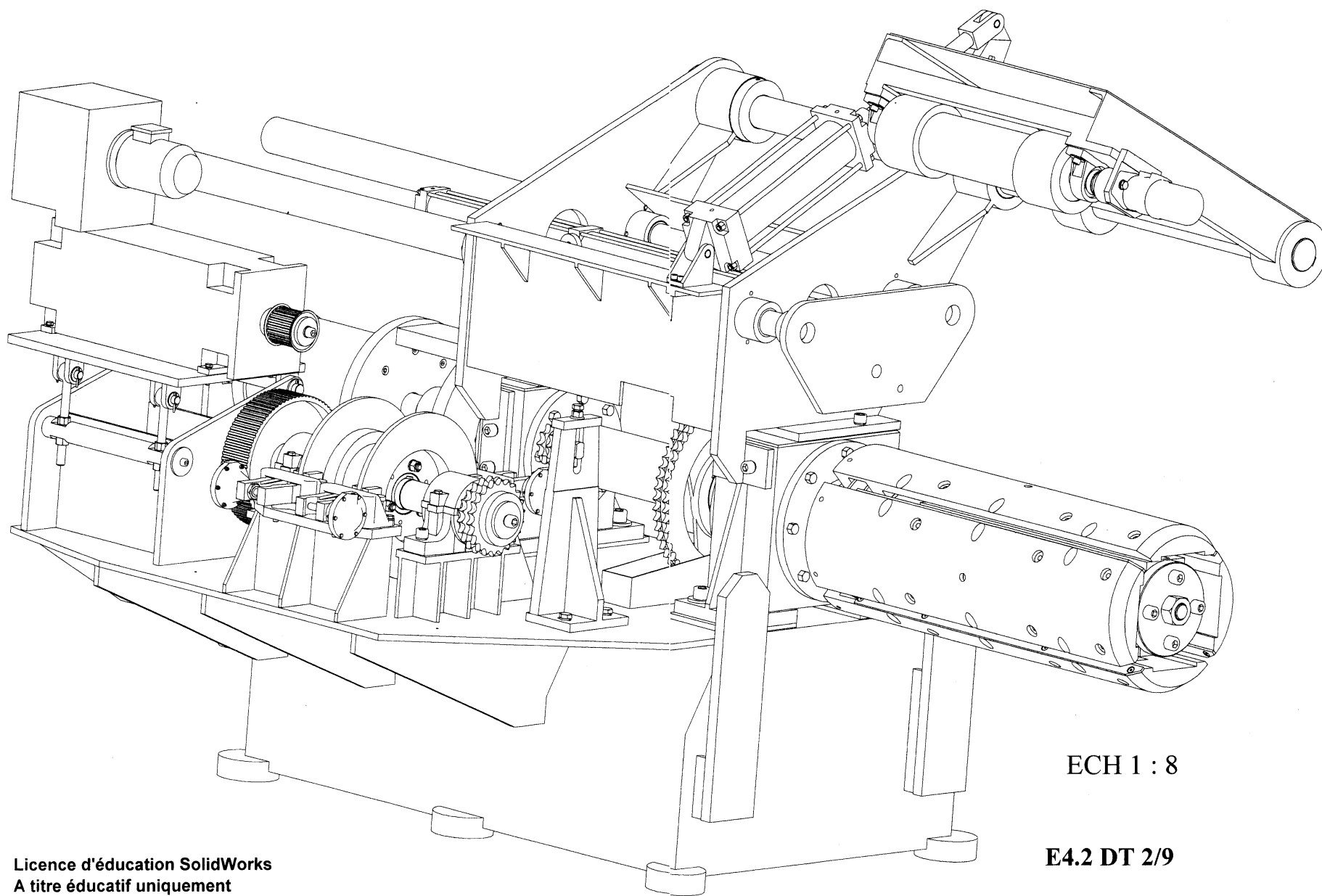
ECH 1 : 15

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement



E4.2 DT 1/9

MIE4AFS3

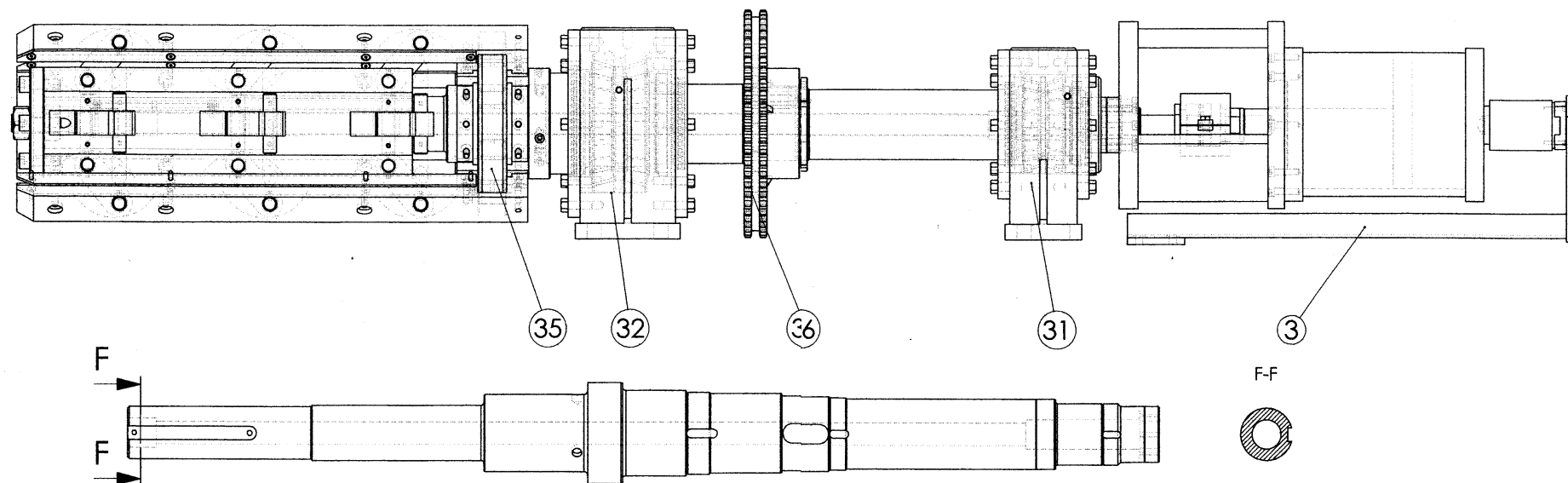


ECH 1 : 8

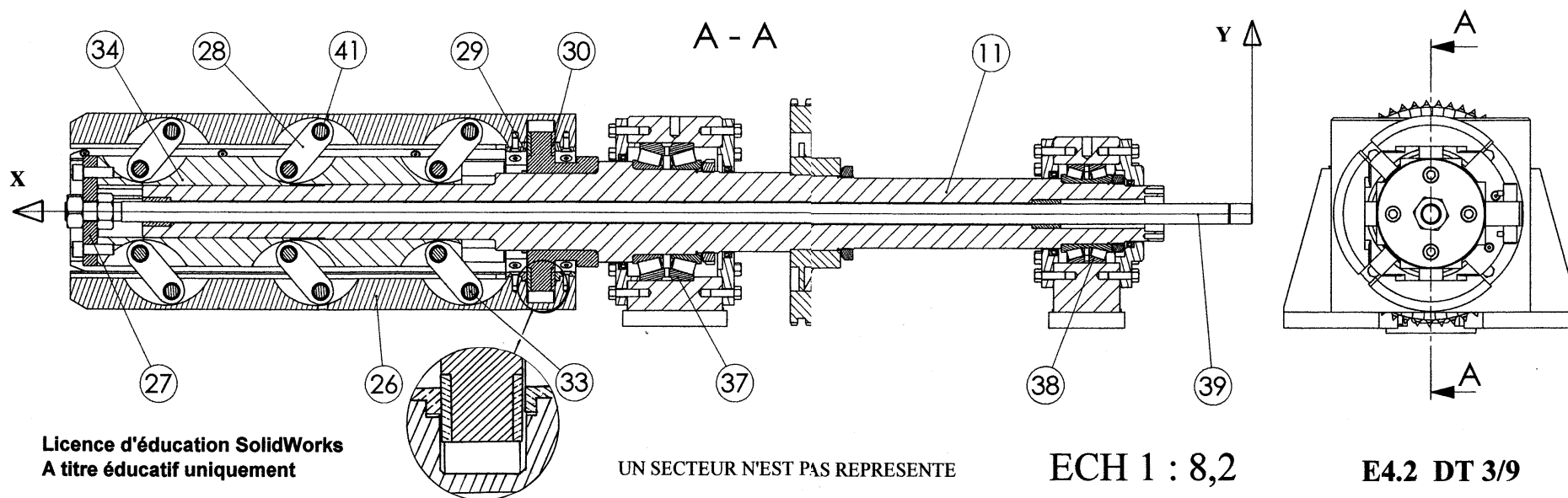
E4.2 DT 2/9

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

MIE4AFS3



arbre 11 seul



Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

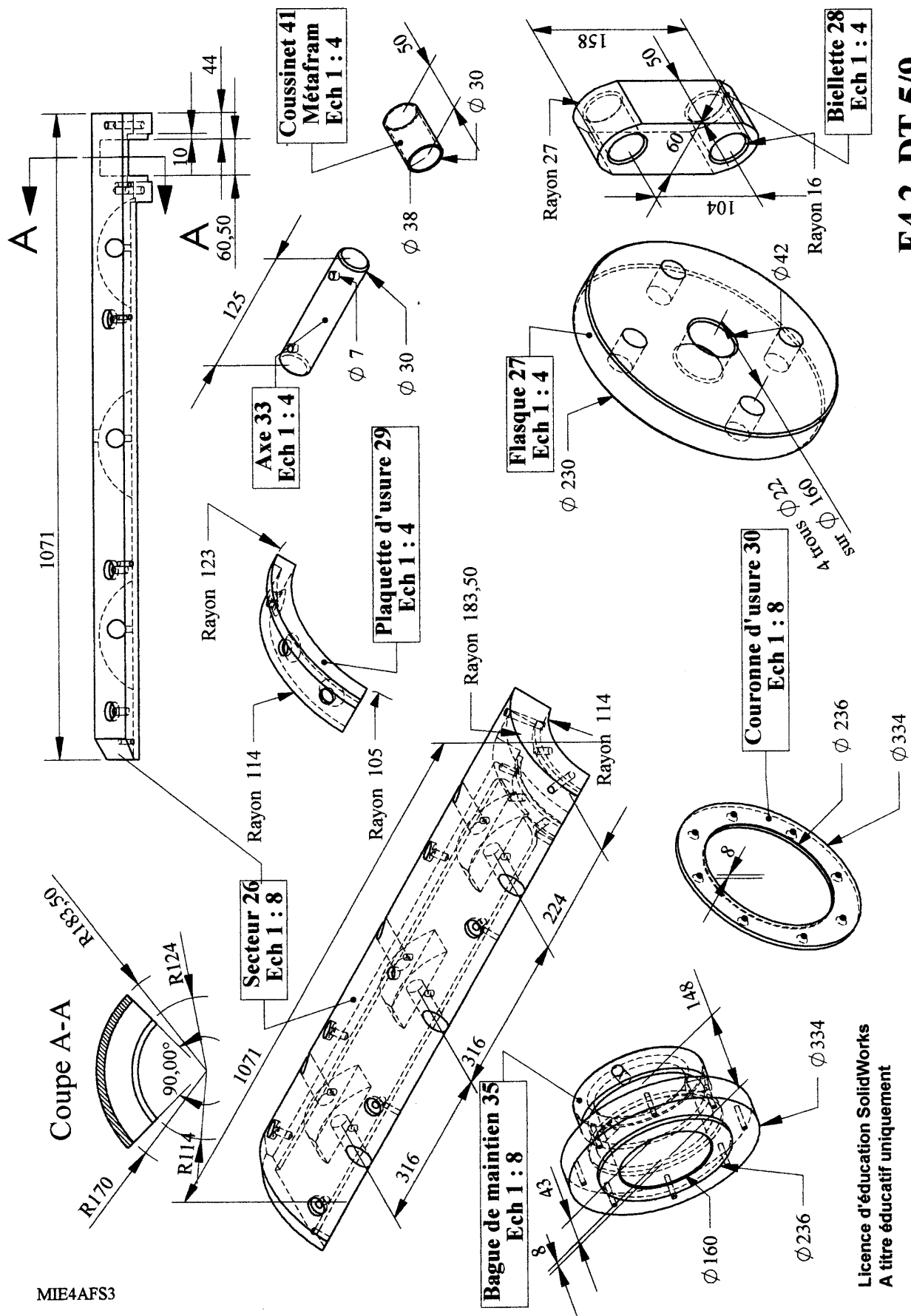
UN SECTEUR N'EST PAS REPRESENTE

ECH 1 : 8,2

E4.2 DT 3/9

MIE4AFS3

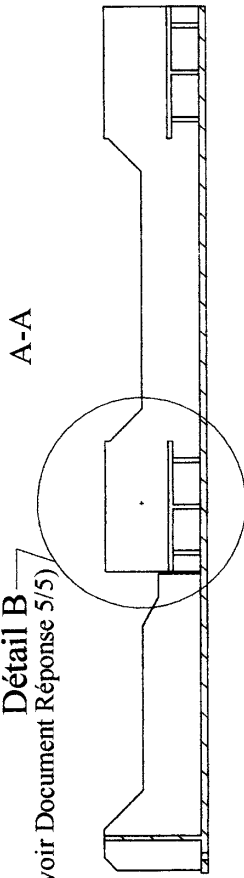
41	1	COUSSINET Métafram \varnothing int : 30, \varnothing ext : 38, largeur : 50
40	1	SUPPORT PIGNON TENDEUR A DOUBLE CHAÎNE
39	1	TIGE DE GONFLAGE
38	1	ROULEMENT Timken TNA 798.792CD
37	1	ROULEMENT Timken TDO 94700/94 114CD
36	1	ROUE A DOUBLE CHAÎNE nombre de dents : 52, pas : 25,4
35	1	BAGUE DE MAINTIEN
34	1	MOYEU MOBILE
33	24	AXE
32	1	PALIER AVANT
31	1	PALIER ARRIERE
30	2	COURONNE D'USURE
29	8	PLAQUETTE D'USURE
28	12	BIELLETTE
27	1	FLASQUE
26	4	SECTEUR
25	1	ACCOUPLEMENT M38
24	1	PIGNON A DOUBLE CHAÎNE nombre de dents : 22, pas : 25,4
23	2	PALIER FAG SNA 513 616 avec roulement 22216 CCK
22	1	MOTEUR HYDRAULIQUE Mannesmann Rexroth MZD 60
21	1	ROULEAU D'APPUI enrobé de caoutchouc \varnothing : 180
20	1	PALIER avec roulement 16009
19	1	PIGNON TENDEUR A DOUBLE CHAÎNE nombre de dents : 12, pas : 25,4
18	1	ARBRE DE TRANSMISSION
17	2	DISQUE Twiflex \varnothing : 405, épaisseur : 12,7
16	4	PINCE PNEUMATIQUE DE FREIN Twiflex MRA
15	1	VERIN de stripage Martonair \varnothing alésage : 60, \varnothing tige : 30, course : 1300
14	1	VERIN d'appui Martonair \varnothing alésage : 102, \varnothing tige : 38, course : 350
13	1	VERIN de gonflage H.P.S. \varnothing alésage : 240, \varnothing tige : 70, course : 150
12	1	JOINT TOURANT Gautier 1683 3/8" K/L
11	1	ARBRE PORTE MANDRIN (35 CD4) recuit à 850°C, revenu à 200°C
10	1	POULIE CRANTEE 84 H 300
9	1	POULIE CRANTEE 22 H 300 F
8	1	MOTEUR A COURANT CONTINU Leroy Sommer LSK 132 S 08
7	1	PLAQUE DE STRIPPAGE
6	1	AXE D'APPUI
5	1	LEVIER
4	1	BRAS D'APPUI TOURNANT
3	1	SUPPORT DE JOINT TOURNANT
2	1	SUPPORT D'APPUI ET DE STRIPPAGE
1	1	BATI DE LA MACHINE
Repère	Nombre	Désignation



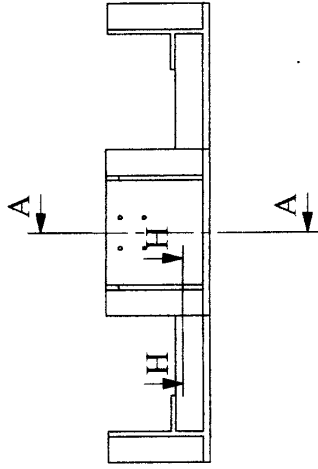
MIE4AFS3

Licence d'éducation SolidWorks
A titre éducatif uniquement

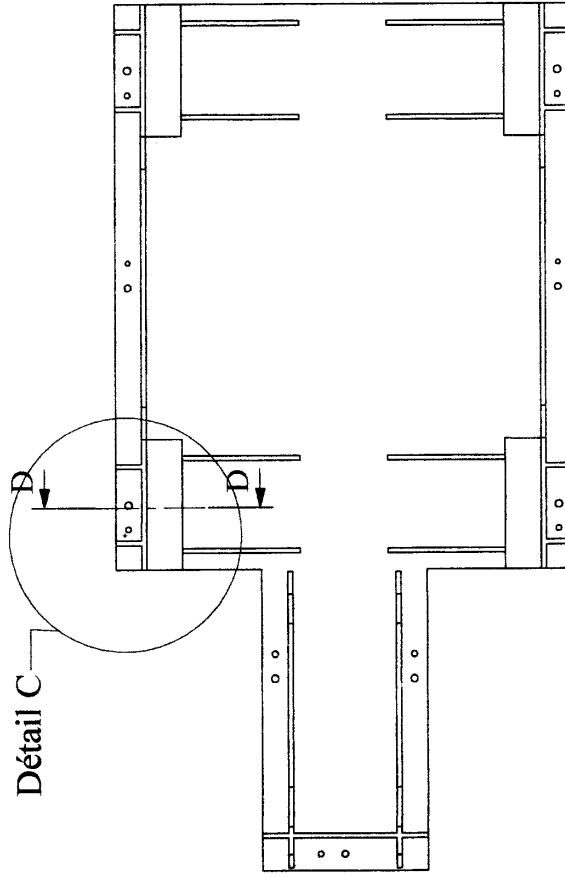
Détail B
(voir Document Réponse 5/5)



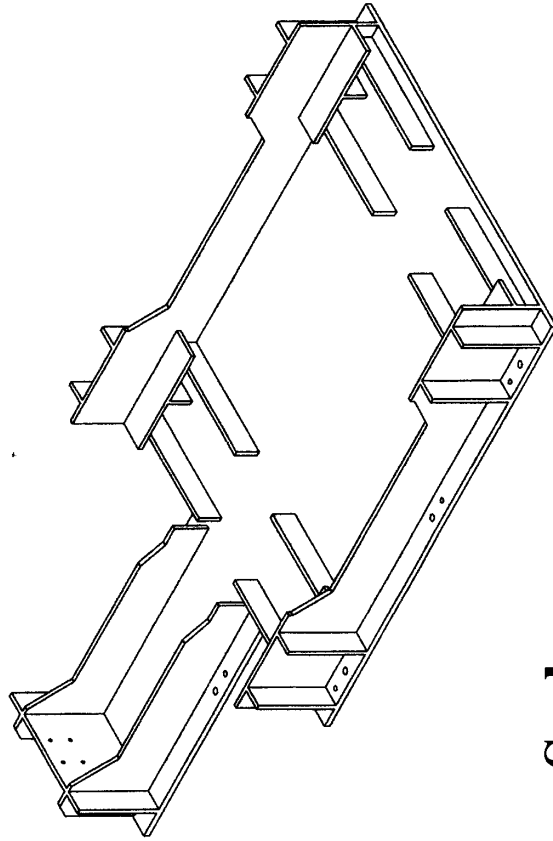
A-A



Détail C



D-D



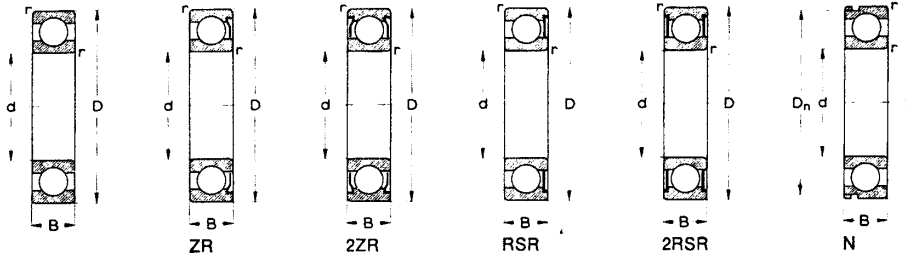
Socle

Ech : 1/20

E4.2 DT 6/9

CARACTERISTIQUES DES ROULEMENTS

Roulements FAG à billes à gorges profondes à une rangée de billes



Arbre	Dimensions							Vitesse-limite		Symbole		Masse ≈ kg
	d	D	B	r	D _n	a	b	r ₀	Graisse Huile	Roulement	Segment d'arrêt	
	mm								min ⁻¹	FAG		
45	45	58	7	0,5					11000	14000	61809	0,043
	45	75	10	1					9000	11000	16009	0,172
	45	75	16	1,5					9000	11000	6009	0,263
	45	75	16	1,5					9000		6009ZR	0,263
	45	75	16	1,5					9000		6009.2ZR	0,263
	45	75	16	1,5					5600		6009RSR	0,263
	45	75	16	1,5					5600		6009.2RSR	0,263
	45	75	16	1,5	71,83	2,49	1,9	0,6	9000	11000	6009N	0,263
	45	85	19	2					8000	9500	6209	0,446
	45	85	19	2					8000		6209ZR	0,446
	45	85	19	2					8000		6209.2ZR	0,446
	45	85	19	2					5300		6209RSR	0,446
	45	85	19	2					5300		6209.2RSR	0,446
	45	85	19	2	81,81	3,28	1,9	0,6	8000	9500	6209N	0,446
	45	85	19	2	81,81	3,28	1,9	0,6	8000		6209ZRN	0,446
	45	100	25	2,5					6700	8000	6309	0,914
	45	100	25	2,5					6700		6309ZR	0,914
	45	100	25	2,5					6700		6309.2ZR	0,914
	45	100	25	2,5					4500		6309RSR	0,914
	45	100	25	2,5					4500		6309.2RSR	0,914
	45	100	25	2,5	96,8	3,28	2,7	0,6	6700	8000	6309N	0,914
	45	100	25	2,5	96,8	3,28	2,7	0,6	6700		6309ZRN	0,914
	45	120	29	3					5600	6700	6409	1,66
	45	120	29	3	115,21	4,06	3,1	0,6	5600	6700	6409N	1,66
60	60	78	10	0,5					8500	10000	61812	0,116
	60	95	11	1					7000	8500	16012	0,288
	60	95	18	2					7000	8500	6012	0,459
	60	95	18	2					7000		6012ZR	0,459
	60	95	18	2					7000		6012.2ZR	0,459
	60	95	18	2					4300		6012RSR	0,459
	60	95	18	2					4300		6012.2RSR	0,459
	60	95	18	2	91,82	2,87	2,7	0,6	7000	8500	6012N	0,459
	60	110	22	2,5					6000	7000	6212	0,852
	60	110	22	2,5					6000		6212ZR	0,852
	60	110	22	2,5					6000		6212.2ZR	0,852
	60	110	22	2,5					4000		6212RSR	0,852
	60	110	22	2,5					4000		6212.2RSR	0,852
	60	110	22	2,5	106,81	3,28	2,7	0,6	6000	7000	6212N	0,852
	60	110	22	2,5	106,81	3,28	2,7	0,6	6000		6212ZRN	0,852
	60	130	31	3,5					5000	6000	6312	1,88
	60	130	31	3,5					5000		6312ZR	1,88
	60	130	31	3,5					5000		6312.2ZR	1,88
	60	130	31	3,5					3400		6312RSR	1,88
	60	130	31	3,5					3400		6312.2RSR	1,88
	60	130	31	3,5	125,22	4,06	3,1	0,6	5000	6000	6312N	1,88
	60	130	31	3,5	125,22	4,06	3,1	0,6	5000		6312ZRN	1,88
	60	150	35	3,5					4300	5000	6412	3,04
	60	150	35	3,5	145,24	4,9	3,1	0,6	4300	5000	6412N	3,04

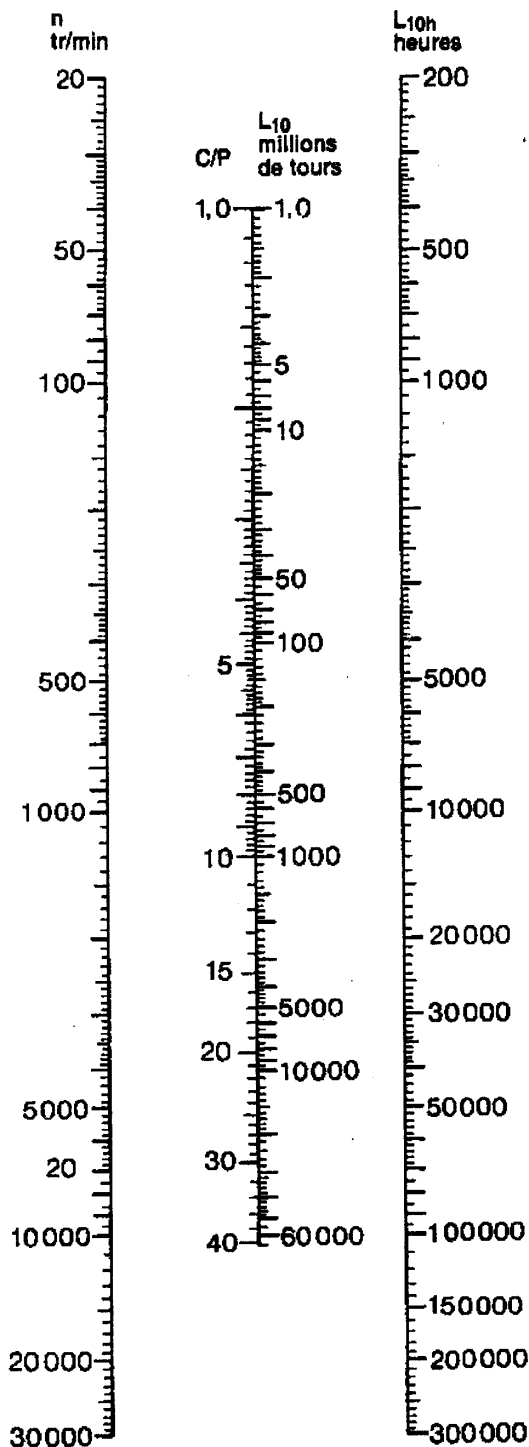
Arbre	Symbole	Taux de charge	
		dyn. C	stat. C ₀
mm	FAG	kN	
45	61809	6,4	5,1
	16009	11,6	9,6
	16009.C3	11,6	9,6
	6009	20	12,5
	6009.C3	20	12,5
	6009.G	20	12,5
	6009TB.P63	20	12,5
	6009ZR	20	12,5
	6009.2ZR	20	12,5
	6009RSR	20	12,5
	6009.2RSR	20	12,5
	6009N	20	12,5
	6209	32,5	17,6
	6209.C3	32,5	17,6
	6209.G	32,5	17,6
	6209TB.P63	32,5	17,6
	6209ZS2.790191	32,5	17,6
	6209ZR	32,5	17,6
	6209ZR.C3	32,5	17,6
	6209ZR.G	32,5	17,6
	6209.2ZR	32,5	17,6
	6209RSR	32,5	17,6
	6209.2RSR	32,5	17,6
	6209N	32,5	17,6
	6209ZRN	32,5	17,6
	6309	53	27,5
	6309.C3	53	27,5
	6309.G	53	27,5
	6309.C3G	53	27,5
	6309TB.P63	53	27,5
	6309M.P6	53	27,5
	6309ZS2.790191	53	27,5
	6309ZR	53	27,5
	6309ZR.C3	53	27,5
	6309ZR.G	53	27,5
	6309ZR.C3G	53	27,5
	6309.2ZR	53	27,5
	6309.2ZR.G	53	27,5
	6309RSR	53	27,5
	6309RSR.G	53	27,5
	6309.2RSR	53	27,5
	6309N	53	27,5
	6309ZRN	53	27,5
	6409	76,5	39
	6409N	76,5	39
60	61812	9,3	8,15
	16012	20	15,3
	16012.C3	20	15,3
	6012	29	20
	6012.C3	29	20
	6012TB.P63	29	20
	6012ZR	29	20
	6012.2ZR	29	20
	6012RSR	29	20
	6012.2RSR	29	20
	6012N	29	20
	6212	52	31
	6212.C3	52	31
	6212.G	52	31
	6212TB.P63	52	31
	6212ZS2.790191	52	31
	6212ZR	52	31
	6212.2ZR	52	31
	6212RSR	52	31
	6212.2RSR	52	31
	6212N	52	31
	6212ZRN	52	31
	6312	81,5	45
	6312.C3	81,5	45
	6312.G	81,5	45
	6312.C3G	81,5	45
	6312M.P6	81,5	45
	6312Z	81,5	45
	6312.2Z	81,5	45
	6312RS	81,5	45
	6312.2RS	81,5	45
	6312N	81,5	45
	6312ZRN	81,5	45
	6312N.C3	81,5	45
	6312ZN	81,5	45
	6412	110	60
	6412N	110	60

E4.2 DT 7/9

ELEMENTS DE DETERMINATION DE LA DUREE DE VIE DES ROULEMENTS

Abaque de calcul de la durée
à charge dynamique

Roulements à billes



Dimensions d'un roulement à charge statique

Pour déterminer les dimensions d'un roulement à charge statique on calcule le coefficient statique f_s .

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

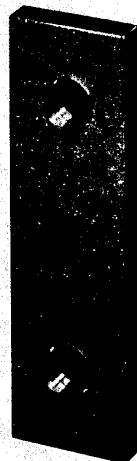
Ce coefficient f_s permet de tenir compte de la déformation plastique excessive aux points de contact éléments roulants/piste. Si l'on désire un roulement tournant très facilement tout en étant silencieux il faut choisir un coefficient f_s élevé. Des valeurs plus faibles sont suffisantes lorsque les exigences sont moins grandes. Les valeurs habituelles sont:

$f_s = 1,2 \dots 2,5$ pour exigences sévères
 $f_s = 0,8 \dots 1,2$ pour exigences normales
 $f_s = 0,5 \dots 0,8$ pour exigences modestes

C_o taux de charge statique [kN].

Sur les tableaux ce taux est indiqué pour chaque roulement. Il constitue la charge qui, à un des points de contact de l'élément roulant d'un roulement, produit une déformation permanente totale de 0,01 % du diamètre de l'élément roulant.

PLAQUES AUTOLUBRIFIANTES EN BRONZE METAGLISS



Le METAGLISS est un matériau bi-couche composé d'un support métallique en BRONZE fritté avec une enduction d'un film solide de bisulfure de Molybdène.

Le Bronze fritté allié au bisulfure de Molybdène offre un des meilleurs matériaux antifriction connus :

- Très bon coefficient de frottement.
- Suppression des risques de grippage.
- Possibilité de fonctionnement à des températures limites - 180 °C à 300 °C.

FABRICATION STANDARD

DIMENSIONS : Format de 375 x 375 mm.
Epaisseurs : 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 mm
Nous pouvons découper, usiner, percer, suivant vos dimensions ou plans.

3 NUANCES METAGLISS	METAGLISS 90	METAGLISS 60	METAGLISS 10
COEFFICIENT DE FROTTEMENT			
• STATIQUE	0,18 - 0,22	0,18 - 0,22	0,18 - 0,22
• DYNAMIQUE (régime onctueux)	0,10 - 0,15	0,10 - 0,15	0,15 - 0,20
• DYNAMIQUE (régime hydrodynamique)	0,04 - 0,08	0,04 - 0,08	
TEMPÉRATURES ADMISSIBLES	- 10 à + 110 °C	- 10 à + 120 °C	- 180 à + 300 °C
CHARGE STATIQUE MAX. PAR cm ²	300 bar	300 bar	400 bar

Face principale de travail F1 comportant un film adsorbé de Bisulfure de Molybdène



Face de montage F3

REDUCTION DES COÛTS

Le METAGLISS par son faible volume et les facilités de montage par vis ou collage permet de réduire les coûts de réalisation de vos mécanismes.

Par la suppression du graissage traditionnel, diminution des frais d'entretien.

Exemples d'applications :

Machine à souder : glissières
Etuves : patins
Machines-outils : glissières de cisaille
Manutention : patins pour grue télescopique
chariot élévateur
Constructions métalliques : semelle de dilatation
Sur simple demande, nous vous ferons parvenir notre DOCUMENTATION METAGLISS.

JOINTS À LÈVRE À FROTTEMENT RADIAL DIN 3760

Joint à une seule lèvre;
Ils assurent une étanchéité dans un seul sens par contact sur l'arbre.

Joint à deux lèvres.
Ils assurent une étanchéité dans un seul sens, avec en plus une protection dite « antipoussière » dans l'autre sens.

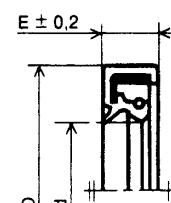
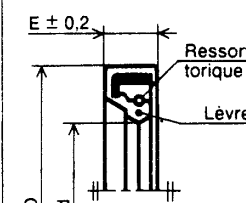
DISPOSITION :

Lubrification à la graisse :
La lèvre est orientée vers l'extérieur du palier pour permettre le passage de la graisse usagée lors des renouvellements par pompe.

Lubrification à l'huile.
Pour assurer la retenue de l'huile, la lèvre est orientée vers l'intérieur du palier.

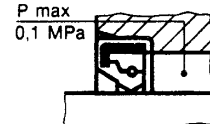
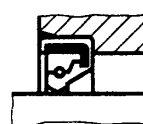
Type A (DIN)
Type IE (Paulstra)

Type AS (DIN)
Type IEL (Paulstra)

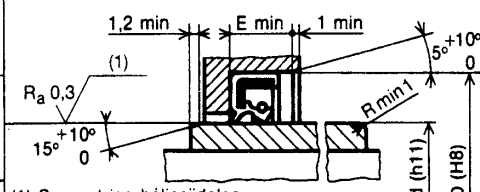


Étanchéité à la graisse

Étanchéité à l'huile



Conditions de montage



(1) Sans stries hélicoïdales

d	D	E	d	D	E	d	D	E	d	D	E
6	16	7	12	28	7	18	32	7	25	35	7
	22		30			35			40		
8	22	7	15	26	7	20	30	7	28	42	7
	24		30			32			47		
	22		32			35			52		
9	24	7	17	28	7	22	32	7	30	42	7
	26		30			35			47		
	22		32			40			52		
10	24	7	17	32	7	22	35	7	30	42	7
	26		30			32			47		
	22		32			40			52		
12	22	7	18	30	7	22	40	7	30	47	7
	24		30			47			52		
d	D	E	d	D	E	d	D	E	d	D	E
30	62	7	40	55	7	50	65	8	60	75	8
	45		62			68			80		
32	47	7	40	72	7	50	72	8	60	85	8
	52		55			80			90		
	47		42	62	8	52	68	8	62	85	10
	50		72			72			90		
	52		60			70			85		
35	52	7	45	62	8	55	72	8	65	90	10
	62		65			80			100		
	52		72			85			90		
38	52	7	48	62	8	58	72	8	70	100	10
	62		72			80			75		
40	52	7	48	72	8	58	80	8	75	95	10

Coaxialité	Type A	∅ 0,15
entre d et D	Type As	∅ 0,05
Vitesse circonférentielle max	v max 8 m/s	
Dureté de la surface frottante de l'arbre	v < 4 m/s-HRC ≥ 45	
	v > 4 m/s-HRC ≥ 55	
Matière	Températures d'utilisation	
NBR	Butadiène acrylonitrile	- 40 °C à + 100 °C
FPM	Fluocarbone	- 30 °C à + 170 °C
EXEMPLE DE DÉSIGNATION :		
Joint à lèvre, type A, d × D × E,		
DIN 3760		