

SESSION DE 2008

CA/PLP
CONCOURS EXTERNE ET CAFEP

Section : GENIE MECANIQUE

Option : CONSTRUCTION

ETUDE D'UN SYSTEME ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE

Durée : 8 heures

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout document et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

THÈME :

TÊTE DE FONÇAGE

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier technique
- un dossier travail
- un dossier réponse

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

TÊTE DE FONÇAGE

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 15 pages.

- DT1/15 Mise en situation
- DT2/15 Cahier de charges
- DT3/15 Analyse fonctionnelle interne
- DT4/15 Principe de fonctionnement
- DT5a/15 et DT5b/15 Plans d'ensemble
- DT6/15 Nomenclature
- DT7/15 Schéma cinématique
- DT8/15 Notation et paramétrage
- DT9/15 Résultats de simulation numérique sans génération de chocs
- DT10/15 Résultats de simulation numérique avec génération de chocs
- DT11/15 Schéma hydraulique simplifié de commande des moteurs
- DT12/15 Dessin de définition du corps vibreur
- DT13/15 Éléments pour le calcul d'une vis
- DT14/15 Solution constructive de la liaison entre l'enclume 82 et le porte-outils 85 et étude de résistance par éléments finis de l'enclume 82.
- DT15/15 Aciers pour trempe dans la masse

1 - MISE EN SITUATION.

La tête de fonçage qui fait l'objet de cette étude est un sous ensemble d'une « sondeuse » conçue et réalisée par le Centre d'Étude et de Conception de Prototypes (CECP) d'ANGERS, organisme du Ministère de l'équipement.

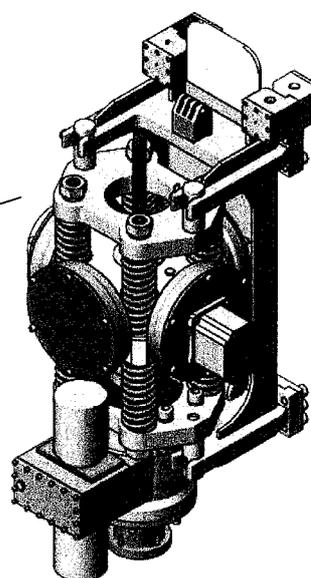
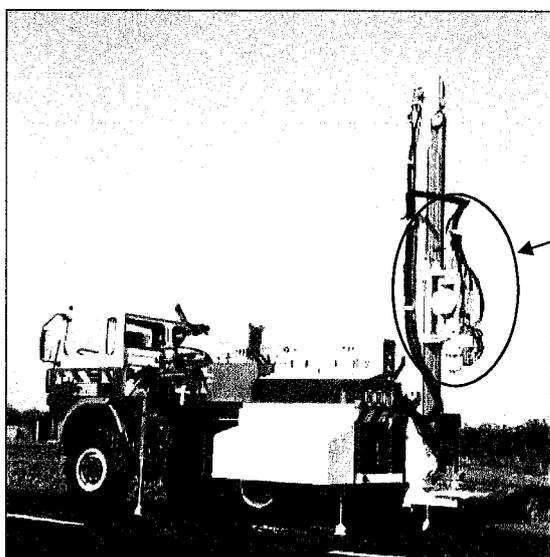
Sa production est unitaire et dépend des besoins des organismes du ministère de l'équipement utilisateurs de ces systèmes « prototypes ».

La tête de fonçage se monte sur un porteur à pneus ou à chenilles spécialement équipé.

1.1 - But

Le besoin de qualifier le sol conduit le mécanicien à réaliser, sur un même sol, des essais variés qui nécessitent la mise en œuvre de matériels spécialisés multiples.

Sous ensemble « tête de fonçage »



1.2 - Utilisations possibles

La tête de fonçage ou pénétromètre vibro-statique répond à ce souci de polyvalence et se prête tout particulièrement à la reconnaissance à coûts modérés des sols jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 50m.

Sa conception de base la prédestine au fonçage, en régime dynamique (vibro-percussion) avec contrôle par l'intermédiaire de deux capteurs (poussée et rétreinte), mais elle peut aussi être utilisée en forage en rotation avec injection d'eau.

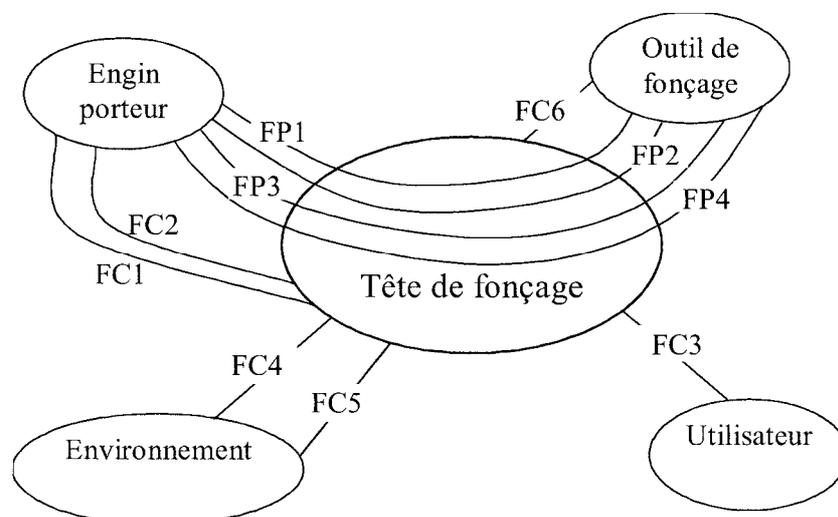
Les solutions originales adoptées pour la réalisation de la tête de forage vibro-percutante permettent d'utiliser ce matériel pour les applications ci-après :

- forage pressiométrique conventionnel,
- entraînement d'outils auto-foreurs qu'ils soient mus depuis la surface, ou que le moyen de forage soit intégré à l'outil,
- échantillonnage à l'aide de carottier opérant en poussée ou en rotation,
- implantation de tubage en poussée ou en vibro-percussion,
- implantation de sonde piézométrique,
- forage avec récupération continue de matériaux.

Dans toutes les configurations, le vibro-percuteur peut être utilisé en frappe ascensionnelle, ce qui garantit une efficacité maximale à l'arrachage des tubes.

2 - Cahier des charges

2.1 - Diagramme des interacteurs en phase de fonctionnement normal



2.2 - Fonctions de service

FP1	Transmettre l'effort de poussée à l'outil de fonçage
FP2	Animer en rotation l'outil de fonçage
FP3	Générer des chocs sur l'outil de fonçage
FP4	Transmettre le débit d'eau
FC1	Se guider par rapport à l'engin et recevoir l'effort de poussée
FC2	Utiliser la puissance hydraulique
FC3	Être maintenue facilement en état
FC4	Respecter l'environnement
FC5	Résister aux agressions extérieures
FC6	S'adapter aux outils de fonçage

2.3 - Caractérisation des fonctions

Fonction	Critère	Niveau
FP1 : Transmettre l'effort de poussée à l'outil de fonçage	Effort maximal	± 30 000 N
FP2 : Animer en rotation l'outil de fonçage	Couple maximal Vitesse maximale Vitesse minimale	2 500 Nm 200 tr/min 0 tr/min
FP3 : Générer des chocs sur l'outil de fonçage	Fréquence Énergie moyenne par coup	14 à 25 Hz 200 J
FP4 : Transmettre le débit d'eau	Débit	60 L/min
FC1 : Monter ou descendre la tête de fonçage	Vitesse maximale de fonçage Vitesse maximale d'extraction Vitesse minimale de fonçage	330 mm/s 190 mm/s 0 mm/s
FC2 : Utiliser la puissance du moteur thermique	Puissance maxi	65 CV
FC3 : Être maintenue facilement en état	Temps maxi d'intervention pour démontage et remontage complet	2 jours
FC4 : Respecter l'environnement	Fuites Bruit	0 Selon normes
FC5 : Résister aux agressions extérieures	Oxydation	0 ou superficielle
FC6 : S'adapter aux outils de fonçage	Liaison complète démontable	

3 - Analyse fonctionnelle interne (voir DT5a, DT5b, DT6)

3.1 - FAST simplifiés

FP 1 : Transmettre l'effort de poussée à l'outil de fonçage

FT 1.1: Transmettre l'effort à l'arbre d'entraînement *Chaise 16..., boîtier 24, roulements à rouleaux coniques 94*

FT 1.3 : Transmettre l'effort entre l'arbre de sortie et le support d'outil *Manchons 97a et 97b*

FP 2 : Animer en rotation l'outil de fonçage

FT 2.1: Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique *Moteurs hydrauliques 36*

FT 2.2 : Guider en rotation les arbres *Roulements 89 et 94*

FT 2.3 : Transmettre l'énergie mécanique **FT 2.3.1** : Adapter le couple et la vitesse *Engrenage 88-93,*

FT 2.3.3 : Transmettre les efforts au porte-outil *Cannelures 93-82
Vis 86*

FP 3 : Générer des chocs sur l'outil de fonçage

FT 3.1: Générer une énergie cinétique de rotation **FT 3.1.1** : Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique *Moteur hydraulique 73*

FT 3.1.2 : Guider en rotation et transmettre le mouvement *Roulements 52, clavette 60, engrenages 51.*

FT 3.1.3 : Réguler la vitesse de rotation ?

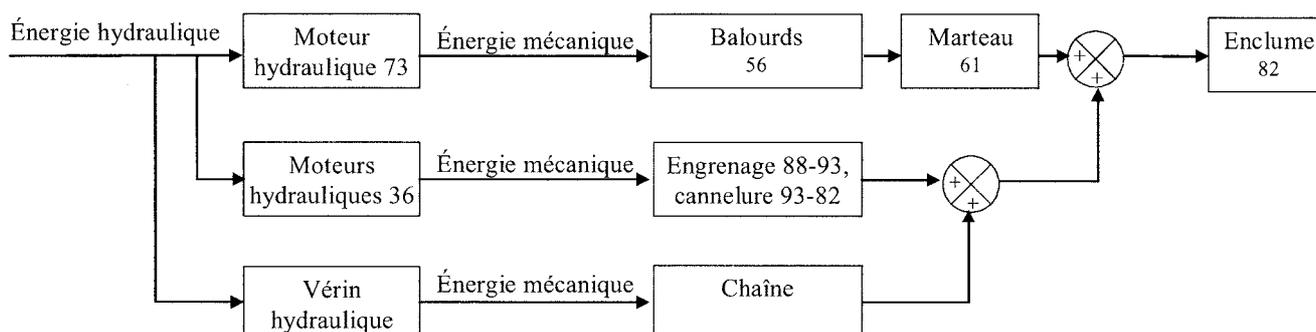
FT 3.2 : transformer l'énergie cinétique de rotation en énergie cinétique de translation **FT 3.2.1** : Générer une résultante dynamique alternative *Masses excentrées 56 (balourds)*

FT 3.2.2 : Maintenir une masse en suspension *Ressorts hélicoïdaux 28*

FT 3.3 : Transférer l'énergie à l'outil de fonçage **FT 3.3.1** : Permettre le mouvement vertical de l'outil *Liaison 82-93*

FT 3.3.2 : Frapper sur l'outil *Marteau 61 – enclume 82*

3.2 - Description du transfert d'énergie



4 - Principe de fonctionnement de la tête de fonçage

Voir dessin d'ensemble DT 5a et DT 5b, nomenclature DT6 et schémas DT 7

▪ Système générateur de chocs

Il se présente sous la forme d'un ensemble massif **62** mécanosoudé.

Il porte :

- à sa périphérie : quatre balourds **56** couplés par des pignons coniques **51**,
- sur le côté : un moteur hydraulique **73** d'entraînement en rotation des quatre balourds.

Cet ensemble est suspendu sur quatre ressorts solidaires vers le haut et vers le bas d'un cadre formé des plaques **21** et **23** reliées par quatre colonnes **27**. Sur la plaque inférieure **23** est fixé un carter **24** portant une enclume **82** sur laquelle vient se fixer l'élément à foncer par l'intermédiaire du porte-outil **85**.

Le moteur hydraulique engendre la rotation des quatre balourds calés de telle sorte que la vibration résultante soit unidirectionnelle et dirigée suivant l'axe de fonçage.

▪ Système de rotation

Il est composé par :

- le boîtier **24** de l'enclume,
- deux moteurs hydrauliques **36** placés de part et d'autre du boîtier **24**.

▪ Système d'injection d'eau

Il est constitué par un touret d'injection (non représenté) raccordé au tube **84** et situé dans la partie supérieure de la tête de fonçage.

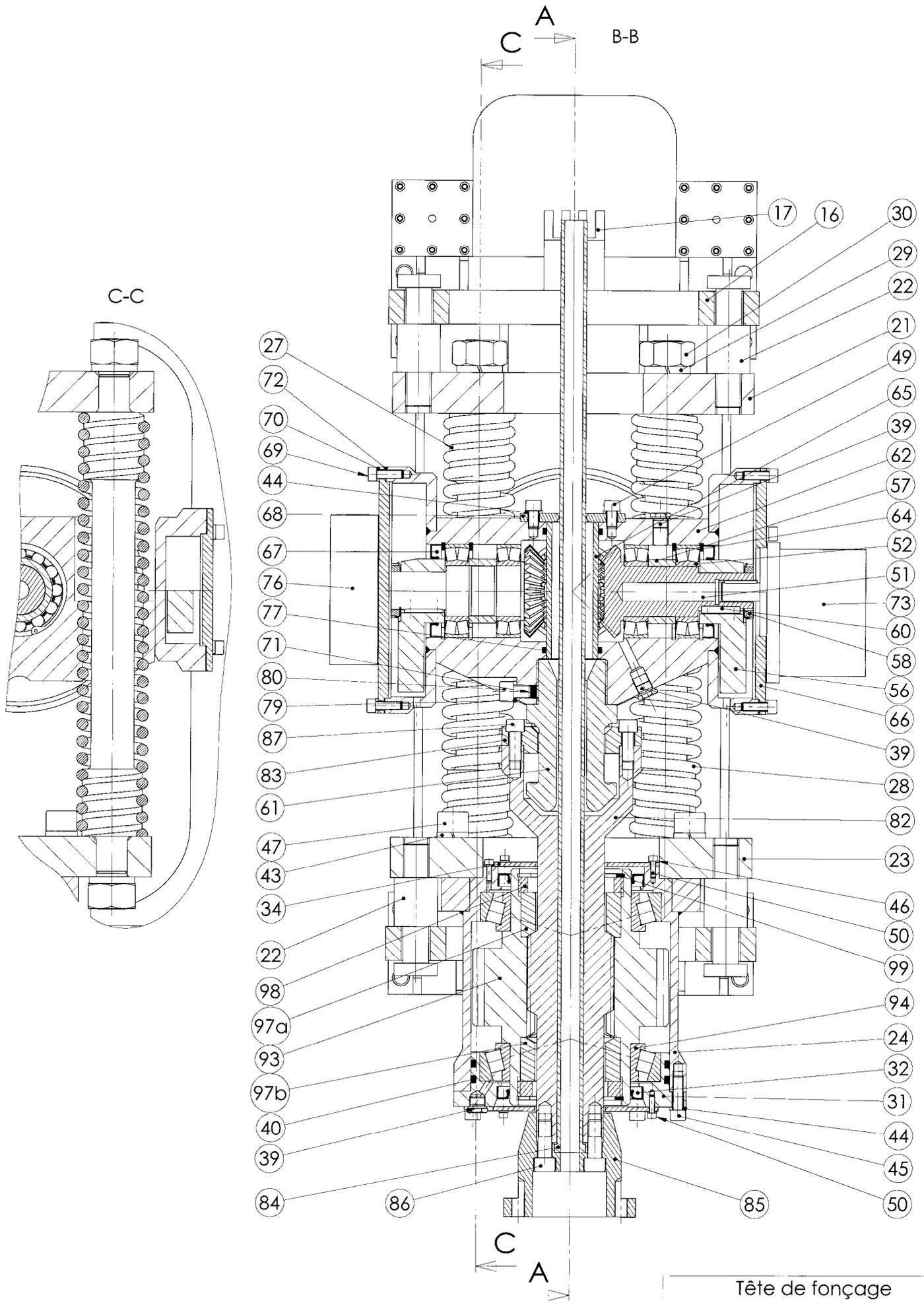
▪ Système porte-outil

Les outils de fonçage ou de forage sont raccordés soit directement à l'entraîneur **85** lors d'un fonçage sans rotation (cas des essais au pénétromètre) soit par l'intermédiaire d'un cardan dans le cas d'un forage avec rotation (utilisation d'une tarière).

▪ Système d'application des efforts (non représenté sur le dessin d'ensemble)

Il est constitué d'un mat de forage articulé sur le châssis du véhicule porteur. C'est un tube rectangulaire rigide avec un vérin à l'intérieur portant un système de chaînes permettant de :

- monter ou descendre la tête de fonçage,
- appliquer l'effort de poussée à la tête de fonçage.

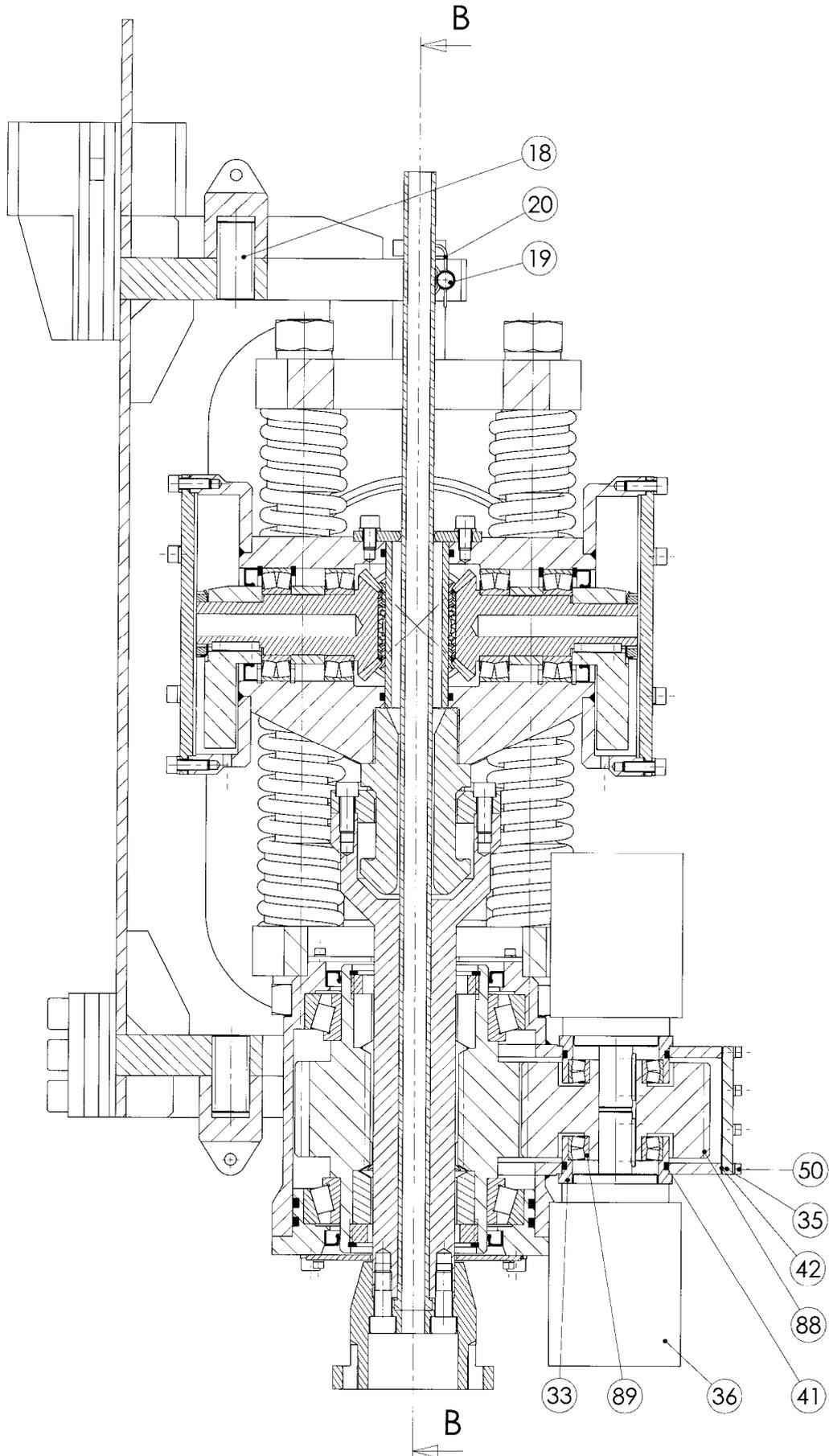


Tête de fonçage
 Echelle : 1:4 A3V DT 5a

Bb

FE2-11.1

A-A



Tête de fonçage

Echelle : 1:4

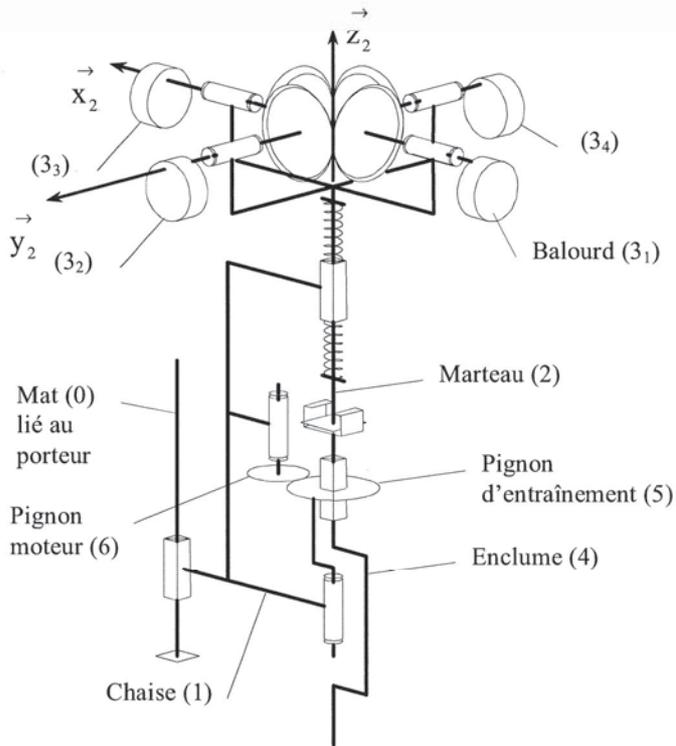
A3V

DT 5b

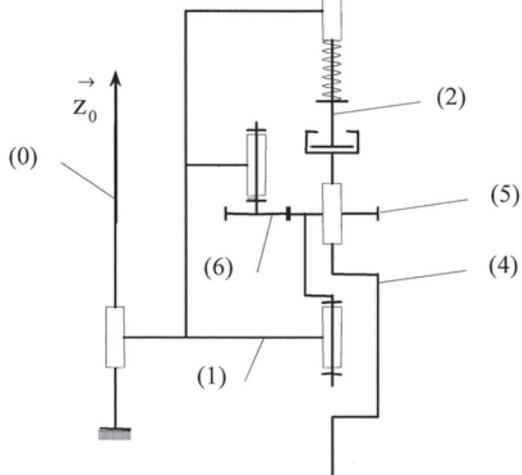
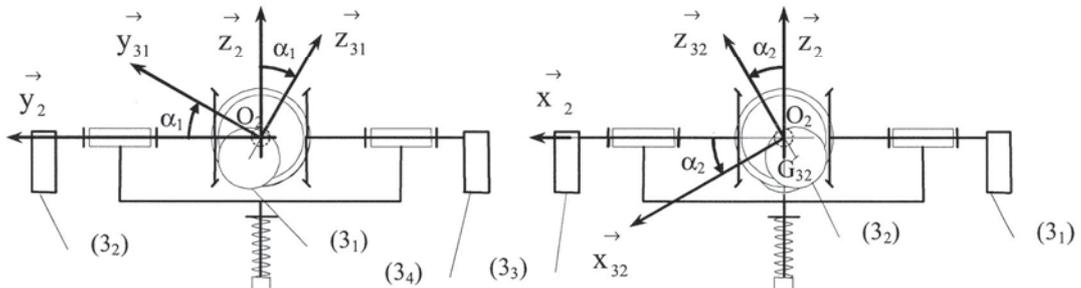
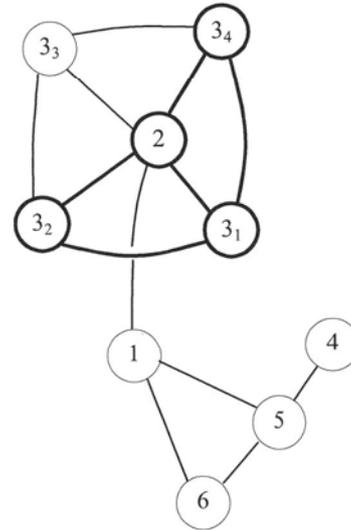
6 - Nomenclature

99	2	Anneau élastique pour alésage Ø 120		
98	2	Écrou fendu		
97b	1	Manchon inférieur		
97a	1	Manchon supérieur en deux parties		
94	2	Roulement à rouleaux coniques 140-210-45	SKF 32028	
93	1	Pignon d'entraînement	m = 6 ; Z = 36	
89	2	Roulement à rotule à rouleaux 50-90-23	SKF 22210C	
88	1	Pignon moteur rotation	m = 6 ; Z = 28	
87	12	Vis Chc M14x35	ISO 4762	
86	4	Vis Chc M16x45	ISO 4762	
85	1	Porte-outil (entraîneur)		
84	1	Tube		
83	1	Butée	<i>En deux parties</i>	
82	1	Enclume		
81	1	Joint bague BS 10-20		
80	1	Vis Chc M16x20	ISO 4762	
79	1	Rondelle Grower W16		
78	1	Joint moteur		
77	2	Joint torique 59.69-5.33	JF	
76	1	Masse d'équilibrage		
75	1	Clavette 8-7-38		
73	1	Moteur hydraulique des balourds	HPI M3.DBN.3050	
72	4	Joint flasque		
71	1	Pastille plomb		
70	24	Rondelle Grower W10		
69	25	Vis Chc M10x30	ISO 4762	
68	1	Butée		E295
67	4	Joint à lèvres IE 75-110-13		
66	4	Flasque		E295
65	1	Bague		E295
64	16	Anneau élastique pour alésage Ø 110		
62	1	Corps vibreur		E295
61	1	Marteau		36 NiCrMo16
60	2	Clavette 14-9-45		
59	2	Rondelle frein d45		
58	2	Écrou à encoches M45x1.5	KM9	
57	2	Entretoise 60-76-16		
56	4	Balourd		
52	8	Roulement à rotule sur rouleaux 60-110-28	SKF 22212C	
51	4	Arbre à balourd	m = 4 ; Z = 26	16 NiCr 15
50	27	Vis Chc M6x20	ISO 4762	
49	5	Vis Chc M12x20	ISO 4762	
48	1	Vis Chc M12x30	ISO 4762	
47	4	Vis Chc M24x80	ISO 4762	
46	27	Rondelle Grower W6		
45	7	Vis Chc M12x40	ISO 4762	
44	11	Rondelle Grower W12		
43	4	Rondelle Grower W24		
42	1	Joint plat carter bas		
41	2	Joint torique 88.27-5.33	JF	
40	2	Joint torique 215.27-6.99	JF	
39	4	Bouchon 18x1.5		
38	2	Clavette 10-8-46		
36	2	Moteur hydraulique rotation	OMS 160	
35	1	Plaque couvercle		E295
34	2	Cache		E295
33	2	Palier 33		E295
32	2	Joint à lèvres IE 140-170-15		
31	1	Palier 31		E295
30	8	Écrou H M36		
29	8	Rondelle Grower W36		
28	4	Ressort hélicoïdal		
27	4	Colonne		
24	1	Boîtier		E295
23	1	Plaque inférieure		E295
22	4	Téton centrage		E295
21	1	Plaque supérieure		E295
20	4	Goupille épingle d17.2		
19	4	Axe de verrouillage		
18	2	Axe fileté		
17	2	Fixation chaîne		
16	1	Chaise		E295
N°	NB.	Nom	DESCRIPTION	MATIERE

7 - Schéma cinématique



Graphe de structure



$$\vec{x}_{31} = \vec{x}_{33} = \vec{x}_2$$

$$\vec{y}_{32} = \vec{y}_{34} = \vec{y}_2$$

8 - Notations et paramètres :

Les pignons coniques 3i sont tous identiques de rayon primitif r_3 .

- On associe la base $B_{3j} = (\vec{x}_2, \vec{y}_{3j}, \vec{z}_{3j})$ à l'arbre balourd 3j avec $j = 1$ ou 3 et la base $B_{3k} = (\vec{x}_{3k}, \vec{y}_2, \vec{z}_{3k})$ à l'arbre balourd 3k avec $k = 2$ ou 4 .
 $\alpha_j = (\vec{y}_2, \vec{y}_{3j}) = (\vec{z}_2, \vec{z}_{3j})$ et $\alpha_k = (\vec{x}_2, \vec{x}_{3k}) = (\vec{z}_2, \vec{z}_{3k})$. De plus $\alpha_1 = \alpha$.
- Le centre de gravité G_2 du marteau 2 est sur l'axe (O_2, \vec{z}_2)
 m_2 la masse du marteau 2 (comprenant 61-62-66-51-52-57-73-76).
- les centres de gravité G_{3i} des balourds 3i sont tel que : $O_2 \vec{G}_{31} = a \vec{z}_{31} - b \vec{x}_2$,
 $O_2 \vec{G}_{32} = a \vec{z}_{32} + b \vec{y}_2$, $O_2 \vec{G}_{33} = a \vec{z}_{33} + b \vec{x}_2$ et $O_2 \vec{G}_{34} = a \vec{z}_{34} - b \vec{y}_2$.
 m_3 la masse d'un balourd 3i (comprenant 56 seulement).

$$I(G_{3j}, 3j) = \begin{pmatrix} A_b & 0 & 0 \\ 0 & B_b & 0 \\ 0 & 0 & C_b \end{pmatrix}_{B_{3j}} \text{ avec } j = 1 \text{ ou } 3 \text{ la matrice d'inertie en } G_{3j} \text{ dans la base } B_j$$

du balourd 3j (comprenant 56 seulement).

$$I(G_{3k}, 3k) = \begin{pmatrix} B_b & 0 & 0 \\ 0 & A_b & 0 \\ 0 & 0 & C_b \end{pmatrix}_{B_{3k}} \text{ avec } k = 2 \text{ ou } 4 \text{ la matrice d'inertie en } G_{3k} \text{ dans la base}$$

B_k du balourd 3k (comprenant 56 seulement).

- L'inertie d'un arbre balourd (51-52-57) autour de son axe est noté A_a
- Soit O_1 un point appartenant à 1 tel que $O_1 \vec{O}_2 = z(t) \vec{z}_2$.
 Les ressorts ont une raideur K et leur longueur à vide est égale à leur longueur de montage.

Notation des différents torseurs :

$$\text{Cinématique : } [V_{i/j}]_A = \begin{cases} \vec{\Omega}_{i/j} = p_{ij} \vec{x} + q_{ij} \vec{y} + r_{ij} \vec{z} \\ \vec{V}_{A,i/j} = u_{ij} \vec{x} + v_{ij} \vec{y} + w_{ij} \vec{z} \end{cases} \quad \text{Efforts : } [F_{i \rightarrow j}]_A = \begin{cases} \vec{R}_{i \rightarrow j} = X_{ij} \vec{x} + Y_{ij} \vec{y} + Z_{ij} \vec{z} \\ \vec{M}_{A,i \rightarrow j} = L_{ij} \vec{x} + M_{ij} \vec{y} + N_{ij} \vec{z} \end{cases}$$

$$\text{Cinétique : } [C_{S/R}]_A = \begin{cases} \vec{p}_{S/R} = m \vec{V}_{G,S/R} \\ \vec{\sigma}_{A,S/R} \end{cases} \quad \text{Dynamique : } [A_{S/R}]_A = \begin{cases} \vec{a}_{S/R} = m \vec{\Gamma}_{G,S/R} \\ \vec{\delta}_{A,S/R} \end{cases}$$

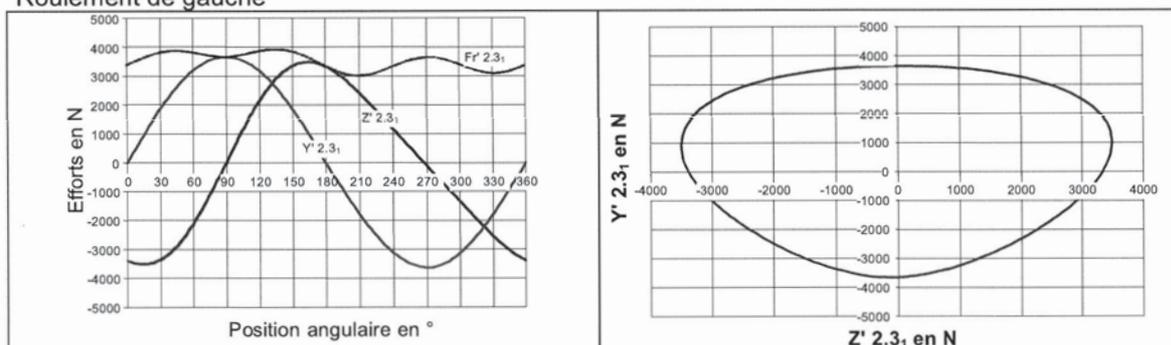
- Hypothèses :**
 Le repère R_0 associé au solide 0 est galiléen.
 Le vecteur $\vec{z}_2 = \vec{z}_0$ est vertical ascendant.
 Les pièces sont des solides indéformables et les liaisons sont toutes supposées parfaites.
 Le solide 1 est immobile par rapport au solide 0.
 Le calage angulaire des balourds est tel que : $\alpha_1(0) = \alpha_2(0) = \alpha_3(0) = \alpha_4(0) = 0$.
- Valeurs numériques :**
 $m_2 = 187 \text{ kg}$; $m_3 = 4,8 \text{ kg}$; $a = -0,054 \text{ m}$; $K = 150000 \text{ N/m}$
 $(A_a = 0,0043 \text{ kg.m}^2$; $A_b = 0,0235 \text{ kg.m}^2)$

9 - Résultats de simulation numérique sans génération de chocs entre le marteau 61 et l'enclume 82

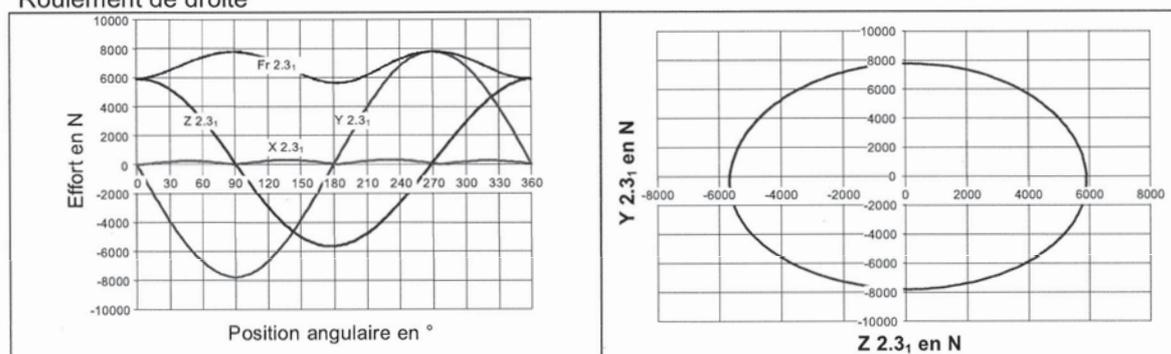
9.1 - Charges dans les roulements 52 (pour l'arbre balourd 3₁) exprimées dans la

$$\text{base } B_2 = (\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$$

Roulement de gauche



Roulement de droite



Roulement à rotule sur deux rangées de rouleaux

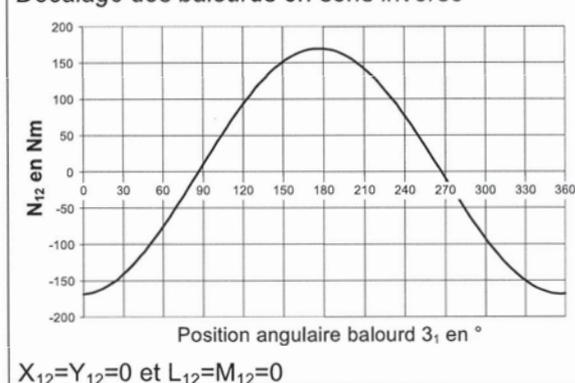
Dimensions	Charges de base en N		Coefficients de calcul			
	Dyn. C	Stat. Co	e	Y si $Fa/Fr \leq e$	Y si $Fa/Fr > e$	Yo
60-110-28	146000	174000	0,24	2,8	4,2	2,8

$$Fa/Fr \leq e : P = Fr + Y.Fa ; Fa/Fr > e : P = 0,67.Fr + Y.Fa ; Po = Fr + Yo.Fa$$

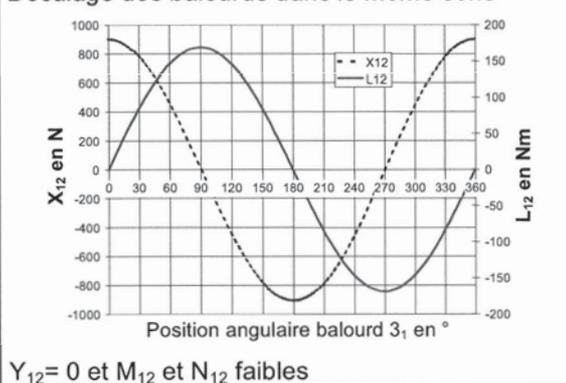
9.2 - Influence d'un défaut de calage angulaire des arbres balourds 3₂ et 3₄

Composantes dans le repère absolu du torseur d'actions mécaniques dans la glissière 1-2 pour un décalage d'environ 6° pour les pignons 3₂ et 3₄.

Décalage des balourds en sens inverse

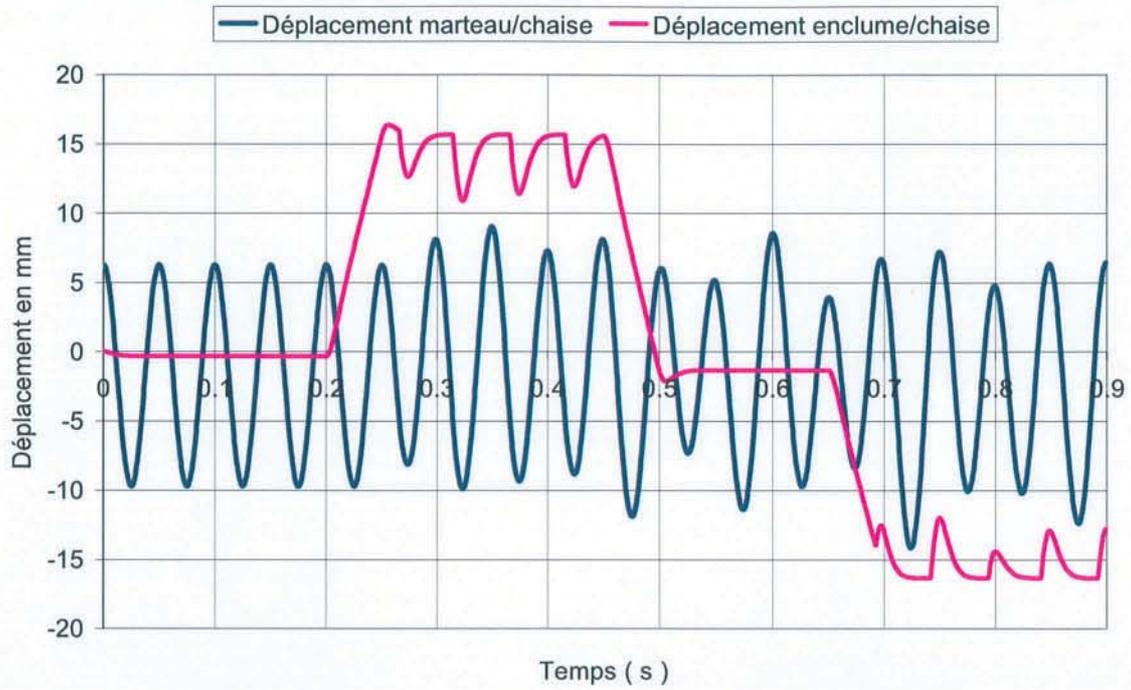


Décalage des balourds dans le même sens

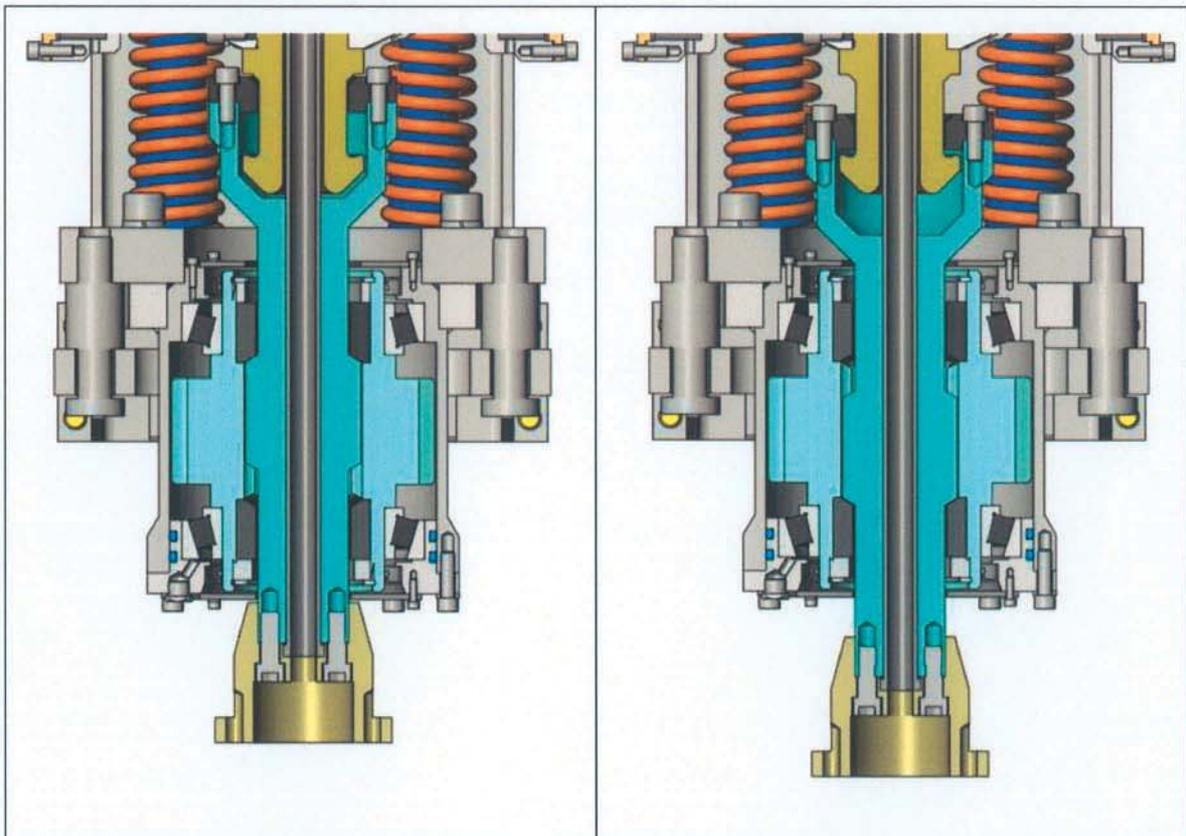


10 - Résultats de simulation numérique avec génération de chocs entre le marteau 61 et l'enclume 82

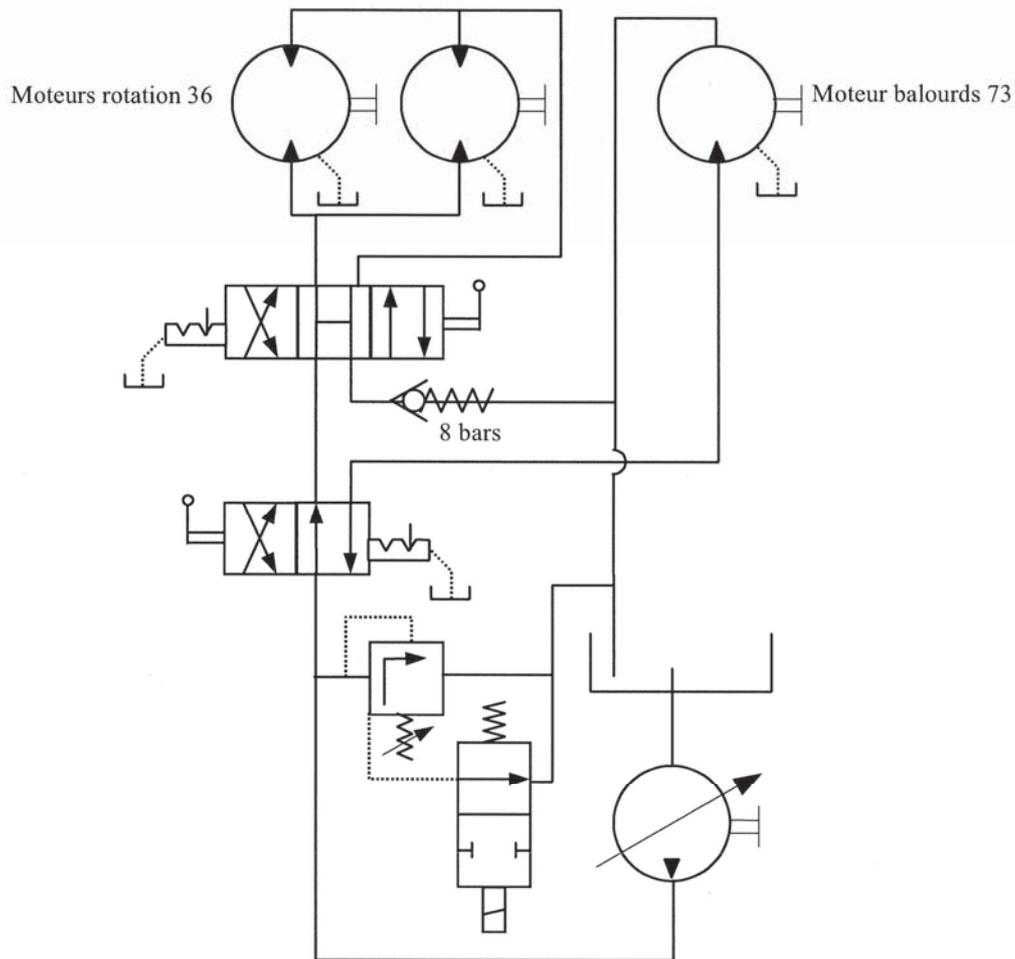
10.1 - Déplacements du marteau et de l'enclume :



10.2 - Positions extrêmes de l'enclume 82 :



11 - Schéma hydraulique simplifié de commande des moteurs

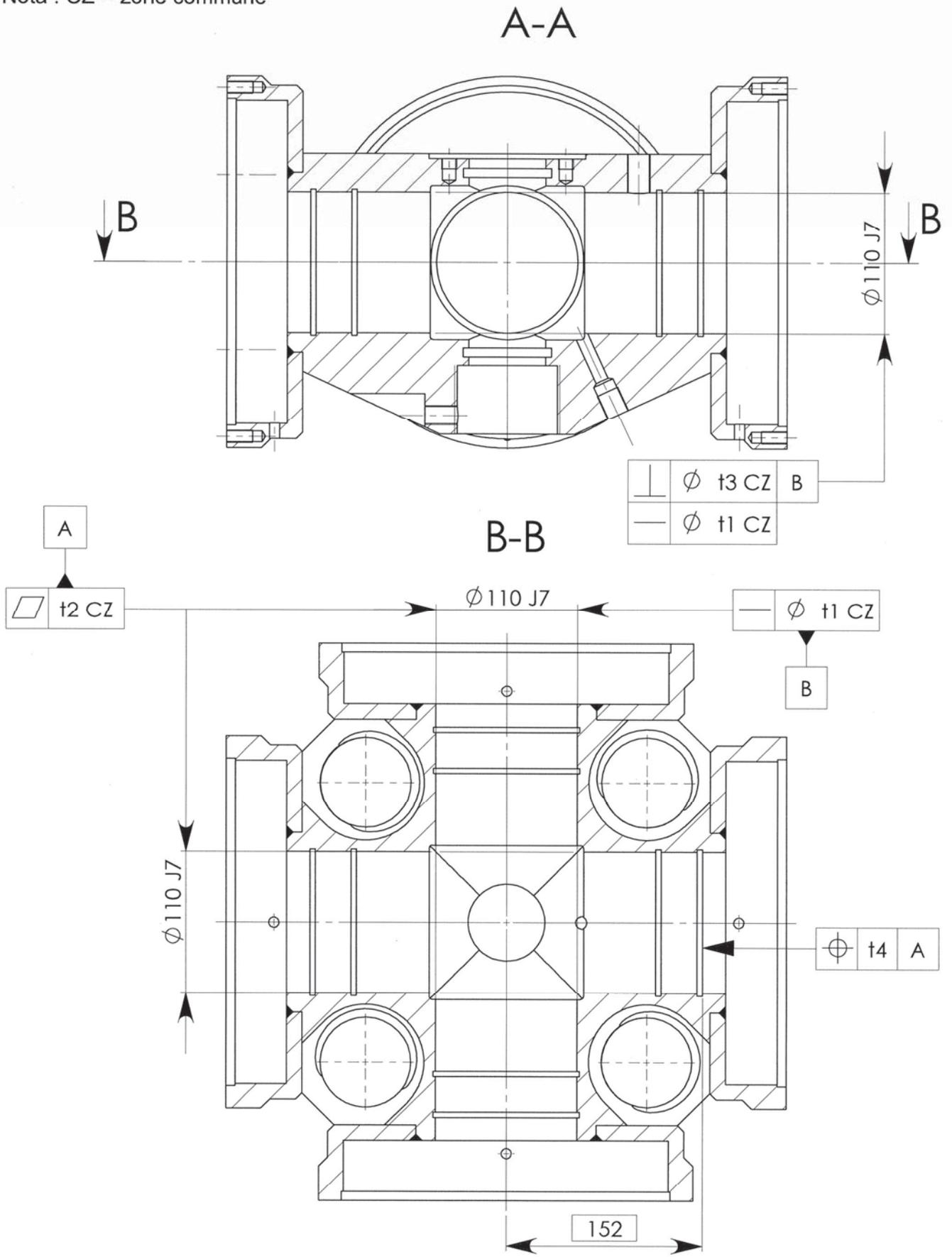


Extrait documentation HPI : moteurs hydrauliques à engrenage

Modèle	Cylindrée (Cy)		Pression maxi		Débit mini à		Puisissance absorbée à		Masse approximative	
	cm ³ /tr	tr/min	À vitesse mini	À vitesse maxi	1000 tr/min	à vitesse maxi	1000 tr/min et 10 MPa	Couple à 10 MPa	Nm	Kg
3020	20	300	20	3500	25	20	70	2,7	28,6	5,6
3025	25	300	20	3500	25	25	87,5	3,6	36,2	5,6
3031	31	300	20	3000	22,5	31	93	4,4	44,8	5,6
3040	40	250	20	3000	22,5	40	120	5,8	58,5	5,7
3050	50	250	20	3000	22,5	50	150	7,3	73,2	6,9
3060	60	200	17,5	3000	20	60	180	9,05	88,8	7
3071	71	200	15	2500	20	71	177,5	10,6	106,3	7
3080	80	200	12,5	2500	17,5	80	200	12,07	119,8	7,1
3090	90	200	12,5	2000	17,5	90	180	13,6	135,0	7,8
3100	100	200	12,5	2000	17,5	100	200	15,08	149,0	8

Rendement global approximatif $\eta = 0,87$

Nota : CZ = zone commune



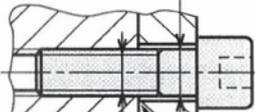
Echelle : 1:4

Tournez la page S.V.P.

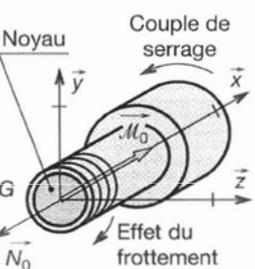
13 - Éléments pour le calcul d'une vis (d'après « Le guide du calcul en mécanique » Edition Hachette et « Guide des sciences et technologie industrielles » Edition Afnor Nathan)

CALCUL D'UNE VIS

d : diamètre de la vis



d' : diamètre du noyau
Premier filet en prise



1° Calculer la contrainte de traction :

$$\sigma_0 = \frac{N_0}{S} = \frac{N_0}{\left(\frac{\pi d'^2}{4}\right)}$$

2° Calculer la contrainte de torsion :

$$\tau_0 = \frac{M_0}{\left(\frac{I_0}{R}\right)} = \frac{16 \cdot M_0}{\pi d'^3}$$

3° Calculer la contrainte idéale :

$$\sigma_I = \sqrt{\sigma_0^2 + 4 \tau_0^2}$$

4° Écrire la condition de résistance :

$$\sqrt{\sigma_0^2 + 4 \tau_0^2} \leq R_{pe}$$

N_0 = tension de pose (précharge)
 S = section résistante (noyau fileté)
 d' = diamètre de la section résistante
 M_0 = couple de frottement au niveau du filetage
 C = couple de serrage

Formules approchées :

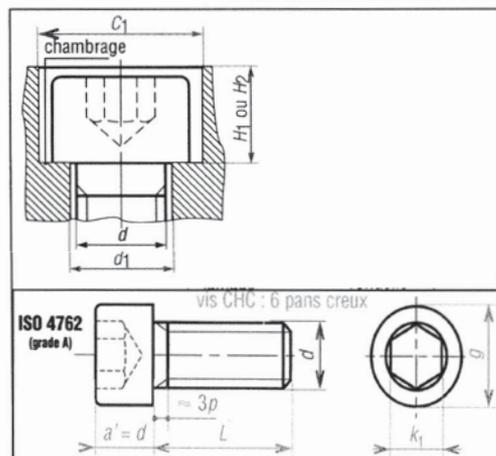
$$M_0 = 0,583 \cdot f_f \cdot d_2 \cdot N_0$$

$$C = (0,16 \cdot p + 0,583 \cdot f_f \cdot d_2 + 0,5 \cdot f_t \cdot d_m) \cdot N_0$$

p = pas
 d_2 = diamètre sur flanc
 f_f = frottement au niveau du filetage
 f_t = frottement entre la tête de vis et la pièce
 d_m = diamètre moyen de l'appui au niveau de la tête

Filetage métrique à pas gros (extrait)

d (mm)	pas gros	S en mm ² section résistante	D_1 (mm)	$D_2 = d_2$ (mm)	d_3 (mm)	pas fins recommandés
10	1,5	58,0	8,376	9,026	8,160	1,25 - (1 - 0,75)
12	1,75	84,3	10,106	10,863	9,853	1,5 - (1,25 - 1)
(14)	2	115	11,835	12,701	11,546	1,5 - (1,25 - 1)
16	2	157	13,835	14,701	13,546	1,5 - (1)



Dimensions normalisées des lamages

d	d_1 moyen H13	C_1 mini	H_1 mini (CHC)	H_2 mini (CZX)	C_2 mini	H_3 mini (H)
1,6	1,8	5	1,7	1,2	8,5	1,3
2	2,4	6	2,1	1,5	10	1,6
(2,5)	2,9	7	2,7	1,8	11	2,0
3	3,4	8	3,2	2,1	12	2,3
(3,5)	3,9	8	-	2,6	14	3,1
4	4,5	10	4,2	3,0	16,5	3,1
5	5,5	11	5,3	3,7	19,5	4,1
6	6,6	13	6,3	4,2	22	5,6
8	9	18	8,4	5,3	28,5	6,0
10	11	20	10,5	6,3	37	7,2
12	13,5	22	12,6	7,4	42	8,4
(14)	15,5	26	14,7	-	47	9,8
16	17,5	30	16,8	-	52	11,3

Principales dimensions, en millimètres, des vis d'assemblage pour métaux : normes ISO et NF

d	1,6	2	2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	10	12	(14)	16	20	24	30	36
pas	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	3	3,5	4
a	1,1	1,4	1,7	2	2,4	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	9	10	12,5	15	19	23
t	3,2	4	5	5,5	6	7	8	10	13	16	18	21	24	30	36	46	55
s				1,5	1,8	2,1	2,4	3	3,75	4,5	5,25	6	6	7,5	9	10,5	12
d_s	1,3	1,7	2,1	2,6		3,5	4,4	5,3	7,1	8,9	10,7	12,5	14,5	18,2	21,8		
g	3	3,8	4,5	5,5		7	8,5	10	13	16	18	21	24	30	36	45	54

Classe de qualité « S.Y » des vis : Elle est symbolisée par deux nombres S et Y gravés sur la tête de la vis.



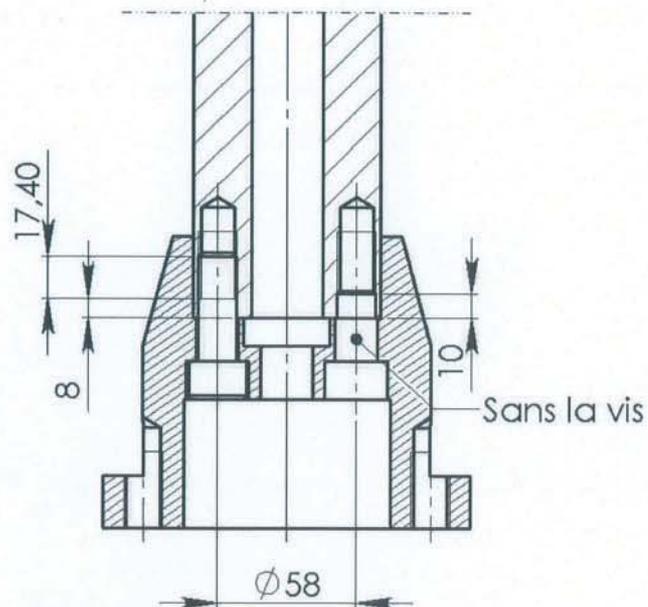
$R_e = R_r \times \frac{Y}{10}$ (en N/mm²)
 $R_e = S \times Y$ (daN/mm²)

$R_r = 100 \times S$ (en N/mm²)



Extrait de classes normalisées : 5.8 ; 6.8 ; 8.8 ; 9.8 ; 10.9 ; 12.9 ; 14.9

14 - Solution constructive de la liaison entre l'enclume 82 et le porte-outil 85 :

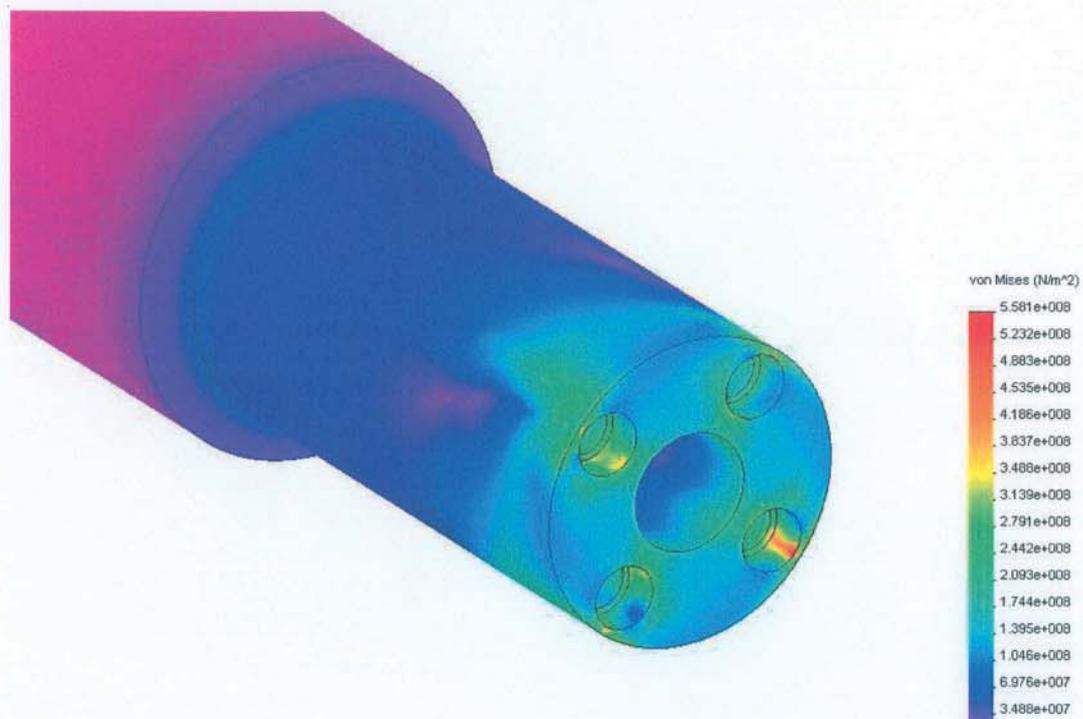


15 - Etude de résistance par éléments finis de l'enclume 82 :

Remarque :

- les cannelures ne sont pas représentées
- Seule l'extrémité de l'enclume (partie la plus sollicitée) est montrée ci-dessous.

Répartition des contraintes :



16 - Aciers pour trempe dans la masse

Principaux aciers faiblement alliés – NF EN 10083-2...									
nuances			caractéristiques mécaniques (1 daN/mm ² = 10 MPa)				pour cémentation	trempeabilité	taille des pièces
famille	désignation	ancienne désignation	R _r (daN/mm ²)	R _e (daN/mm ²)	A%	KV (daJ/cm ²)			
chrome	38 Cr 2	38 C 2	60 - 95	35 - 55	14 - 17	3,5		+	P - M
	46 Cr 2	42 C 2	65 - 110	40 - 65	12 - 15	3,5		+	P - M
	34 Cr 4	34 C 4	70 - 110	46 - 70	12 - 15	4		++	P - M
	41 Cr 4	42 C 4	80 - 120	56 - 80	11 - 14	3,5		++	P - M
	100 Cr 6	100 C 6	85 - 125	55 - 85	10 - 13	3,5		++	P - M
nickel-chrome	10 Ni Cr 5-4	10 NC 6	60 - 115	42 - 62	10 - 12	8 - 10	●	+	P
	20 Ni Cr 6	20 NC 6	70 - 110	70 - 95	8 - 10	6 - 8	●	++	P
	13 Ni Cr 14	14 NC 11	80 - 145	65 - 90	8 - 10	7 - 8	●	+	M
	30 Ni Cr 11	30 NC 11	70 - 110	45 - 70	12 - 16	7		++	M
Ni + Cr + Mo	20 Ni Cr Mo 6-4	18 NCD 6-4	80 - 150	70 - 90	8 - 10	5 - 6	●	+++	G
	20 Ni Cr Mo 2-2	20 NCD 2	75 - 155	60 - 95	8 - 11	5 - 7	●	++	M
	16 Ni Cr Mo 13	16 NCD 13	85 - 155	65 - 95	8 - 11	5 - 7	●	++	M
	34 Cr Ni Mo 6	35 NCD 6	80 - 140	60 - 100	9 - 13	4,5		+++	G
	36 Ni Cr Mo 16	35 NCD 16	100 - 145	80 - 105	9 - 11	4,5		++++	G
	30 Cr Ni Mo 8	30 CND 8	90 - 145	70 - 105	9 - 12	4,5		++++	G
chrome-molybdène	31 Cr Mo 12	30 CD 12	90 - 130	70 - 90	10 - 12	4,5		+++	G
	20 Cr Mo 4	25 CD 4	60 - 100	40 - 70	12 - 16	4,5	●	++	M
	34 Cr Mo 4	35 CD 4	75 - 120	45 - 85	11 - 15	4,5		++	G
	42 Cr Mo 4	42 CD 4	75 - 130	50 - 90	10 - 14	3,5		+++	G
	50 Cr Mo 4	50 CD 4	80 - 130	55 - 90	9 - 13	3		+++	G
nuances diverses	51 Cr V4	50 CV 4	70 - 130	50 - 90	8 - 14	3		+++	G
	41 Cr Al Mo 7-10	40 CAD 6-12	80 - 120	60 - 80	10 - 14	3		++	M
	28 Mn 6	20 M 6	50 - 75	35 - 45	19 - 21	4		+	P
	20 Mn Cr 5-5	20 MC 5	90 - 150	75 - 95	8 - 9	4 - 5	●	+	M
	55 Si 7	55 S 7	70 - 170	50 - 130	6 - 13	4		++	P
	45 Si Cr Mo 6	45 SCD 6	85 - 185	60 - 140	6 - 13	5		+++	P - M
	13 Mn S 4	13 MF 4	78 - 118	54	9	4			
35 Mn S 6	35 MF 6	88 - 108	74	9	3,5				

++++ : très forte

+++ : forte

++ : moyenne

+ : limitée

P : petite (∅ ≈ 50)

M : moyenne (∅ ≈ 100)

G : grosse (∅ ≈ 200)

TÊTE DE FONÇAGE

DOSSIER TRAVAIL

Les différentes parties et sous-parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque

Ce dossier comporte 6 pages.

Temps conseillés :

Lecture dossier technique	30 min
Partie 1- Étude de la fonction FP3.	
1.1- Étude de la fonction FT32 :	2 heures 30 min
1.2- Étude de la fonction FT31 :	30 min
1.3- Étude de la fonction FT312 :	2 heures 30 min
1.4- Étude de la fonction FT33 :	1 heure
Partie 2- Étude de la fonction FT233. :	1 heure

Remarque : le candidat pourra formuler toute hypothèse qu'il juge nécessaire à la réalisation des questions qui lui sont posées.

Les différentes parties et sous-parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque

PARTIE 1 : ÉTUDE DE LA FONCTION FP3 « GÉNÉRER DES CHOCS SUR L'OUTIL DE FONÇAGE »

1.1 - Étude de la fonction FT32 « Transformer l'énergie cinétique de rotation en énergie cinétique de translation »

Hypothèse complémentaire : On se place dans une situation où le marteau ne vient jamais frapper l'enclume.

Objectif 1 : Vérifier que le mécanisme permet de générer un mouvement sinusoïdal du marteau suivant \vec{z}_2 et justifier une solution constructive (voir DT5a, DT5b, DT6, DT7 et DT 8).

Question 1 : Exprimer α_1 , α_2 , α_3 et α_4 en fonction de α (on rappelle que $\alpha_1 = \alpha$).

Tracer alors sur les vues appropriées du document DR1, les axes (O_2, \vec{x}_{34}) , (O_2, \vec{z}_{34}) , (O_2, \vec{y}_{33}) et (O_2, \vec{z}_{33}) (Bases définies sur le document DT8)

Question 2 : Exprimer littéralement O_1G_{31} puis la résultante dynamique du balourd 3₁ dans son mouvement par rapport à 0 (Rappel : 1 immobile / 0) : $\vec{a}_{31/0} = m_3 \vec{\Gamma}_{G_{31},31/0}$

Mettre cette résultante dynamique sous la forme : $\vec{a}_{31/0} = X \ddot{\alpha}_1 \vec{y}_{31} + Y \vec{z}_{31} + Z \vec{z}_2$

Question 3 : De la même manière, on trouve $\vec{a}_{33/0} = X \ddot{\alpha}_3 \vec{y}_{33} + Y \vec{z}_{33} + Z \vec{z}_2$,

$\vec{a}_{32/0} = -X \ddot{\alpha}_2 \vec{x}_{32} + Y \vec{z}_{32} + Z \vec{z}_2$ et $\vec{a}_{34/0} = -X \ddot{\alpha}_4 \vec{x}_{34} + Y \vec{z}_{34} + Z \vec{z}_2$. Représenter graphiquement sur le document réponse DR1 et sans souci d'échelle chacune des composantes des résultantes dynamiques définies ci-dessus.

Question 4 : On pose $E = 2 \cup 31 \cup 32 \cup 33 \cup 34$. Montrer en utilisant le tracé de la question 3 que la résultante dynamique de l'ensemble E peut se mettre sous la forme $\vec{a}_{E/0} = Z_{E0} \vec{z}_2$. Conclure.

Question 5 : On donne les informations suivantes :

- Le moment dynamique en G_{3j} d'un balourd 3_j dans son mouvement par rapport à 0 est $\vec{\delta}_{G_{3j},3j/0} = A_b \ddot{\alpha}_j \vec{x}_2$.
- Le moment dynamique en G_{3k} d'un balourd 3_k dans son mouvement par rapport à 0 est $\vec{\delta}_{G_{3k},3k/0} = A_b \ddot{\alpha}_k \vec{y}_2$.
- Le moment dynamique en O_2 d'un balourd 3_i dans son mouvement par rapport à 0 peut se calculer à partir de la relation $\vec{\delta}_{O_2,3i/0} = \vec{\delta}_{G_{3i},3i/0} + O_2 \vec{G}_{3i} \wedge \vec{a}_{3i/0}$.

Montrer en utilisant les résultats précédents et le tracé de la question 3 que le moment dynamique en O_2 de l'ensemble $E = 2 \cup 31 \cup 32 \cup 33 \cup 34$ par rapport au repère 0 est nul : $\vec{\delta}_{O_2,E/0} = 0$.

Question 6 : Appliquer le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble E. En déduire que les composantes de l'action mécanique dans la liaison glissière entre la chaise 1 et le marteau 2 sont toujours nulles.

Question 7 : Le modèle cinématique du document DT7 a été mis en place pour simuler le fonctionnement du mécanisme avec un logiciel de mécanique 3D. Pourquoi dans ce cas la liaison glissière entre la chaise 1 et le marteau 2 est utile ? Analyser sur le document DT5a la solution constructive choisie par le concepteur. Pourquoi cette solution est pertinente ?

Objectif 2 : Vérifier s'il est possible d'usiner la rainure de clavette avec une orientation identique par rapport à la denture sur tous les arbres balourds **51**.

Les questions précédentes ont permis de montrer l'intérêt du calage angulaire des balourds.

Question 8 : On note $\alpha_p = \alpha_2(0) = \alpha_4(0)$ quand $\alpha_1(0) = \alpha_3(0) = 0$ le défaut de calage angulaire si l'orientation de la rainure de clavette par rapport à la denture du pignon conique est la même sur tous les arbres balourds **51**. Calculer ce défaut de calage angulaire.

Question 9 : Une simulation numérique a permis d'obtenir les résultats du document DT9 (courbes partie 9.2). Est-ce que l'usinage de la rainure de clavette avec une orientation identique par rapport à la denture sur tous les arbres balourds conduit à une solution envisageable ? Conclure.

Objectif 3 : Vérifier que le mécanisme permet d'emmagasiner l'énergie nécessaire au choc.

Question 10 : Proposer un isolement et écrire la relation issue du principe fondamental de la dynamique permettant d'obtenir l'équation de mouvement du marteau (ne pas développer les calculs)

Question 11 : L'équation de mouvement du marteau en régime établi permet de trouver le mouvement du marteau en fonction du temps : $z(t) = z_m \cdot \cos(\omega t)$ avec ω tel que :

$$\alpha = \omega \cdot t \text{ et } z_m = \frac{4a \cdot m_3 \omega^2}{8K - (4m_3 + m_2)\omega^2}$$

L'énergie cinétique $Ec_{2/0}$ du marteau **2** dans son mouvement par rapport à **0** est

$$Ec_{2/0} = \frac{1}{2} m_2 \dot{z}^2$$

Exprimer littéralement l'énergie cinétique maximale Ec_{Choc} du marteau **2** dans son mouvement par rapport à **0** et indiquer la position angulaire du balourd correspondante.

Question 12 : Calculer numériquement Ec_{Choc} pour des fréquences de 14Hz et 25 Hz . Conclure par rapport au cahier des charges.

Question 13 : Le déplacement maximum z_m du marteau dépend de la pulsation de rotation ω . Déterminer la pulsation de résonance ω_r (pulsation particulière pour laquelle z_m est infini). En déduire la fréquence de résonance f_r .

Question 14 : Calculer numériquement ω_r et f_r . Conclure sur la nécessité d'imposer une vitesse de rotation minimale aux balourds.

1.2 - Étude de la fonction FT31 « Générer une énergie cinétique de rotation »

Objectif : Vérifier le dimensionnement du moteur hydraulique d'entraînement des balourds et justifier la solution d'alimentation (Voir DT11).

Question 15 : Quelle solution technique permet de régler et maintenir la vitesse de rotation des balourds constante en régime établi.

En l'absence de chocs le couple du moteur hydraulique 73 d'entraînement des balourds est :

$$C_{m_3} = 4(A_a + A_b + m_3 \cdot a) \ddot{\alpha} - 2a \cdot z_m \cdot m_3 \dot{\alpha}^2 \sin(2\alpha) \quad \text{avec } \alpha = \omega \cdot t \text{ et } z_m = \frac{4a \cdot m_3 \omega^2}{8K - (4m_3 + m_2) \omega^2}$$

Question 16 : Exprimer le couple moteur C_{m_3} en régime établi. En déduire la puissance mécanique maximale $P_{m_{MAX}}$ nécessaire sur l'arbre moteur.

Question 17 : Donner la relation permettant de calculer la puissance hydraulique P_h en entrée du moteur en fonction de la pression d'alimentation p , de la pulsation de rotation des balourds ω , de la cylindrée C_y du moteur et de son rendement η .

Question 18 : Calculer $P_{m_{MAX}}$ et p pour une fréquence de rotation des balourds de 25 Hz.

Question 19 : Conclure sur le dimensionnement du moteur hydraulique 73.

1.3 - Étude de la fonction FT312 « Guider en rotation les balourds et transmettre le mouvement »

Objectif : Analyser la solution de guidage en rotation existante, mettre en place les conditions de mise en œuvre et en déduire des informations pour reconcevoir ce guidage.

Question 20 : Proposer une modélisation cinématique du guidage en rotation d'un des arbres à balourd 51 permettant de faire une analyse d'hyperstaticité (ou de surabondance).

Question 21 : On modélise les contacts entre deux pignons coniques par une liaison linéaire rectiligne. Indiquer sans calcul la mobilité de la chaîne cinématique 3₁-3₄-2-3₁-3₂-2. En déduire par une analyse cinématique le degré de surabondance (ou d'hyperstaticité) de cette chaîne de solides.

Question 22 : Expliquer la provenance de ce degré de surabondance. Quelle(s) conséquence(s) a ce résultat sur la conception et/ou la cotation du guidage en rotation d'un arbre à balourd ?

Question 23 : Quelle condition géométrique supplémentaire doit-on satisfaire pour permettre un bon engrènement des pignons coniques ?

Question 24 : Interpréter sur les documents DR2 et DR3 les spécifications géométriques portées sur le dessin de définition partiel du corps vibreur (document DT12).

Question 25 : Quelles conditions d'usinage facilitent le respect des spécifications géométriques précédentes.

Question 26 : Tracer le graphe de montage d'un arbre à balourd 51 et de ses éléments de guidage sur le corps vibreur 62 (ne pas tenir compte des ajustements).

Question 27 : Proposer des ajustements pour les portées des roulements **52** en fonction des charges qu'ils supportent (voir DT9). Est-ce que ces ajustements sont compatibles avec le graphe de montage précédent ?

Question 28 : Tracer sur le document réponse DR4 les chaînes de cotes correspondant aux jeux entre le roulement et les anneaux élastiques pour la fonction : « permettre un engrènement correct des pignons coniques ».

Question 29 : Indiquer sur le document DR4 ce que devient le jeu J_b en phase de fonctionnement et conclure sur son importance.

Question 30 : Porter sur le dessin de définition de l'arbre balourd, document DR5, les spécifications relatives aux fonctions « guider en rotation l'arbre balourd » et « permettre un engrènement correct des pignons coniques » (Ne pas spécifier la forme des dentures).

L'entreprise qui conçoit et fabrique la fonceuse a de plus en plus recours à la sous-traitance pour la fabrication des pièces. On souhaite donc reconcevoir le guidage en rotation de l'arbre balourd avec pour objectifs principaux :

- permettre des choix d'ajustements plus adaptés aux charges sur les roulements ;
- permettre le montage des sous-ensembles tournant en atelier pour n'avoir que le réglage des couples coniques à faire sur la tête de fonçage ;
- diminuer les exigences d'usinage sur le carter.

Contraintes complémentaires :

- conserver sans modification l'ensemble tournant pour diminuer les coûts ;
- conserver les formes extérieures du corps **62** afin de ne pas modifier sa masse.

Les pièces complémentaires (visserie, joints, etc.) seront dessinées en respectant au plus près les dimensions et les proportions standards.

Question 31 : Sur le document DR6, représenter le dessin « à règle levée » de la nouvelle solution.

Si besoin, expliciter votre solution par des annotations et/ou des croquis supplémentaires.

Ajouter les conditions fonctionnelles nécessaires à la fonction FT 312.

1.4 - Étude de la fonction FT33 « Transférer l'énergie à l'outil de fonçage » :

Objectif 1 : Étude des déplacements de l'enclume **82** par rapport au marteau **61**.

Hypothèses : La distance entre le marteau et les surfaces de frappe de l'enclume est suffisante pour qu'il existe une position dans laquelle le marteau oscille sans générer de chocs sur l'enclume.

Question 32 : A quelle fonction de service est liée l'obtention des chocs entre le marteau et l'enclume ? Décrire les solutions technologiques utilisées.

Question 33 : Déterminer en fonction de Z_m maximum (cf. question 11) le déplacement minimal de l'enclume par rapport au marteau pour transmettre l'énergie de choc maximale. Faire un schéma faisant apparaître la position relative de l'enclume et celle du marteau en position moyenne pour deux phases de fonctionnement (pas de choc et frappe).

Question 34 : Expliquer comment le concepteur limite l'énergie transmise en phase d'extraction (contre-frappe). Faire le schéma correspondant à cette phase.

Objectif 2 : Déterminer les caractéristiques des douze vis d'assemblage **87** qui maintiennent en position la butée **83** avec l'enclume **82**.

Hypothèses : La force de réaction appliquée sur les surfaces en contact lors d'un choc de 200J et pour un amortissement de 1mm est de 190 000N (fonçage ou extraction). On considère que cette valeur est un maximum en phase d'extraction.

Aucun décollement des surfaces de contact entre l'enclume et la butée n'est toléré.

La précision de serrage (10%) majore la tension de pose initiale d'un coefficient 1,22.

Le coefficient de sécurité pour le calcul de R_{pe} est 3.

Ressource : Document DT13

Question 35 : Calculer la tension de pose (précharge) minimale N_0 dans une vis.

Question 36 : Calculer le couple de frottement au niveau du filetage \mathcal{M}_0 pour $f_f = f_t = 0,14$ (valeur moyenne).

Question 37 : Calculer les contraintes dans la vis et en déduire la valeur minimale de la contrainte pratique élastique R_{pe} .

Question 38 : Déterminer la classe de qualité minimale des vis.

Question 39 : Calculer le couple de serrage C des vis.

Question 40 : Les coefficients de frottement f_f et f_t peuvent varier entre 0,10 et 0,18 en fonction des conditions de montage et de l'état des surfaces de contact. Quelle est l'influence de la variation de ces paramètres sur la tension de pose ? Conclure sur la classe de qualité définie précédemment.

PARTIE 2 : ÉTUDE DE LA FONCTION FT233 « TRANSMETTRE LES EFFORTS AU PORTE-OUTIL »

Objectif : Préparer un modèle de chargement de l'enclume pour une détermination des contraintes à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis, puis définir un matériau.

Hypothèses : La liaison entre l'enclume **82** et le porte-outil **85** transmet les efforts de fonçage ou de forage. C'est un assemblage vissé réalisé par quatre vis CHC ISO 4762-M16x45-10.9 implantées sur un diamètre moyen de 58mm. La transmission du couple ne peut pas se faire par adhérence entre les surfaces de contact à cause du faible rayon moyen et de la tension de pose énorme qui serait imposée pour chaque vis. En conséquence, on fait l'hypothèse que le couple est entièrement transmis par obstacle et uniformément réparti sur les quatre vis de liaison. Le concepteur, pour ne pas appliquer les efforts de cisaillement sur la partie filetée des vis, a réalisé un lamage sur l'entrée des taraudages de l'enclume dans lequel vient se loger la partie non filetée de la vis. La tension de pose de chaque vis est de 97 500N.

L'étude est faite pour un forage sans choc.

Ressources : Documents DT14 et DT15.

Question 41 : Déterminer l'effort de cisaillement appliqué sur chaque vis lors de la transmission du couple maximal de 2500 Nm.

Question 42 : Pour le calcul la pièce doit être complètement immobilisée. Repérer (coloriage en bleu) sur le document DR7 les surfaces utilisées pour immobiliser la pièce. Préciser les degrés de liberté non autorisés sur chacune des surfaces dans la base $B_2 = (\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$.

Question 43 : Repérer (coloriage en rouge) sur le document DR7 les surfaces (ou les portions de surfaces) sur lesquelles on applique les charges. Préciser pour chaque surface le type d'effort appliqué (pression, force, etc), sa direction, son sens (par une flèche de couleur) et son intensité.

Question 44 : Le document DT14 présente les résultats de l'étude. Le coefficient de sécurité pour ce type de pièce est 1,5. Quelle doit être la limite élastique du matériau utilisé ?

Question 45 : Proposer et justifier un choix de matériau pour l'enclume, en tenant compte des contraintes globales de fonctionnement.

TÊTE DE FONÇAGE

DOSSIER REPONSE

Ce dossier comporte 7 pages :

- DR1/7 Tracé des résultantes dynamiques
- DR2/7 et DR 3/7 Analyse des spécifications géométriques
- DR4/7 Chaîne de cotes
- DR5/7 Dessin de définition d'un arbre balourd 51
- DR6/7 Reconception de la liaison pivot
- DR7/7 Modèle de l'enclume pour calcul par éléments finis

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

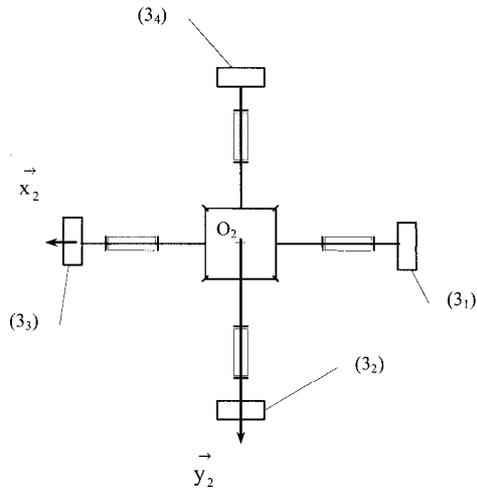
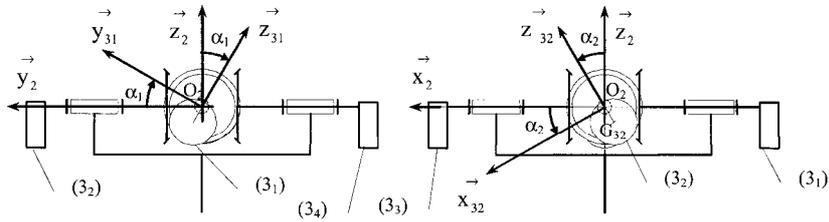
Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

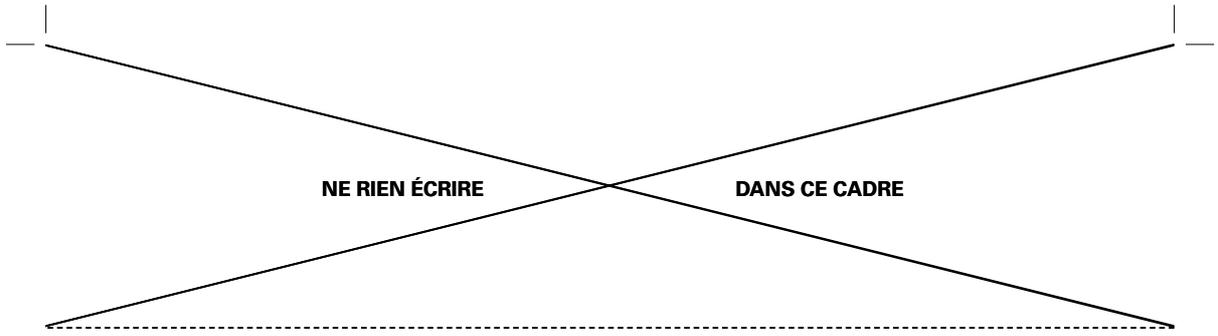
FE2-11.1

DR 1/7

R1 Tracé des résultantes dynamiques.



Da



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

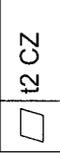
Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

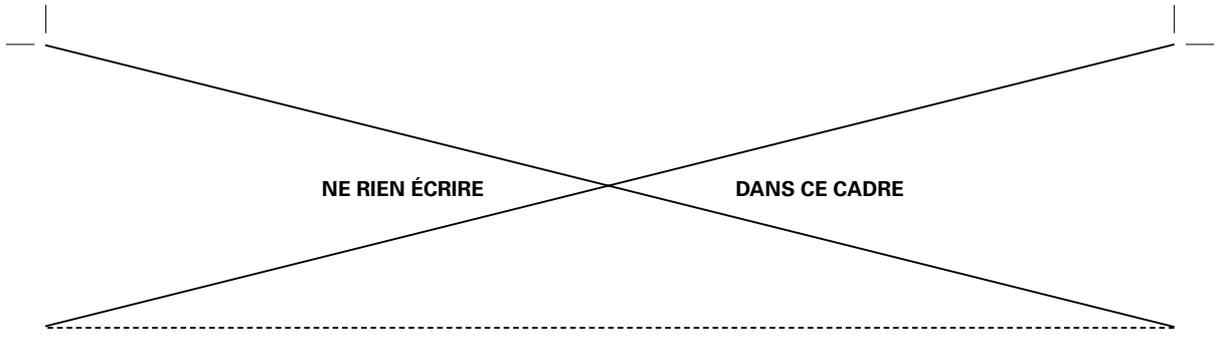
FE2-11.1

DR 2/7

R2 Analyse des spécifications géométriques

		ANALYSE D'UNE SPÉCIFICATION PAR ZONE DE TOLÉRANCE			
		ÉLÉMENTS NON IDÉAUX (points, lignes ou surfaces réelles)	ÉLÉMENTS IDÉAUX (points, lignes ou plans associés)	Zone de tolérance	
TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ	Élément(s) tolérancé(s)	Éléments de référence		Référence(s) spécifiée(s)	
		Unique Groupe *	Unique Multiples *	Simple Commune Système *	Simple Composée *
Type :	Forme	Orientation	Position	Contraintes *	
—		t2	CZ		Orientation, Position par rapport à la référence
Spécification de :					
Condition de conformité :					
Type :	—	Øt1	CZ		Orientation, Position par rapport à la référence
Spécification de :					
Condition de conformité :					

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

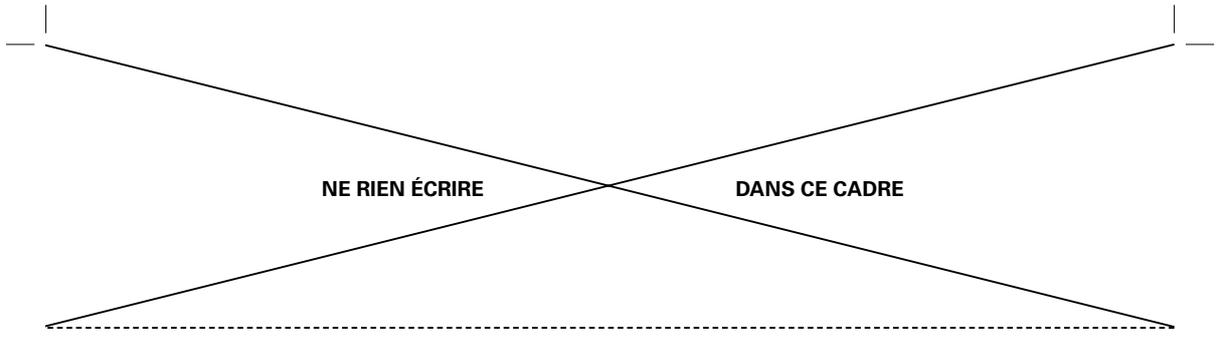
FE2-11.1

DR 3/7

R3 Analyse des spécifications géométriques

ANALYSE D'UNE SPÉCIFICATION PAR ZONE DE TOLÉRANCE				
TOLÉRANCEMENT NORMALISÉ	ÉLÉMENTS NON IDÉAUX (points, lignes ou surfaces réelles)		ÉLÉMENTS IDÉAUX (points, lignes ou plans associés)	
	Élément(s) tolérancé(s)	Éléments de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
Type* : Forme Orientation Position  Ø t3 CZ B Spécification de : Condition de conformité :	Unique Groupe*	Unique Multiples*	Simple Commune Système*	Simple Composée*
Type* : Forme Orientation Position  t4 A Spécification de : Condition de conformité :	Unique Groupe*	Unique Multiples*	Simple Commune Système*	Simple Composée*

* Rayer la (les) mentions(s) inutile(s)



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat _____

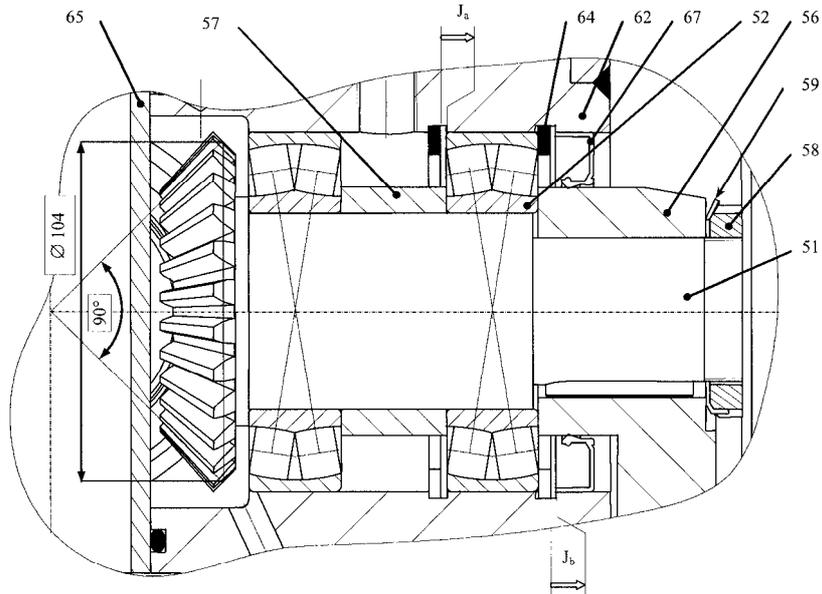
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FE2-11.1

DR 4/7

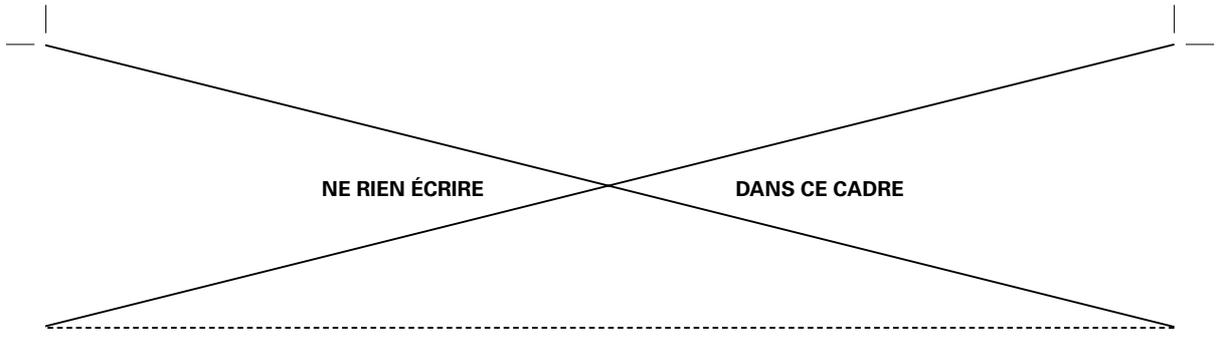
R4 Chaînes de cotes.

On suppose que les cônes primitifs des pignons sont en contact sur le dessin ci-dessous.



Jeu J_b en phase de fonctionnement :

(Dd)



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

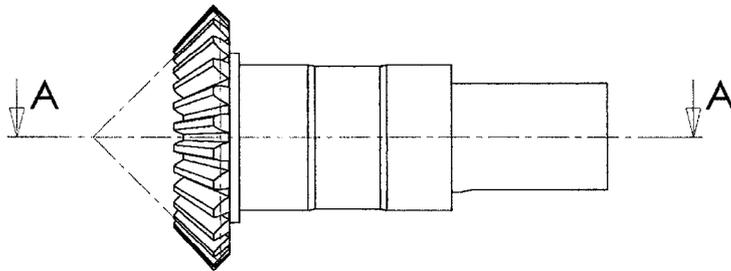
Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

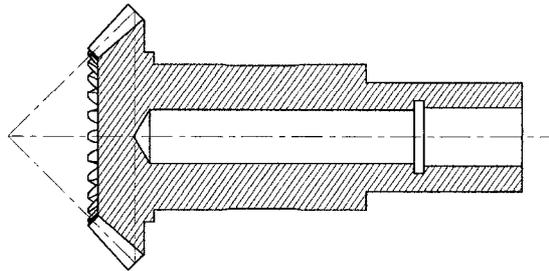
FE2-11.1

DR 5/7

R5 Dessin de définition d'un arbre balourd 51

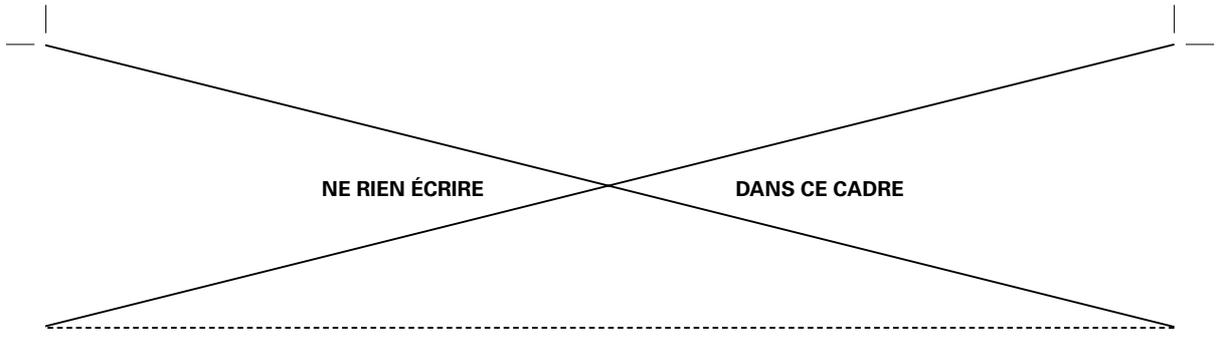


A-A



Échelle : 1:2

De



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

Prénoms : _____ N° du candidat

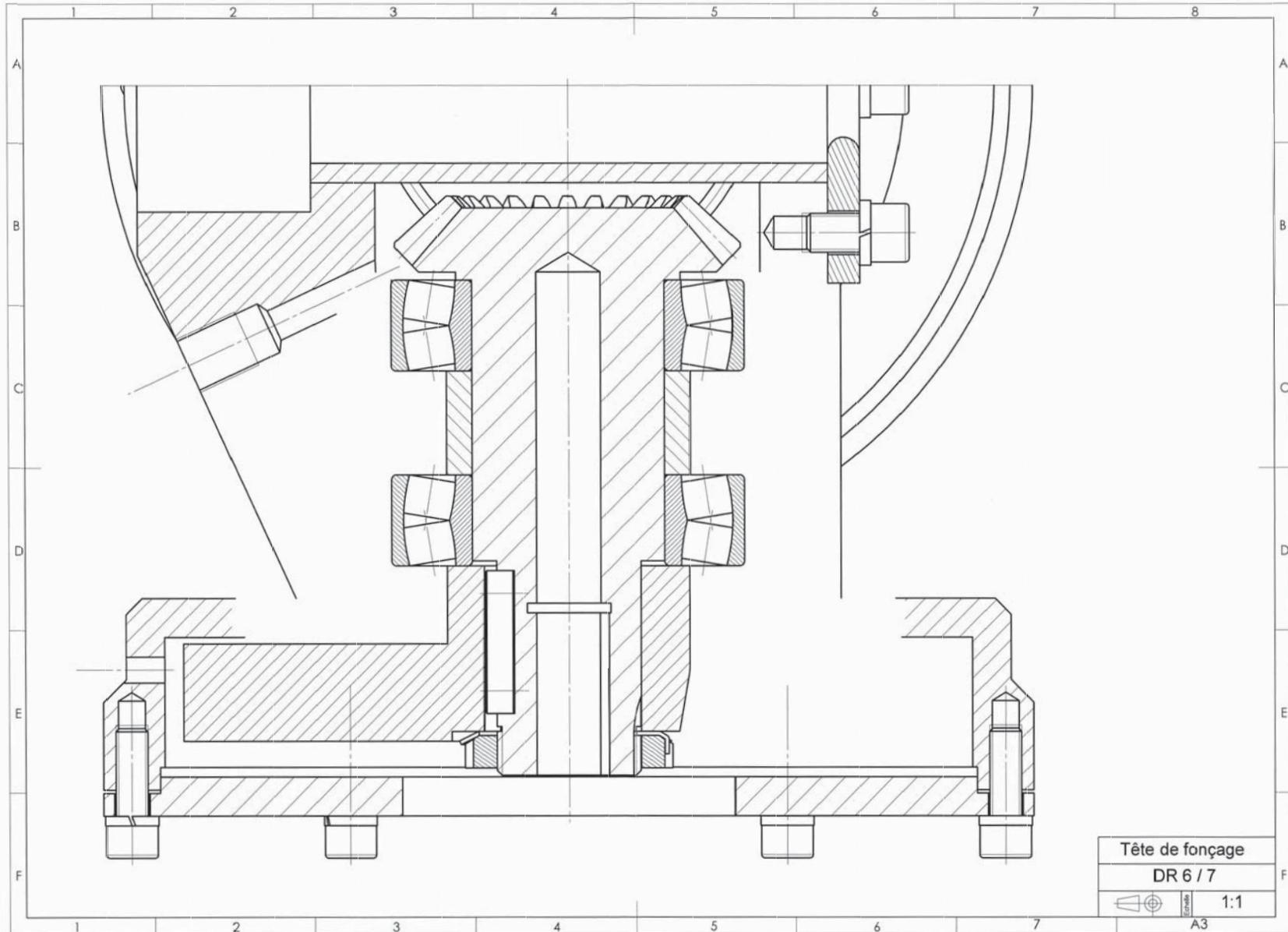
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

FE2-11.1



Tête de fonçage
DR 6 / 7
1:1
A3

Df

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

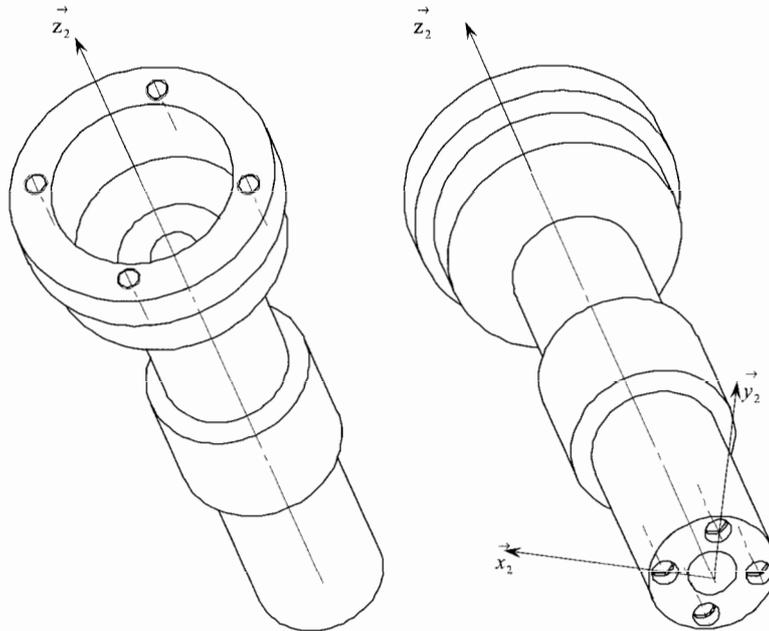
Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FE2-11.1

DR 7/7

R7 Modèle de l'enclume 82 pour un calcul des contraintes par éléments finis (la taille des cannelures n'est pas représentée).



Vue en coupe de l'extrémité inférieure

