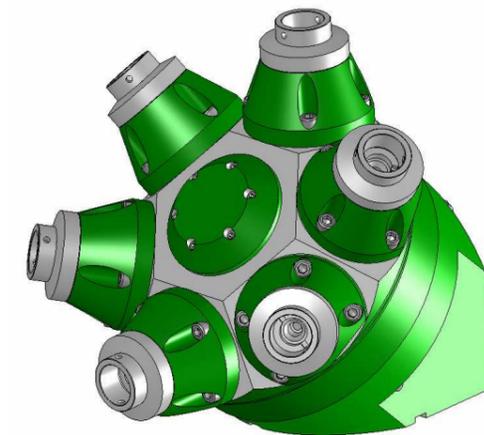


ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

TÊTE REVOLVER ETR36



Durée : 4 heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

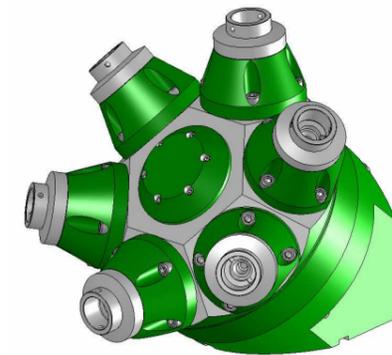
Le sujet comporte trois dossiers :

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

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

DOSSIER TECHNIQUE



- DT01 – Présentation (pages 1/3 à 3/3).
- DT02 – Ensemble avec baladeur reculé et tourelle entraînée.
- DT03 – Ensemble avec baladeur avancé et broche entraînée.
- DT04 – Nomenclature.
- DT05 – FAST de description de la fonction FP3.
- DT06 – Notice technique du servomoteur.
- DT07 – Documentation technique sur la fonte grise.
- DT08 – Tourelle : résistance et rigidité.
- DT09 – FAST de description du guidage en rotation de la broche.
- DT10 – Graphe de contact de l'ensemble broche.
- DT11 – Données techniques sur les roulements de précision.

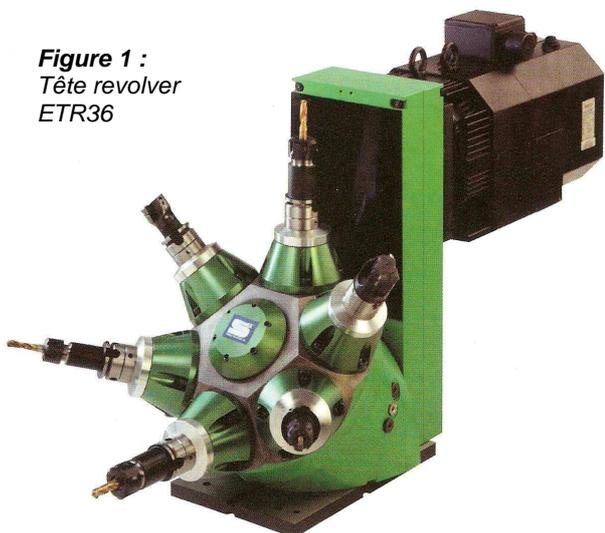
1 – PRÉSENTATION.

Depuis plus de vingt ans, la société **SOMEX** conçoit et fabrique des unités d'usinage de machines spéciales et standard : broches tournantes, unités de taraudage, unités d'avance, etc.

A ce jour, plusieurs dizaines de milliers d'unités d'usinage et plusieurs centaines de machines spéciales ont été installées à travers plus de 20 pays dans le monde.

2 – LA TÊTE REVOLVER ETR36.

Figure 1 :
Tête revolver
ETR36

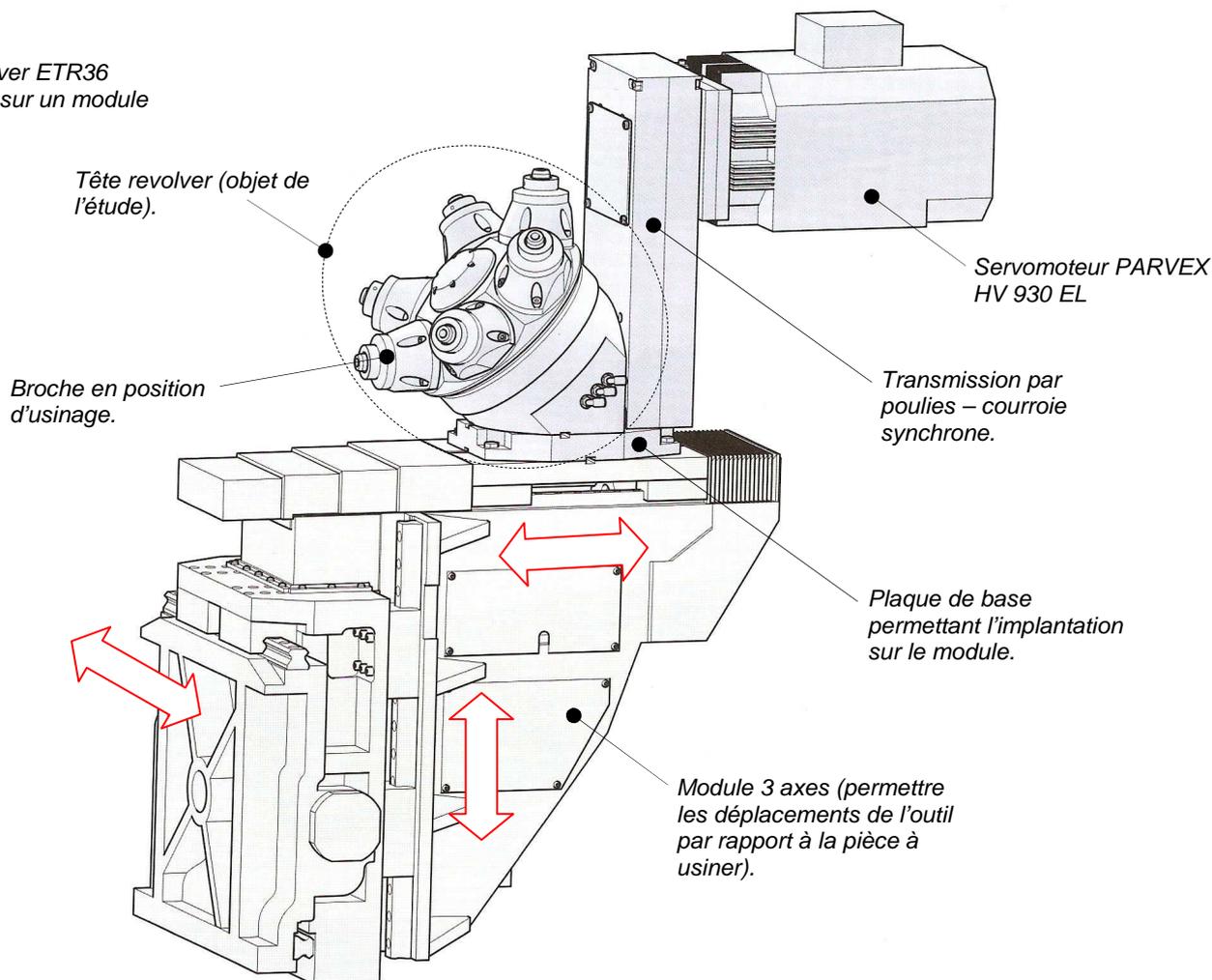


En usinage, la durée du cycle de production est fortement liée aux durées de changements d'outils. Afin d'optimiser cette durée, la société SOMEX produit, depuis quelques années, une tête revolver à 6 broches ETR36. Chacune des 6 broches de cette tête peut comporter des outils d'usinage simples ou multiples (figure 1).

Les usinages effectués avec cette tête sont des perçages, des taraudages et certaines opérations de fraisage.

La tête revolver ETR36, de construction particulièrement compacte et robuste, peut être implantée sur un module 3 axes (figure 2) ou sur une unité d'avance.

Figure 2 :
Tête revolver ETR36
implantée sur un module
3 axes.



3 – APPROCHE FONCTIONNELLE.

Le système étudié se limite à la tête revolver avec les broches (figure 3).

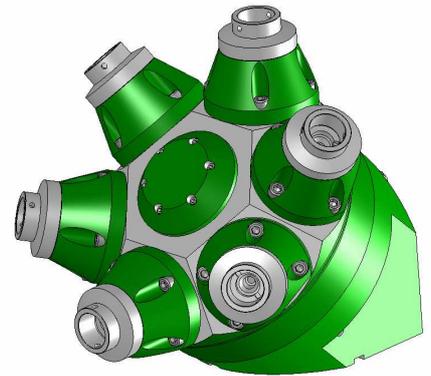
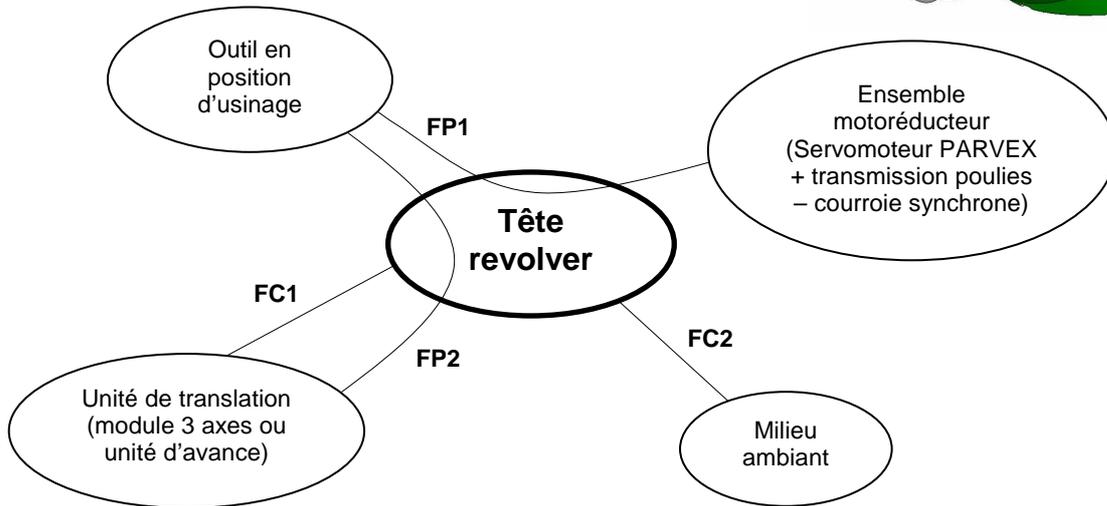
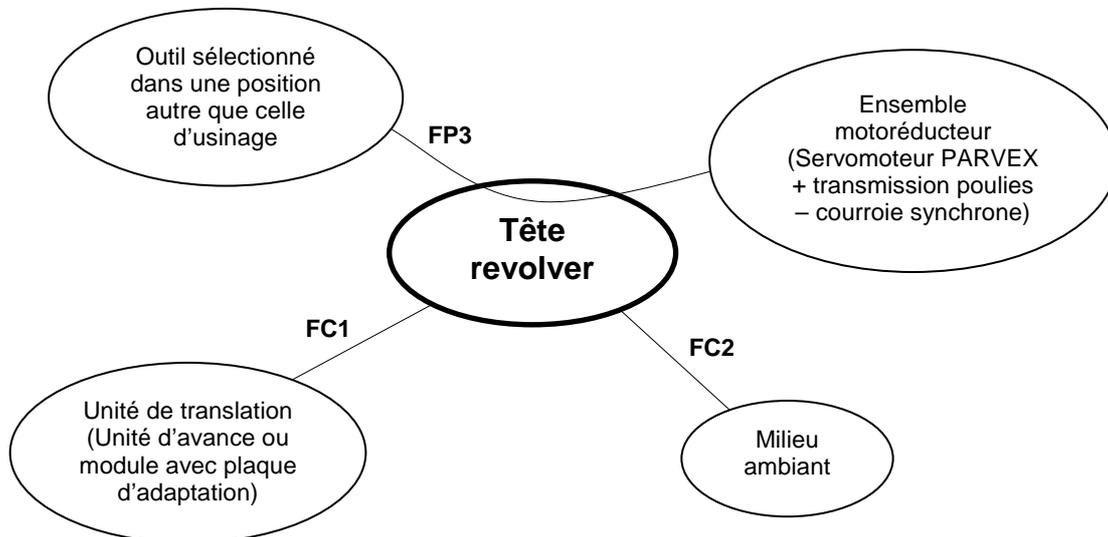


Figure 3 :
Objet de l'étude

3.1 – Diagramme des interacteurs en **phase d'usinage** :



3.2 – Diagramme des interacteurs en **phase de changement d'outil** :



FP1 : Transmettre la puissance du motoréducteur à l'outil.

FP2 : Assurer le positionnement de l'outil par rapport à l'unité de translation.

FP3 : Permettre au motoréducteur de placer l'outil en position d'usinage.

FC1 : S'adapter à l'unité de translation.

FC2 : Résister au milieu ambiant.

4 – APPROCHE TEMPORELLE. A lire avec les documents DT02 à DT05

Le GRAFCET simplifié ci-dessous permet de décrire les opérations permettant d'effectuer un changement d'outil. La gestion des positions angulaires des broches et des consignes de commande n'est pas abordée.

Figure 4 :
Représentation simplifiée du mécanisme écorché en position d'usinage

TOURELLE INDEXEE :
Le piston 4 du vérin simple effet, en position avancée, permet l'indexage de la tourelle via la couronne dentée

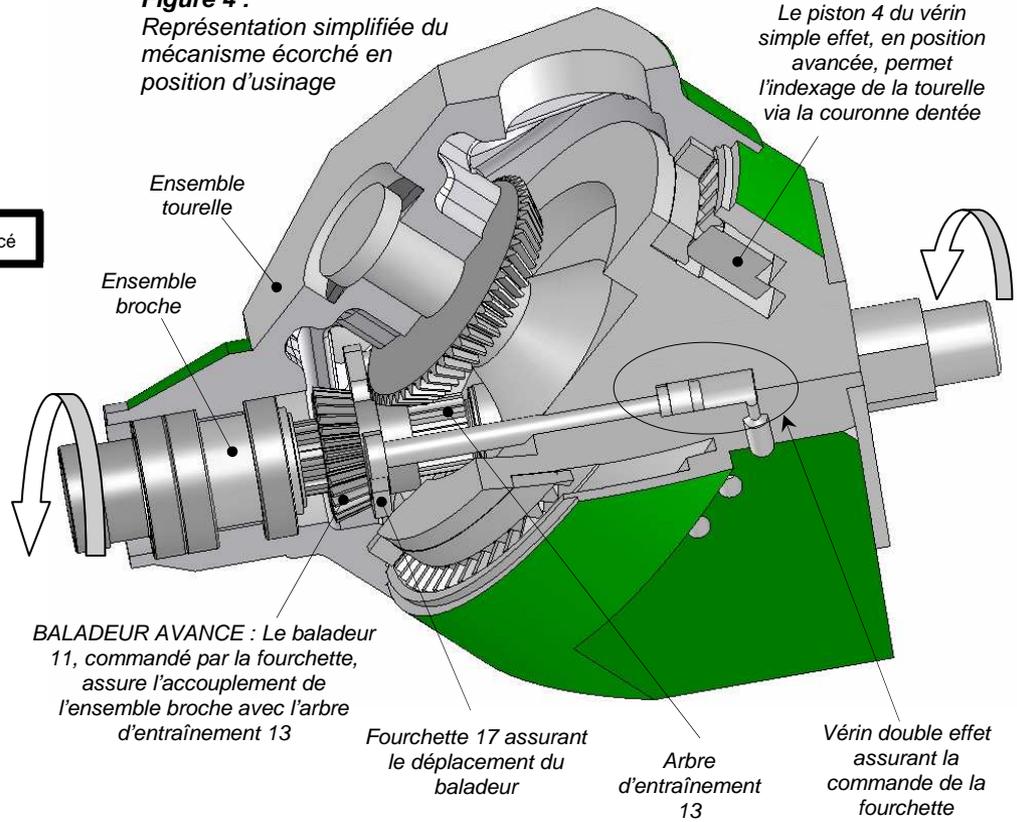
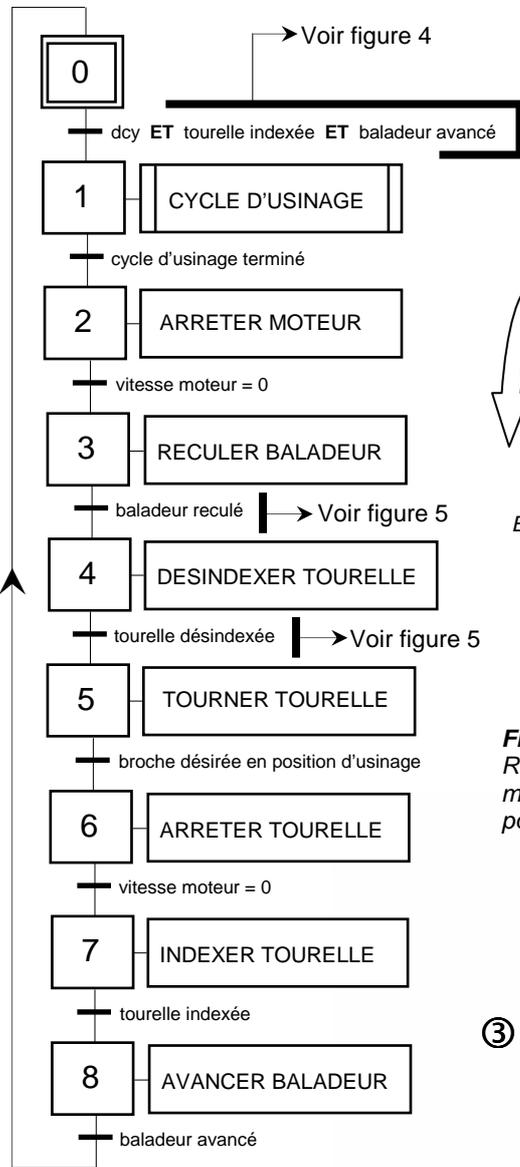
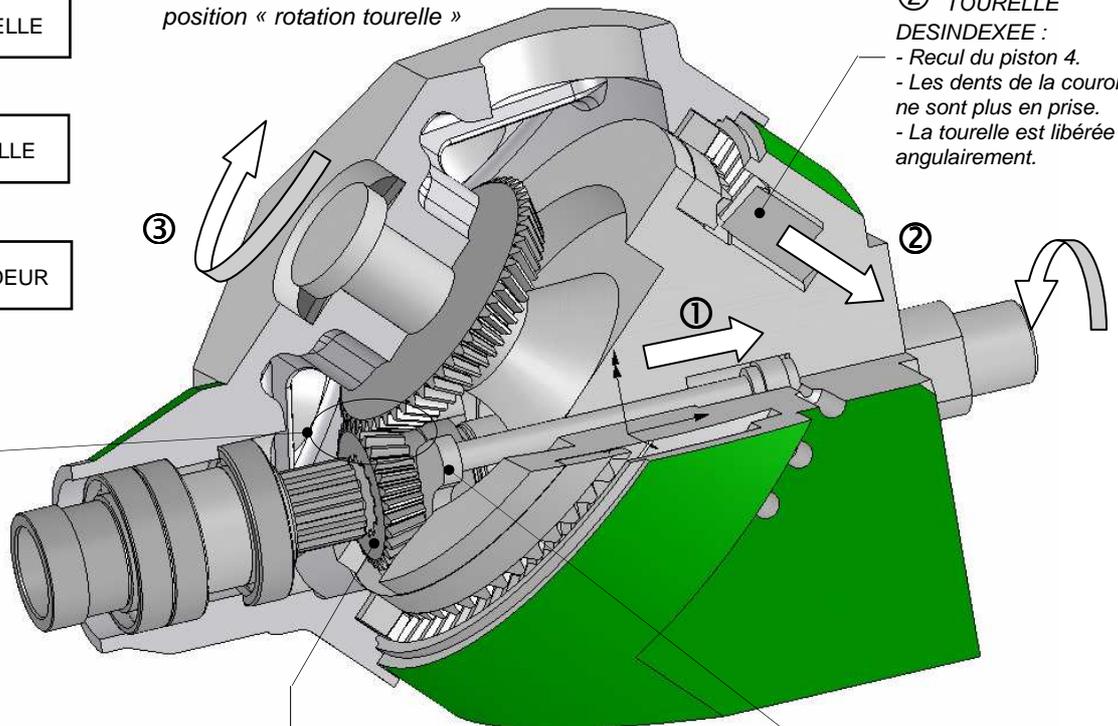


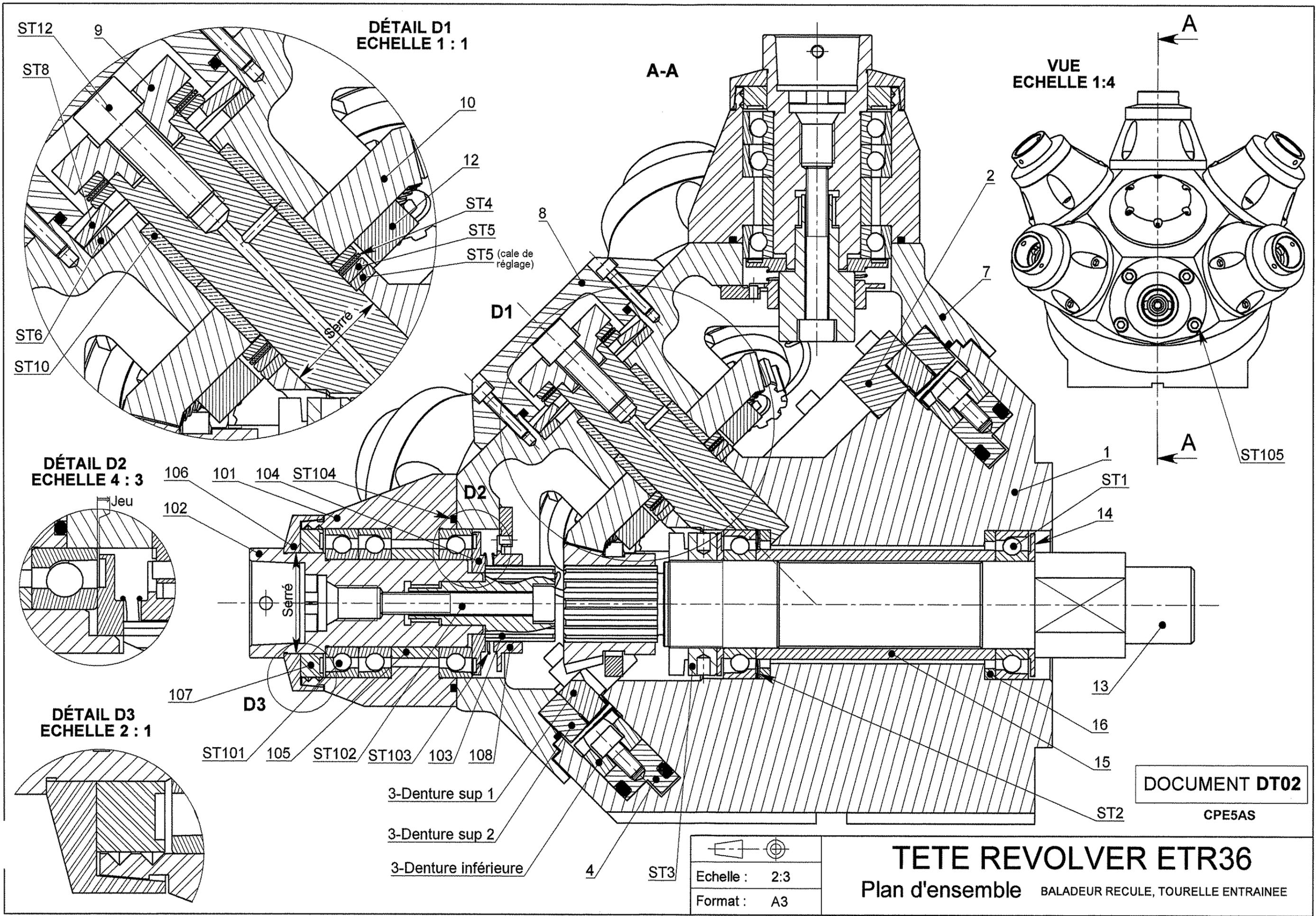
Figure 5 :
Représentation simplifiée du mécanisme écorché en position « rotation tourelle »

② TOURELLE DESINDEXEE :
- Recul du piston 4.
- Les dents de la couronne ne sont plus en prise.
- La tourelle est libérée angulairement.



③ TOURNER TOURELLE :
La puissance du moteur est transmise par l'engrenage conique et permet la rotation de la tourelle.

① BALADEUR RECULE :
- Le déplacement du vérin permet le recul de la fourchette 17.
- Le baladeur 11 est alors placé en position reculée.



DÉTAIL D1
ECHELLE 1 : 1

A-A

VUE
ECHELLE 1:4

DÉTAIL D2
ECHELLE 4 : 3

D2

DÉTAIL D3
ECHELLE 2 : 1

D3

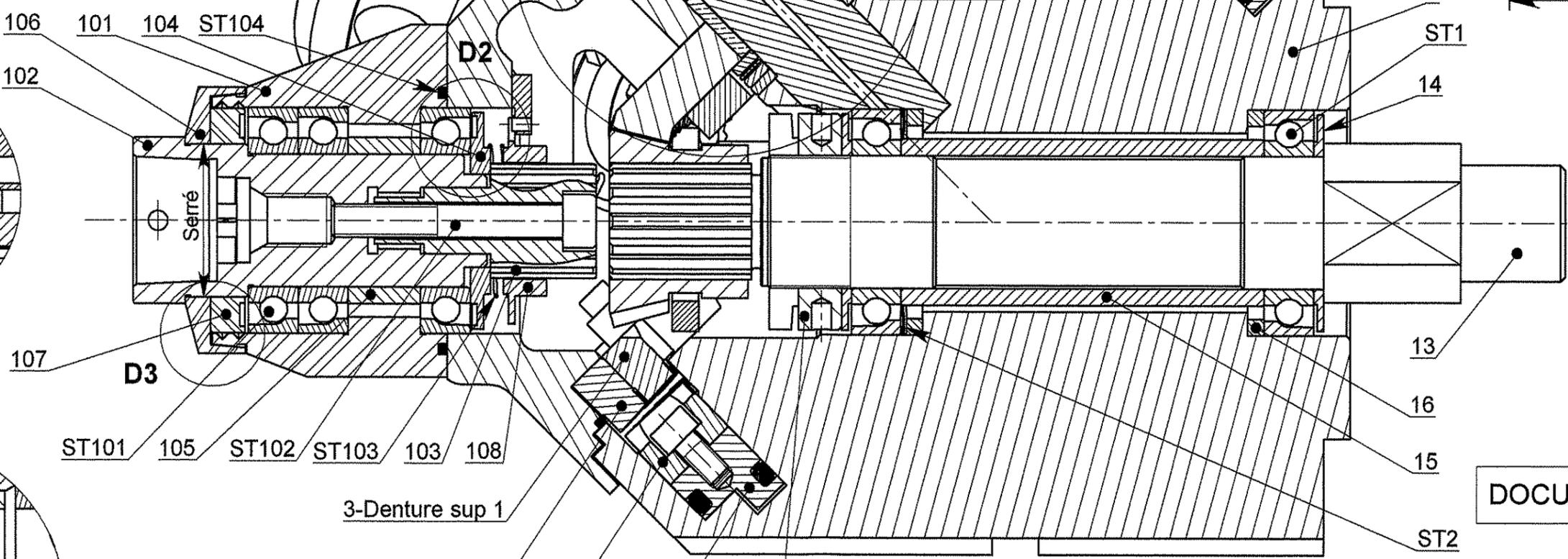
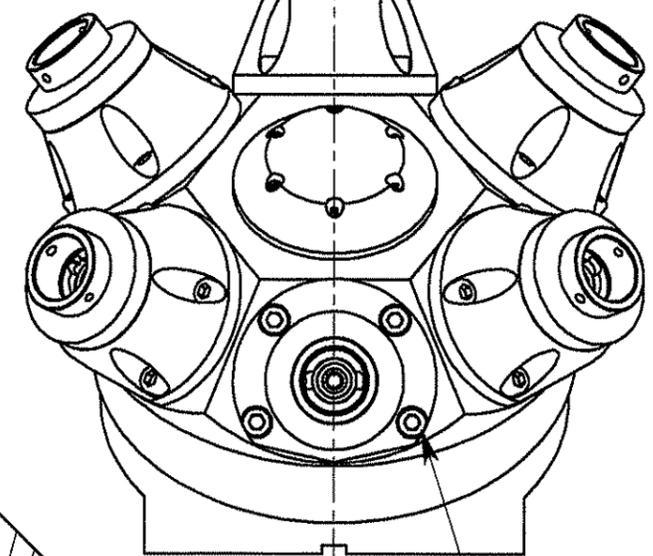
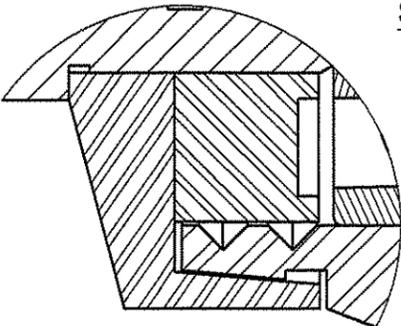
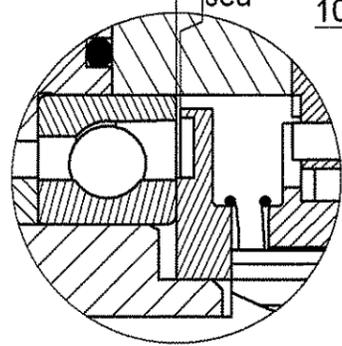
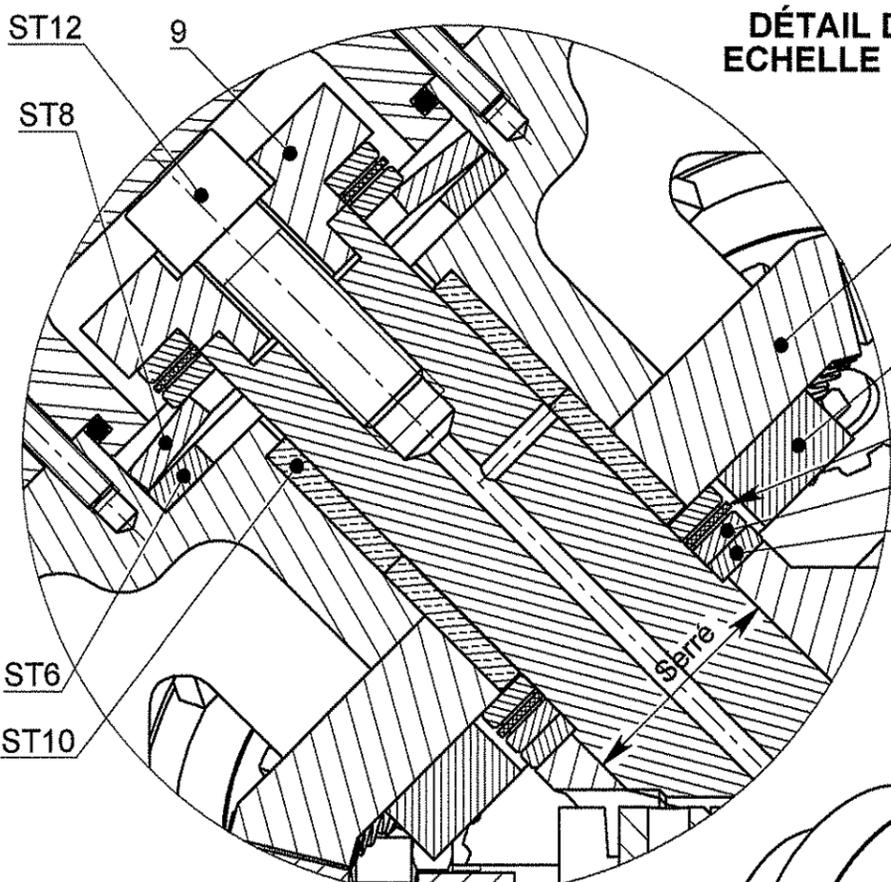
DOCUMENT DT02

CPE5AS

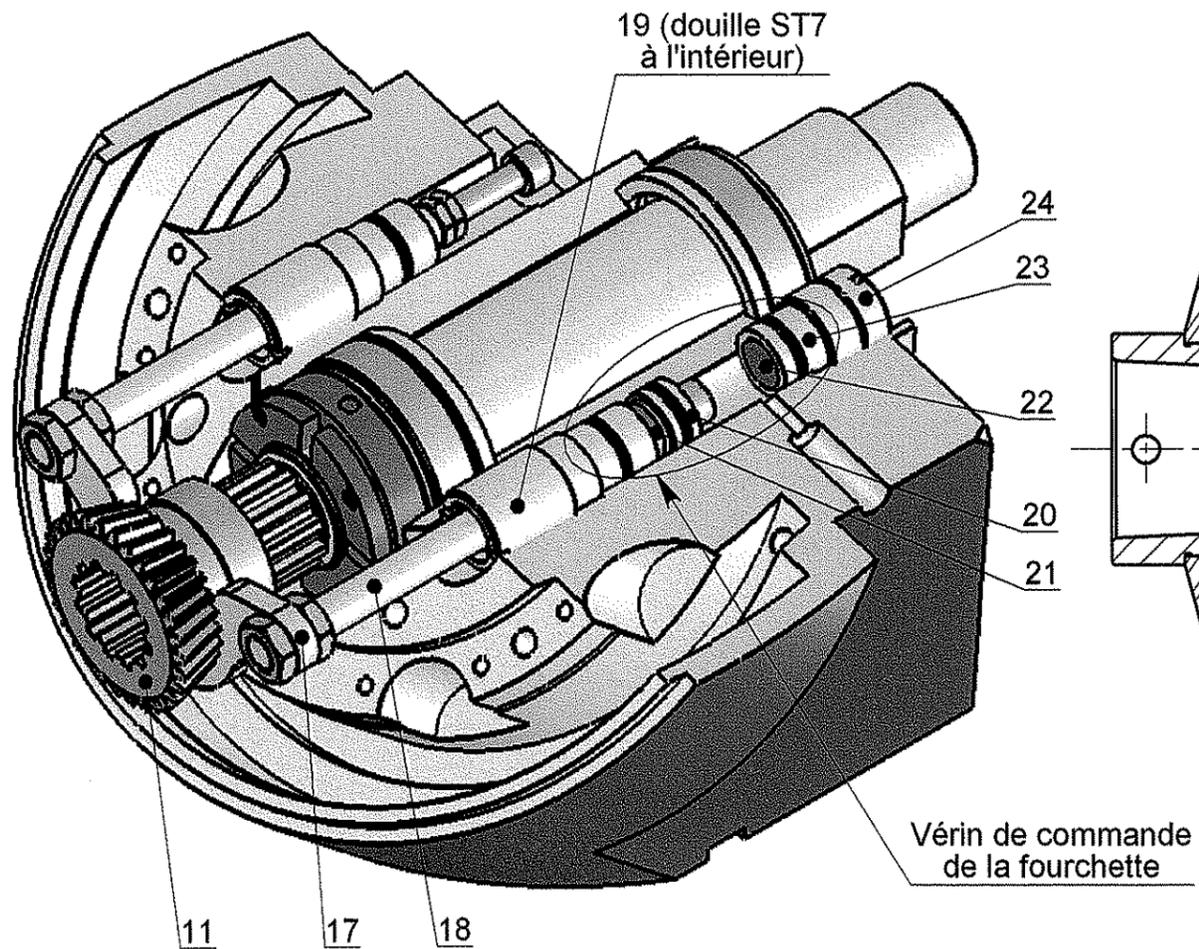
TETE REVOLVER ETR36
Plan d'ensemble BALADEUR RECULE, TOURELLE ENTRAINÉE

Echelle :	2:3
Format :	A3

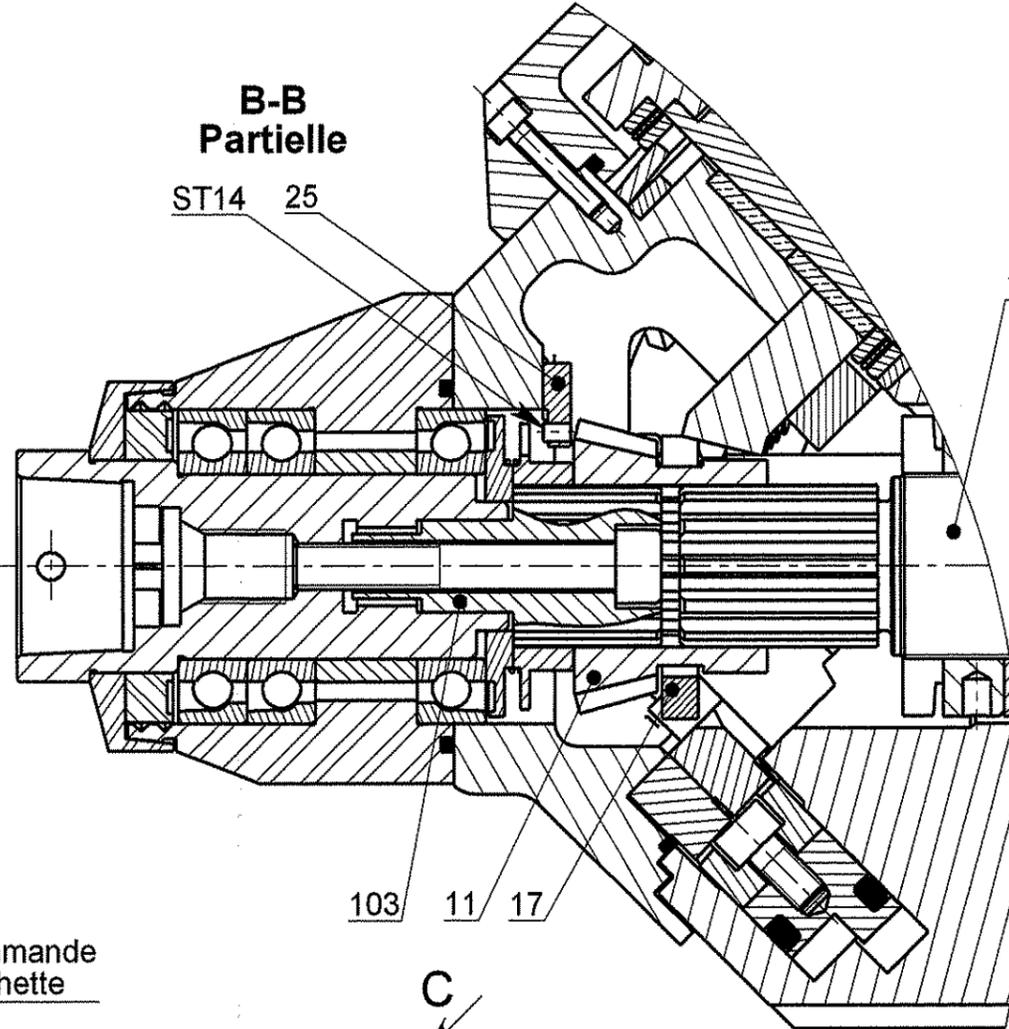
- 3-Denture sup 1
- 3-Denture sup 2
- 3-Denture inférieure



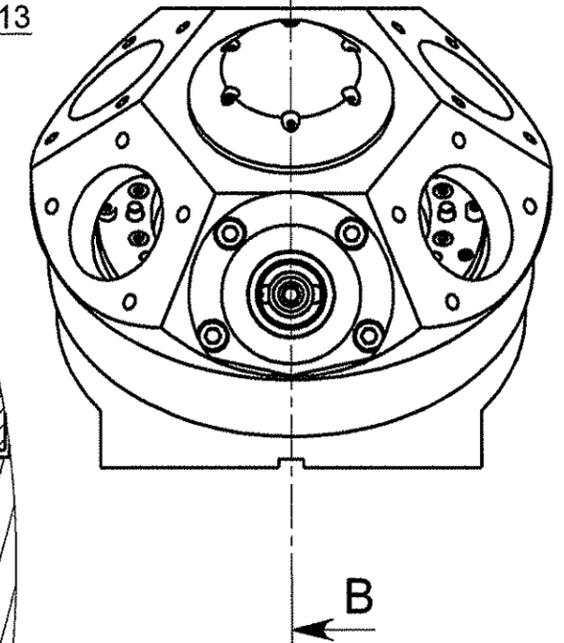
VUE PARTIELLE EN PERSPECTIVE
ECHELLE 1:2



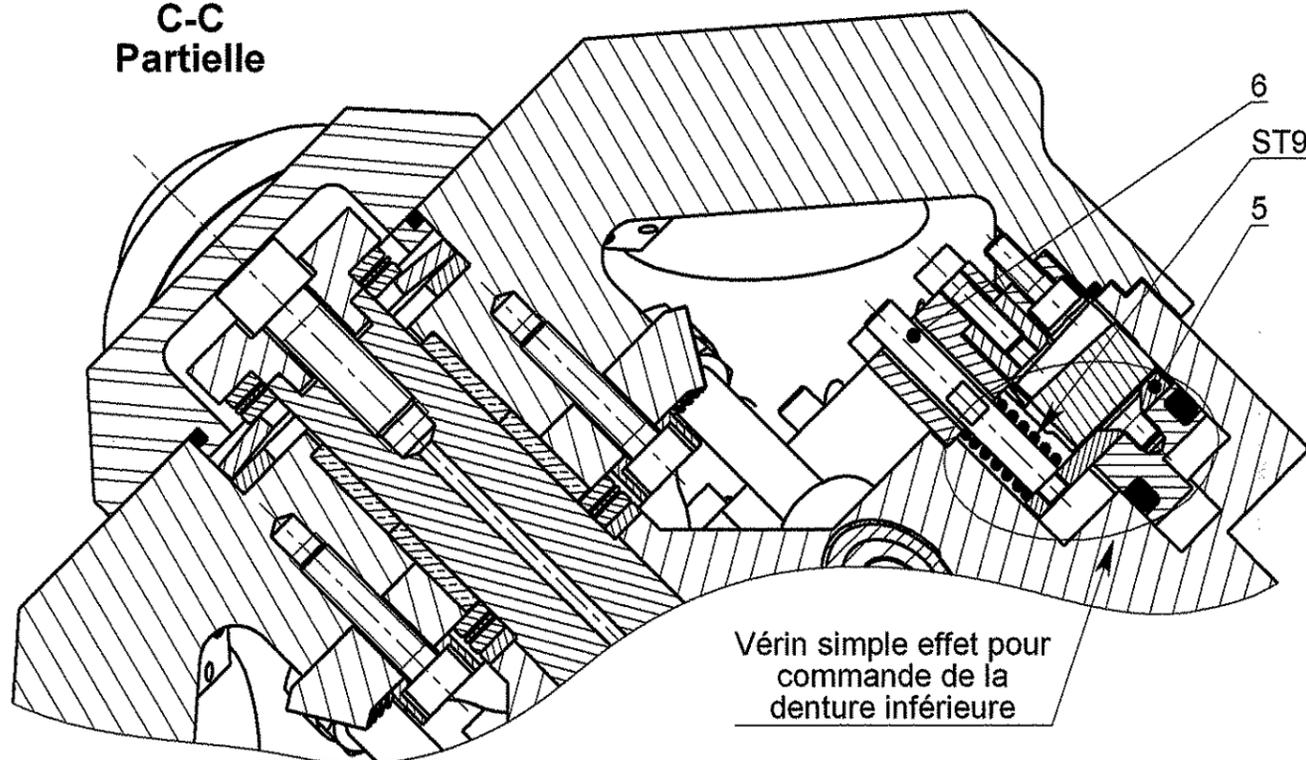
B-B
Partielle



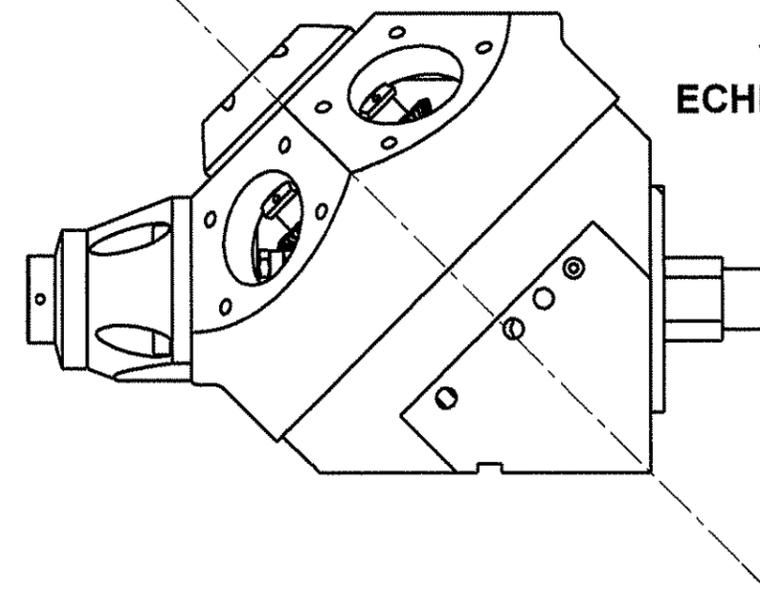
VUE
ECHELLE 1:4



C-C
Partielle



VUE
ECHELLE 1:4



Pour simplifier la lecture du plan, la tête revolver n'est représentée qu'avec la broche en position travail.

DOCUMENT DT03

CPE5AS

Echelle :	2:3
Format :	A3

TETE REVOLVER ETR36

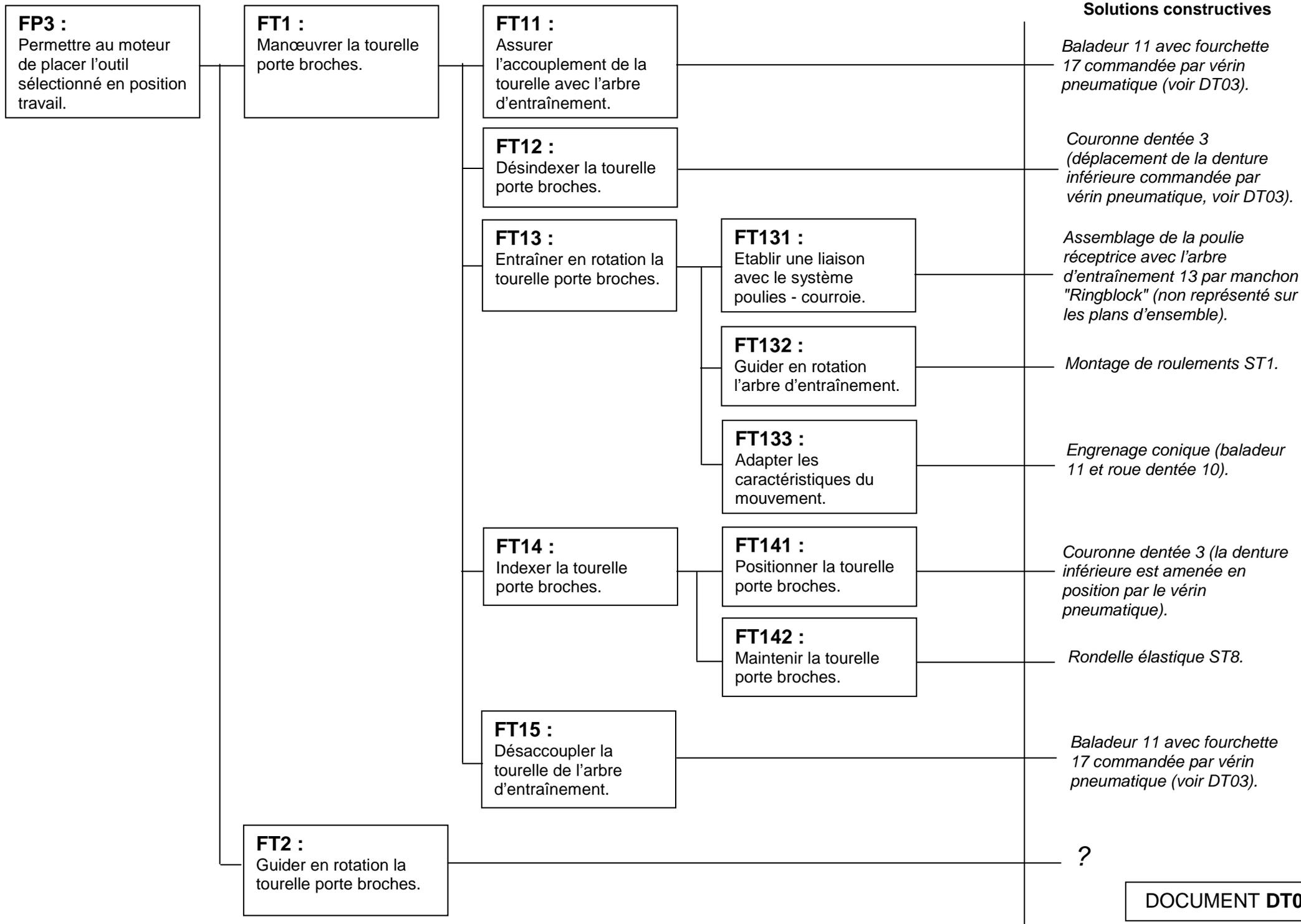
Plan d'ensemble

BALADEUR AVANCE, BROCHE ENTRAINEE, TOURELLE INDEXEE

NOMENCLATURE PARTIELLE DE LA TETE REVOLVER ETR36 (SANS LES BROCHES)				
Réf.	Nbre	Désignation	Matière	Observations
1	1	Base : Partie basse Axe fretté	40 Cr Mn Mo 8	
			35 Ni Cr Mo 16	
2	1	Bride	40 Cr Mn Mo 8	
3	1	Couronne de HIRTH : Denture inférieure (liée au piston) Denture supérieure 1 (liée à la base) Denture supérieure 2 (liée à la tourelle)		Fabricant : TEDISA La couronne comprend 3 pièces.
4	1	Piston	C 35	
5	6	Plaquette	Acier	
6	6	Pinule	Acier	
7	1	Tourelle	EN GJL-250	
8	1	Couvercle	EN AW-2024 [AlCu4Mg1]	
9	1	Butée	C 35	
10	1	Roue dentée conique	35 Ni Cr Mo 16	60 dents
11	1	Baladeur	35 Ni Cr Mo 16	30 dents
12	1	Bride	C 35	
13	1	Arbre d'entraînement	42 Cr Mo 4	
14	2	Défecteur	Acier	
15	1	Entretoise	Acier	Ø40-Ø50-110
16	2	Entretoise	Acier	Ø58-Ø68-5
17	1	Fourchette	42 Cr Mo 4	Traitée
18	2	Tige de piston	Acier	
19	2	Guide	Acier	
20	1	Piston	Acier	
21	1	Amortisseur avant	Polyamide	
22	1	Amortisseur arrière	Polyamide	
23	1	Bouchon	Acier	
24	1	Contre écrou	Acier	M26x1,5
25	6	Plaquette d'indexage	Acier	
ST1	2	Roulement de précision NSK		
ST2	1	Rondelle ondulée		
ST3	1	Ecrou AM 40		
ST4	2	Cage à aiguilles ASK 3047		
ST5	5	Rondelle LS 3047 pour cage ASK 3047		
ST6	1	Rondelle LS 5070 pour butée à rouleaux		
ST7	2	Douille à billes KH 1228		
ST8	1	Rondelle ressort DIN 2093		Ø70-Ø40,5-4
ST9	6	Ressort T2 8x12,5x40		
ST10	2	Coussinet BP25 30x38x24		METAFRAM
ST11	6	Vis CHC ISO 4762-M5x25-8.8		
ST12	1	Vis CHC ISO 4762-M12x35-8.8		
ST13	12	Vis FHC ISO 10642-M4x12-8.8		
ST14	6	Goupille cylindrique 4x6		

NOMENCLATURE BROCHE HSK 50 POUR TETE REVOLVER ETR36				
Réf.	Nbre	Désignation	Matière	Observations
101	1	Corps de broche	EN AW-7075 [AlZn5MgCu]	
102	1	Arbre de broche	16 Mn Cr 5	Traité
103	1	Entraîneur cannelé	Acier	Traité
104	1	Bague d'appui	C 35	
105	1	Entretoise	C 35	
106	1	Défecteur	EN AW-2024 [AlCu4Mg1]	
107	1	Bague de protection	EN AW-2024 [AlCu4Mg1]	
108	1	Indexeur de broche	Acier	
ST101	3	Roulement de précision NSK		Classe précision P4A
ST102	1	Vis CHC ISO 4762-M10x70-8.8		
ST103	1	Ressort de compression		
ST104	1	Joint torique		
ST105	4	Vis CHC ISO 4762-M10x25-8.8		

FAST DE DESCRIPTION DE LA FONCTION FP3



Fiche technique du moteur utilisé pour la tête revolver ETR36

SERVOMOTEURS SANS BALAIS
HV930EL
 ELECTRONIQUE DE COMMANDE
DIGIVEX 50/80 - 400

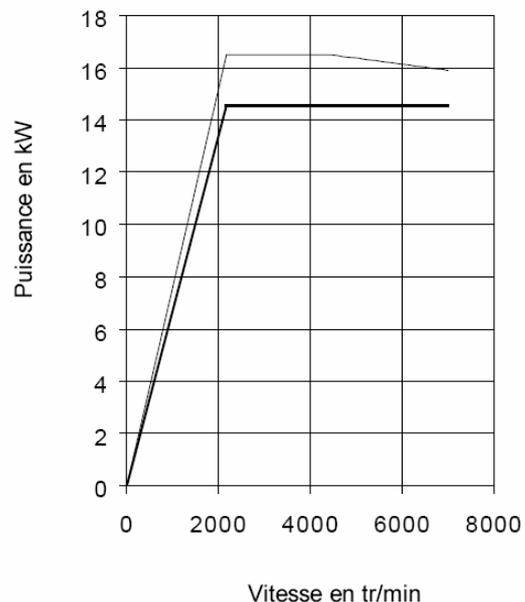
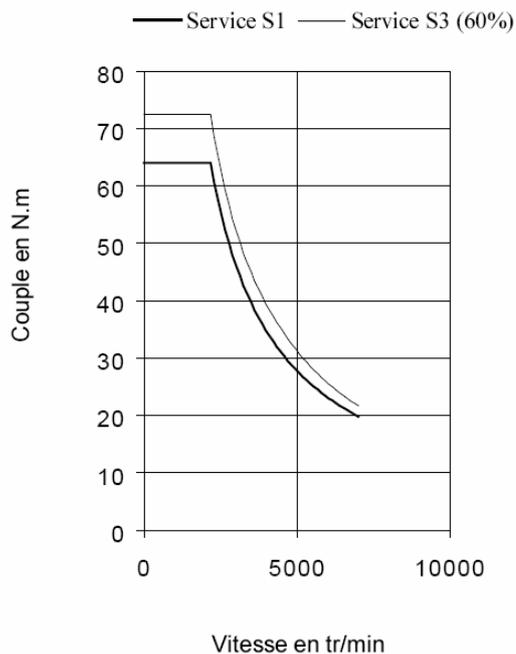
PARVEX
 8 avenue du Lac / BP249
 F-21007 DIJON Cedex

<i>Puissance en service S1</i>	14.5	<i>kW</i>	<i>Ps1</i>
<i>Puissance en service S3</i>	16.5	<i>kW</i>	<i>Ps3</i>
<i>Couple permanent en rotation lente</i>	64	<i>N.m</i>	<i>M_o</i>
<i>Couple en service S3 et rotation lente</i>	72.5	<i>N.m</i>	<i>M_{oS3}</i>
<i>Vitesse de base</i>	2170	<i>tr/mn</i>	<i>Nb</i>
<i>Vitesse maximale</i>	7000	<i>tr/mn</i>	<i>Nmax</i>
<i>Tension d'alimentation continue en charge</i>	530	<i>V</i>	<i>Û</i>
<i>Courant permanent en rotation lente</i>	43.1	<i>Â</i>	<i>Î_o</i>
<i>Courant en service S3 et en rotation lente</i>	50	<i>Â</i>	<i>Î_{oS3}</i>
<i>Résistance du bobinage (25°C)*</i>	0.464	<i>Ω</i>	<i>Rb</i>
<i>Inertie rotor</i>	0.018	<i>kg.m²</i>	<i>J</i>
<i>Constante de temps thermique</i>	20	<i>min</i>	<i>Tth</i>
<i>Masse moteur</i>	50	<i>kg</i>	<i>M</i>
<i>Refroidissement</i>	Ventilation forcée		

Toutes les données sont en valeurs typiques pour des conditions d'utilisation standard

* entre deux phases

Tension et courants donnés en valeurs crêtes



Données extraites d'une base de données sur les matériaux.

Fonte, grise

Description

Le Matériau

Les fondations de la société industrielle moderne sont, pour ainsi dire, coulées dans la fonte : c'est le matériau qui a rendu possible la révolution industrielle. Aujourd'hui, il détient une seconde distinction : celle d'être le meilleur marché de tous les métaux d'ingénierie. Les fontes de fer contiennent au minimum 2 % de carbone – la plupart en contiennent 3 à 4 % - et de 1 à 3 % de silicium. Le carbone rend le fer très fluide lorsqu'il est fondu, lui permettant d'être coulé dans des formes compliquées.

Il y a cinq classes de fonte de fer : la grise, la blanche, la ductile (ou nodulaire), la malléable et les alliages ; Les détails sont donnés dans la section Guide de Conception, ci-dessous. Les deux types de fontes qui sont les plus utilisées sont la fonte grise et la fonte ductile.

Cette fiche s'applique à la fonte grise.

Composition

Fe/3,2-4,1%C/1,8-2,8%Si/<0,8%Mn/<0,1%P/<0,03%S

Propriétés Générales

Masse Volumique	7050	-	7250	kg/m ³
	(EN GJL-250 : ρ = 7200 kg/m ³)			
Prix	* 0.4581	-	0.5039	EUR/kg

Propriétés Mécaniques

Module de Young	80	-	138	GPa
Module de cisaillement	31	-	57	GPa
Module de compressibilité	130	-	140	GPa
Coefficient de Poisson	0.26	-	0.28	
Mesure de dureté Vickers	90	-	310	HV
Limite élastique	140	-	420	MPa
Résistance en traction	140	-	448	MPa
Résistance à la compression	500	-	1100	MPa
Allongement	0.17	-	0.7	%
Limite de fatigue	40	-	170	MPa
Ténacité	10	-	24	MPa.m ^{1/2}
Coefficient d'amortissement	* 0.01	-	0.04	

Propriétés Thermiques

Conducteur ou isolant thermique?	Bon conducteur			
Conductivité thermique	40	-	72	W/m.K
Coefficient de dilatation	11	-	12.5	µstrain/°C
Chaleur spécifique	430	-	495	J/(kg.K)
Température de fusion	1130	-	1377	°C
Température maximale d'utilisation	349.9	-	450	°C
Température minimale d'utilisation	-150	-	-50	°C

Propriétés Electriques

Conducteur ou isolant électrique?	Bon conducteur			
Résistivité électrique	62	-	86	µohm.cm

Propriétés Optiques

Transparent ou opaque?	Opaque			
------------------------	--------	--	--	--

Propriétés Environnementales, production du matériau

Energie nécessaire à la production	16.4	-	18.2	MJ/kg
Dioxyde de carbone rejeté	0.97	-	1.07	kg/kg

Propriétés Environnementales, traitement

Moulage	2.757	-	3.37	MJ/kg
Forgeage, laminage	5.121	-	6.258	MJ/kg
Usinage (par unité de poids enlevé)	3.622	-	4.427	MJ/kg
Méthodes des poudres, métal	22.82	-	27.89	MJ/kg
Vaporisation	17.46	-	21.34	MJ/kg

Propriétés Environnementales, recyclage et élimination

Recyclable	True
Réutilisable	True
Biodégradable	False
Incinerabilité	False
Entreposable dans une décharge	True
Une ressource renouvelable ?	False

L'Environnement

Il faut relativement peu d'énergie pour faire de la fonte de fer du moins si on s'en tient à la famille des métaux; elle a une longévité exceptionnelle et on la recycle facilement. La pollution causée par les hauts-fourneaux dans lesquels on la fabrique fut à une certaine époque un problème majeur ; mais, la technologie moderne l'a totalement éliminée.

Possibilités de traitement (échelle de 1 = impraticable à 5 = excellent)

Aptitude à fondre	5
Formabilité	1 - 2
Usinabilité	4
Soudabilité	1
Aptitude au soudage/brasage	1 - 2

Durabilité

Inflammabilité	Non-inflammable
Résistance à l'eau douce	Bon
Résistance à l'eau de mer	Moyen
Résistance aux acides faibles	Bon
Résistance aux acides forts	Mauvais
Résistance aux bases faibles	Très bon
Résistance aux bases fortes	Moyen
Résistance aux solvants organiques	Très bon
Résistance aux UV	Très bon
Oxydation à 500°C	Bon

Informations Supplémentaires

Recommandations pour la conception

Il y a cinq types de fonte de fer. 1) La fonte de fer grise que l'on peut facilement usiner, elle amortit bien les vibrations, est relativement cassante et offre une faible résistance en traction; en automobile, c'est le matériau des blocs de cylindres, des tuyères d'échappement, des disques et des tambours de frein, des engrenages et des volants. 2) La fonte de fer blanche que l'on fait par coulée en moule refroidi pour donner une vitesse élevée de refroidissement en surface. Elle est beaucoup plus dure que la fonte grise ; on utilise cette fonte blanche lorsque doit avoir une résistance à l'usure ou une résistance mécanique comme pour les rouleaux de laminoirs, les lames pour broyeurs ou mélangeurs. 3) La fonte de fer nodulaire (ductile) qui contient des additifs qui provoquent la formation de sphérules à partir des feuillets de graphite qui sont présents dans la fonte grise. Ceci donne un matériau plus résistant aux chocs et plus solide mais avec perte de sa capacité d'amortissement ; on l'utilise pour des arbres de transmission et des engrenages très résistants ainsi que pour des tuyaux et raccords de canalisations de grands diamètres fonctionnant sous pression (addition personnelle d'une application importante). 4) La fonte de fer malléable, que l'on fait par traitement par la chaleur de la fonte de fer blanche, elle est ductile et on peut facilement l'usiner; on l'utilise pour des pièces soumises à des conditions d'utilisation sévères dans des voitures, des camions et du matériel roulant de chemin de fer. 5) Finalement, les alliages de fonte de fer qui contiennent jusqu'à 35 % de chrome ou de nickel ; ils résistent à la corrosion et ont une résistance mécanique élevée mais ils sont beaucoup plus coûteux.

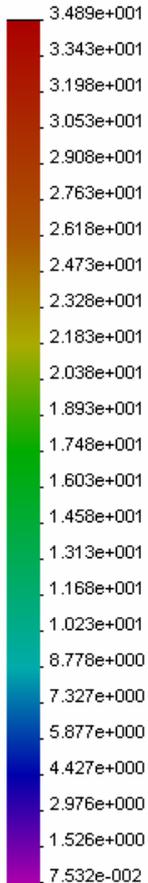
Modélisation retenue pour l'étude des contraintes et des déplacements :

Les points de la surface d'appui de la couronne dentée sont fixes.
 Les points de l'alésage recevant les coussinets ont un déplacement radial nul

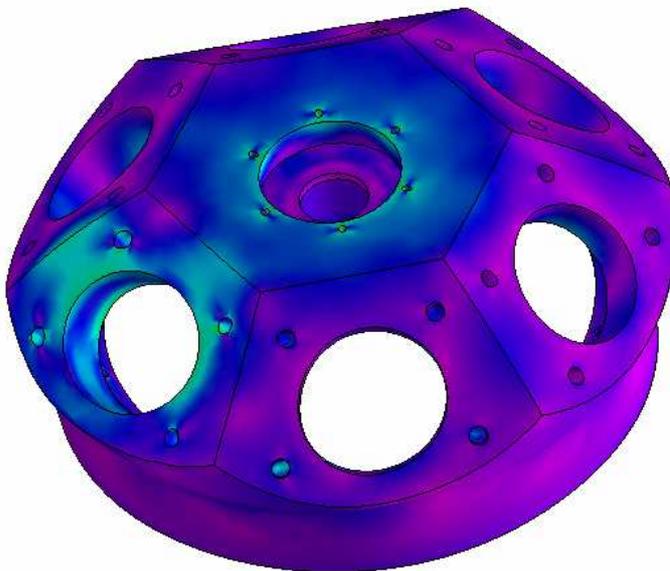
Force normale sur une surface modélisant l'action de la rondelle élastique

Force à distance modélisant l'effort de coupe sur l'outil

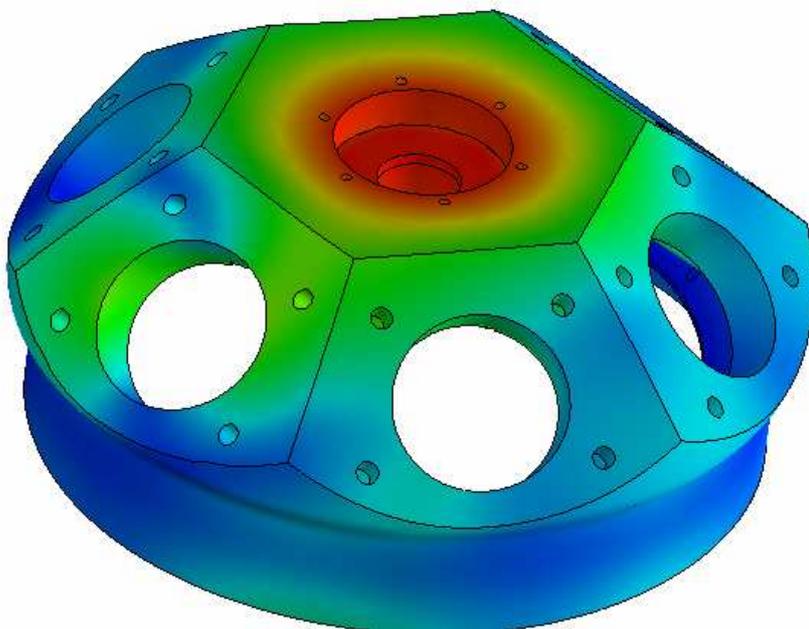
von Mises (N/mm² (MPa))



Etude des contraintes de Von Mises :



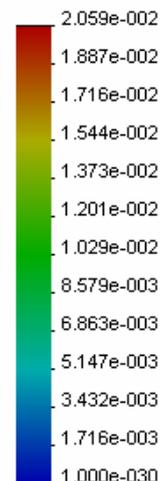
Etude des déplacements (URES déplacement résultant) :



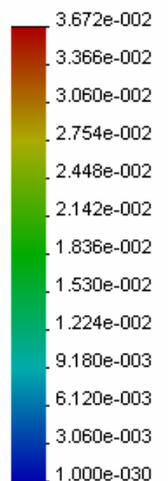
FG
URES (mm)



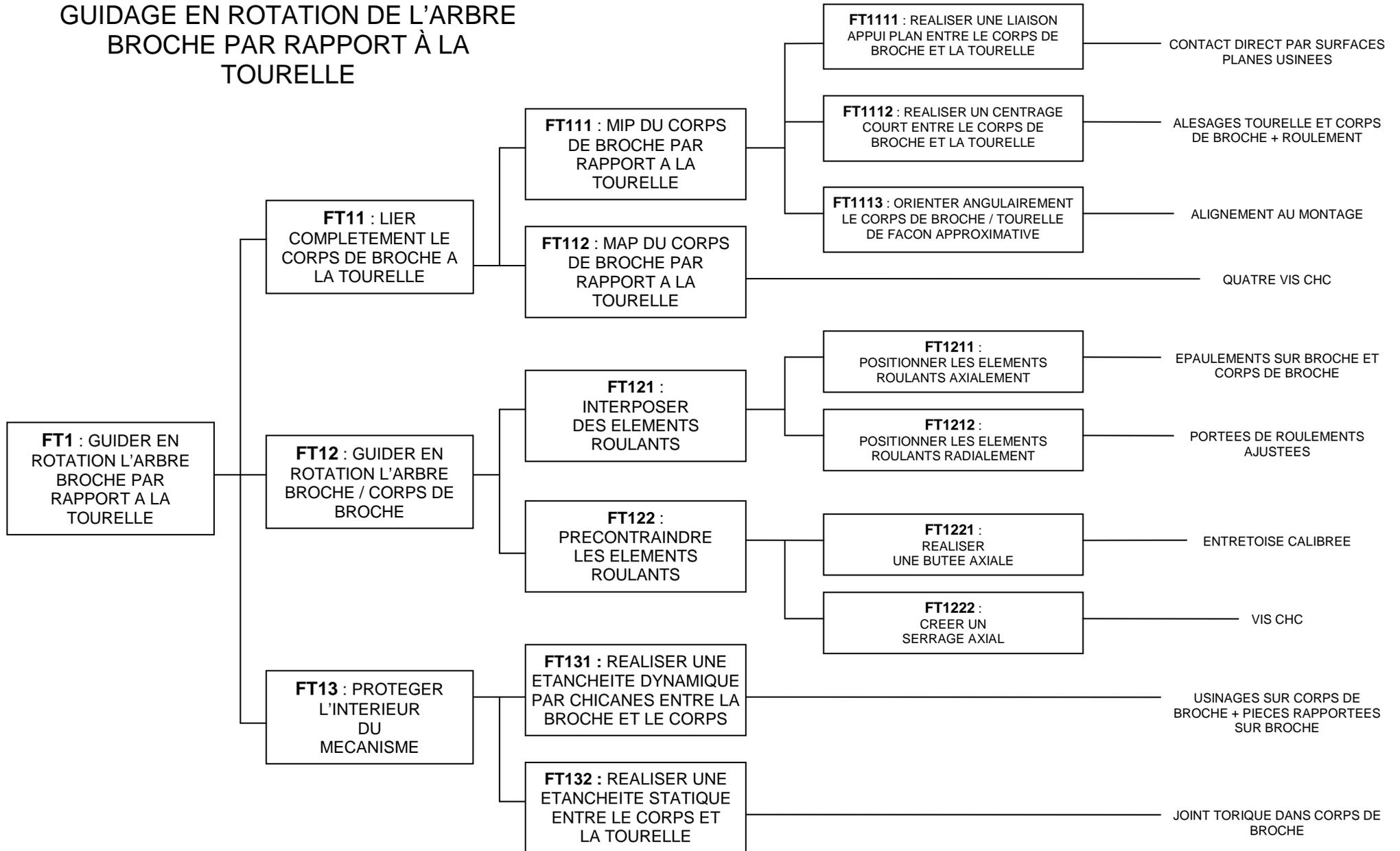
ALU
URES (mm)



MAG
URES (mm)



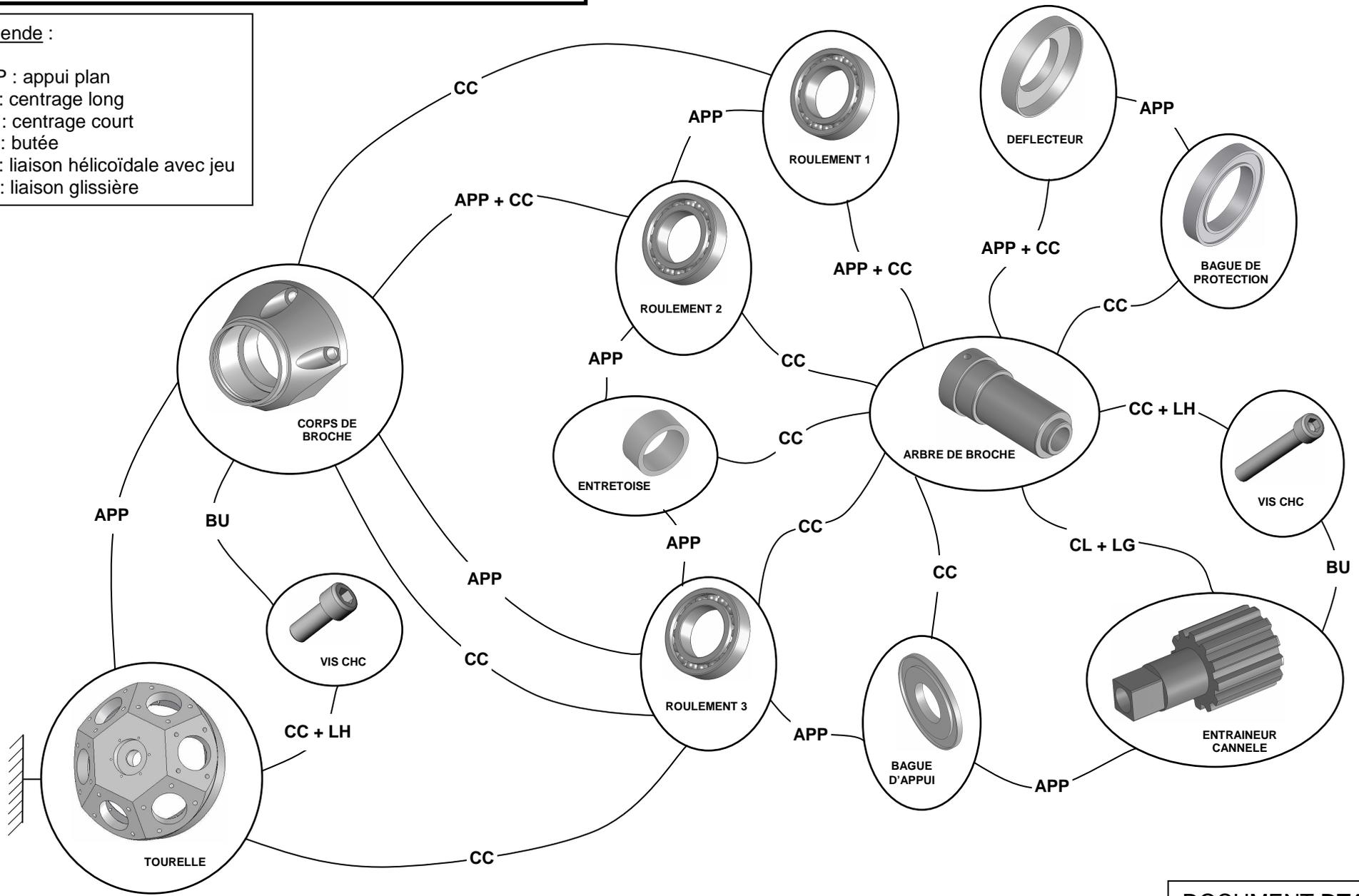
FAST DE DESCRIPTION GUIDAGE EN ROTATION DE L'ARBRE BROCHE PAR RAPPORT À LA TOURELLE



MIP : Mise en Position.
MAP : MAintien en Position

GRAPHE DE CONTACT : ARBRE DE BROCHE

Légende :
 APP : appui plan
 CL : centrage long
 CC : centrage court
 BU : butée
 LH : liaison hélicoïdale avec jeu
 LG : liaison glissière



ROULEMENTS DE PRECISION

COTES ISO POUR ARBRES EN ACIER

Type de roulement	Diamètre d'arbre		Tolérance	
	Au-dessus de	Jusqu'à inclus	Classe de précision des roulements P4A, SP, P4C PA9A, UP	
	mm	mm		
Roulements à billes à contact oblique				
Avec charge tournante sur bague extérieure	–	240	h4	h3
Avec charge tournante sur bague intérieure	–	240	js4	js3
Roulements à rouleaux cylindriques				
A alésage cylindrique		40	js4	–
	40	140	k4	–
	140	200	m5	–
	200	240	n5	–
Butées à billes à contact oblique				
Simple effet	–	130	h4	–
Double effet	–	200	h4	h3

TOLERANCES ISO

Arbre diamètre nominal		Tolérance h4		h3		js3		js4		js5	
Au-dessus de	Jusqu'à Incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm									
6	10	0	–4	0	–2,5	+1,25	–1,25	+2	–2	+3	–3
10	18	0	–5	0	–3	+1,5	–1,5	+2,5	–2,5	+4	–4
18	30	0	–6	0	–4	+2	–2	+3	–3	+4,5	–4,5
30	50	0	–7	0	–4	+2	–2	+3,5	–3,5	+5,5	–5,5
50	80	0	–8	0	–5	+2,5	–2,5	+4	–4	+6,5	–6,5
80	120	0	–10	0	–6	+3	–3	+5	–5	+7,5	–7,5
120	180	0	–12	0	–8	+4	–4	+6	–6	+9	–9
180	250	0	–14	0	–10	+5	–5	+7	–7	+10	–10
250	315	0	–16	0	–12	+6	–6	+8	–8	+11,5	–11,5

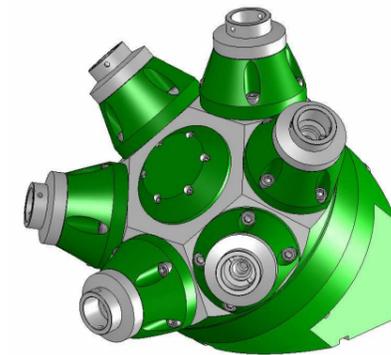
Arbre diamètre nominal		Tolérance js6		k4		k5		m5		n5	
Au-dessus de	Jusqu'à Incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm									
6	10	+4,5	–4,5	+5	+1	+7	+1	+12	+6	+16	+10
10	18	+5,5	–5,5	+6	+1	+9	+1	+15	+7	+20	+12
18	30	+6,5	–6,5	+8	+2	+11	+2	+17	+8	+24	+15
30	50	+8	–8	+9	+2	+13	+2	+20	+9	+28	+17
50	80	+9,5	–9,5	+10	+2	+15	+2	+24	+11	+33	+20
80	120	+11	–11	+13	+3	+18	+3	+28	+13	+38	+23
120	180	+12,5	–12,5	+15	+3	+21	+3	+33	+15	+45	+27
180	250	+14,5	–14,5	+18	+4	+24	+4	+37	+17	+51	+31
250	315	+16	–16	+20	+4	+27	+4	+43	+20	+57	+34

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2009**

ÉPREUVE U52

ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

DOSSIER TRAVAIL



Ce dossier comporte 7 pages.

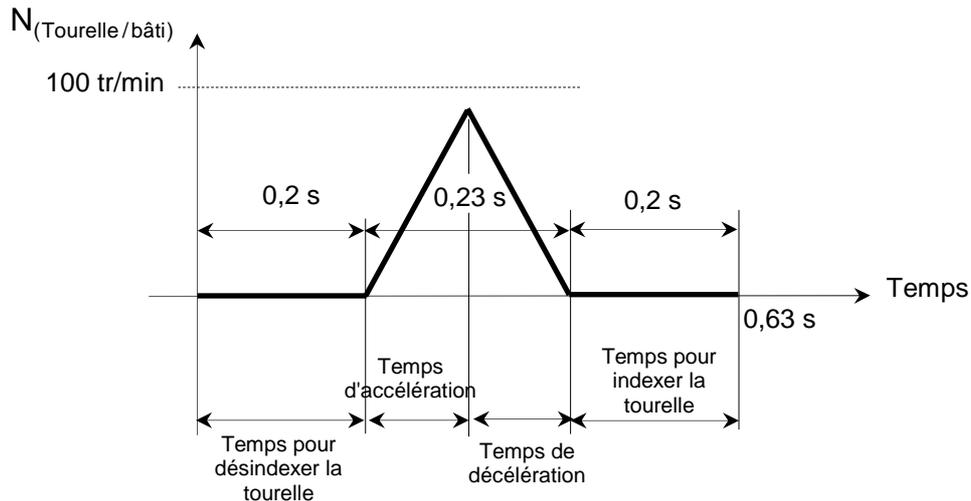
Il est conseillé de respecter les temps suivants :
Lecture Dossier Travail : 20 min maxi
Partie 1- 2h
Partie 2- 1h 40 min

PARTIE 1 – ÉTUDE DE L'INERTIE DE LA TOURELLE

1.1 – PROBLÉMATIQUE.

La rotation d'un sixième de tour de l'ensemble mobile (tourelle + broches) nécessite un temps de 0,63 seconde. Les produits similaires proposés par la concurrence sont, pour certains, plus performants à ce niveau et offrent des temps de cycle inférieurs.

Le temps de cycle prend en compte le temps de désindexage, le temps d'accélération, de décélération et le temps d'indexage de la tourelle définis comme suit :



Pour une rotation supérieure à 1/6 de tour, la vitesse de rotation de la tourelle est limitée à 100 tr/min.

Afin de réduire le temps de cycle, deux axes d'étude sont considérés :

- Réduction du temps de désindexage et du temps d'indexage par optimisation de l'automatisme.
- Réduction des temps d'accélération et de décélération par optimisation des performances dynamiques.

La première étude n'est pas abordée ici, pour la seconde étude, l'objectif fixé est de réduire les temps d'accélération et de décélération de 10%.

1.2 – DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE.

Pour réduire les temps d'accélération et de décélération, on se propose de :

- ÉTAPE 1 : analyser le mécanisme existant (identification de l'ensemble mobile, couple moteur disponible, etc.).
- ÉTAPE 2 : choisir un ou plusieurs nouveaux matériaux pour la tourelle.
- ÉTAPE 3 : vérifier l'impact du changement de matériau sur le comportement dynamique de la tête revolver.

1.3 – ÉTAPE 1 : ANALYSE DU MÉCANISME.

On donne, figure 1 page 2, le schéma cinématique minimal de la tête revolver avec le motoréducteur durant la **phase de rotation de la tourelle**.

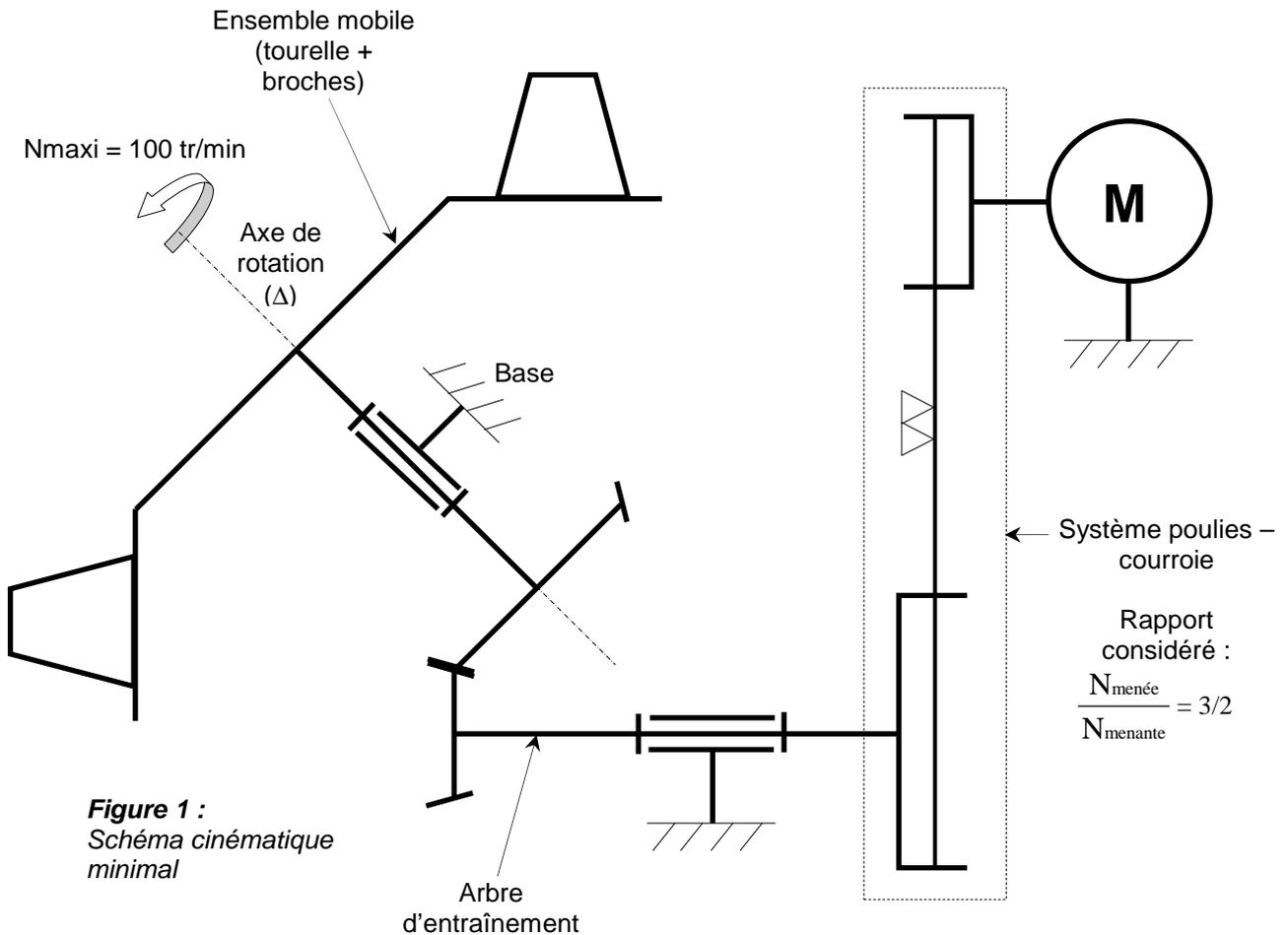


Figure 1 :
Schéma cinématique minimal

Question 1 :

DT01 à DT05
DRep01

Colorier, sur la vue et le détail du document **DRep01**, les pièces constituant l'ensemble mobile (tourelle + broches). Pour des raisons de lisibilité, appuyer davantage le coloriage des surfaces hachurées dans le plan de coupe.

Question 2 :

DT01 à DT05
DRep01
Feuille de copie

Décrire la solution constructive de la liaison pivot entre la tourelle et la base en indiquant :

- Les composants utilisés pour assurer le positionnement de la tourelle par rapport à la base et les degrés de liberté qu'ils suppriment.
- L'intérêt d'utiliser des butées à aiguilles sachant que la rondelle élastique ST8 exerce un effort axial permanent ($8 \cdot 10^3$ N pour notre utilisation).

Remarque :

Le principe fondamental de la dynamique appliqué à l'ensemble mobile conduit à l'équation ci-dessous :

$$(1) \quad C = I_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$$

C : Couple exercé sur l'ensemble mobile en Nm.

I_{Δ} : Moment d'inertie de l'ensemble mobile autour de l'axe de rotation (Δ) en $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

$\ddot{\theta}$: Accélération angulaire de l'ensemble mobile en rad/s^2 .

Question 3 :

DT06
Feuille de copie

Sachant que la vitesse de rotation de la tourelle n'excède jamais 100 tr/min, calculer la vitesse maxi du moteur. Observer la courbe du couple moteur sur le document **DT06**, en déduire l'évolution de ce couple pour la plage de fonctionnement.

Question 4 :

Feuille de copie

Sur quel paramètre de l'équation (1) peut-on finalement agir pour améliorer les performances dynamiques de l'ensemble mobile ?

1.4 – ÉTAPE 2 : MATÉRIAU DE LA TOURELLE.

La broche étant déjà optimisée sur le plan technico-économique, on envisage de modifier le matériau de la tourelle qui est la pièce la plus importante de l'ensemble mobile.

Une étude mécanique a mis en évidence que pour obtenir une réduction des temps d'accélération et décélération d'au moins 10%, il faut réduire l'inertie de la tourelle d'au moins 60%. Ceci correspond, à géométrie constante, à une diminution de la masse volumique du matériau de la tourelle dans les mêmes proportions.

Le cahier des charges pour le choix du matériau prend en compte les objectifs fonctionnels suivants :

OBJ1 : Diminuer l'inertie d'au moins 60%.

OBJ2 : Rester dans le domaine élastique avec un coefficient de sécurité de 2.

OBJ3 : Choisir un procédé d'obtention adapté à la forme de la pièce et à la production désirée (100 pièces / an).

OBJ4 : Rester dans des déformations proches de celle de la tourelle actuelle.

Question 5 :

DT07

Feuille de copie

Le matériau actuel de la tourelle est une fonte à graphite lamellaire, plus connue sous le nom de fonte grise EN GJL-250. Donner trois caractéristiques essentielles de ce matériau qui justifient son utilisation pour la tête revolver.

Question 6 :

DRep02

Feuille de copie

Compte tenu des OBJ1 et OBJ2, la première étape du choix s'appuie sur le graphe N°1 de **DRep02**. Justifier l'utilisation des deux paramètres de construction de ce graphe.

Question 7 :

DT07

Feuille de copie

Calculer la valeur de la masse volumique maximum répondant à OBJ1.

Question 8 :

DT08

Feuille de copie

On donne, sur le document **DT08**, les contraintes supportées par la tourelle dans le cas de chargement le plus défavorable. Relever la contrainte maximale et calculer la valeur de la limite élastique minimale répondant à OBJ2.

Question 9 :

DRep02

Sur le graphe N°1 de **DRep02**, encadrer la zone de choix répondant à OBJ1 et OBJ2.

Question 10 :

Feuille de copie

Compte tenu de OBJ3 quel(s) procédé(s) d'obtention proposeriez-vous ? Justifiez votre réponse.

Question 11 :

DRep02

Feuille de copie

Identifier sur le graphe N°1 de **DRep02**, au moins deux matériaux situés dans la zone de choix. Justifier votre choix.

Question 12 :

DT08

Feuille de copie

Le document **DT08** présente les déplacements maxi de la tourelle, dans le cas du chargement le plus défavorable, pour :

- la fonte grise (FG),
- l'alliage d'aluminium (ALU),
- l'alliage de magnésium (MAG).

Comparer le déplacement maxi de la tourelle ALU avec celui de la tourelle

$$FG : \frac{\Delta_{ALU}}{\Delta_{FG}} .$$

Faire de même avec la tourelle MAG : $\frac{\Delta_{MAG}}{\Delta_{FG}} .$

Question 13 : On va s'intéresser au coût que représente le changement de matériau. Pour cela on donne le graphe N°2 de **DRep02**.
 DRep02
 Feuille de copie
Rappel : La tourelle garde un volume constant pour les trois versions.
 Masses volumiques : ALU 2700 kg/m³ - MAG 1750 kg/m³

Repérer, sur le graphe N°2 les coûts de ALU et MAG (toujours prendre la valeur la plus importante) et les comparer au coût de FG. Conclure.

1.5 – ÉTAPE 3 : CONCLUSION.

Un calcul mécanique donne la relation permettant de calculer le nouveau temps de cycle en fonction des masses volumiques :

$$(2) \quad t_n = 0,128 \sqrt{\left(\frac{\rho_n}{\rho_{FG}} + 2,23\right)} \quad n = \text{ALU ou MAG (ALU 2700 kg/m}^3 \text{ - MAG 1750 kg/m}^3)$$

Question 14 : Calculer t_{ALU} et t_{MAG} . En déduire le gain G_n ($n = \text{ALU ou MAG}$) finalement obtenu en %.
 Feuille de copie

Question 15 : Présenter sous forme d'un tableau les résultats du comparatif ALU et MAG :
 Feuille de copie

	ALU	MAG
Gain temps %		
Variation déplacement / FG		
Augmentation coût / FG		

Quel matériau peut être retenu ? Justifier.

Question 16 : Les OBJ2 et OBJ4 sont très contraignants car :
 Feuille de copie
 - La contrainte maximale est très localisée.
 - Il est difficile de trouver un matériau avec une faible inertie et une grande rigidité.
 Quel autre facteur devrait-on envisager pour avoir une tourelle ayant une faible inertie tout en étant aussi résistante et rigide que la tourelle FG ?

PARTIE 2 – ÉTUDE DU GUIDAGE EN ROTATION DE LA BROCHE / TOURELLE

Comme tous les éléments de machine-outil, la tourelle revolver doit satisfaire à des contrôles géométriques exigeants. Une de ces exigences concerne le défaut angulaire de l'axe de la broche, comme le montre la figure 2 en page 5.

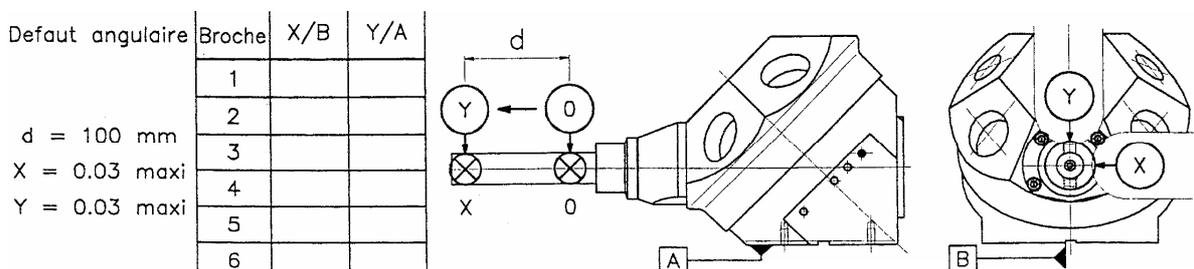


Figure 2 : Extrait du document de contrôle géométrique de la tête revolver ETR 36

Interprétation de cette donnée de contrôle : La direction de l'axe de la broche doit se situer dans un cône de demi angle au sommet $\alpha_{admissible} = 0,0172^\circ$ ($\tan \alpha_{admissible} = 0,03 / 100$).

Ces contrôles permettent de garantir la précision de positionnement de l'outil par rapport au bâti de la machine.

2.1 – OBJECTIF.

On souhaite vérifier que les spécifications géométriques et dimensionnelles relatives aux composants de la broche garantissent la conformité du produit définie dans la fiche de contrôle.

La figure 3 ci-dessous représente un schéma de principe du guidage en rotation de l'arbre broche par rapport à la tourelle ; il met en évidence :

- l'architecture du guidage en rotation,
- les surfaces fonctionnelles de référence,
- les restrictions de l'étude,
- les objectifs de l'étude.

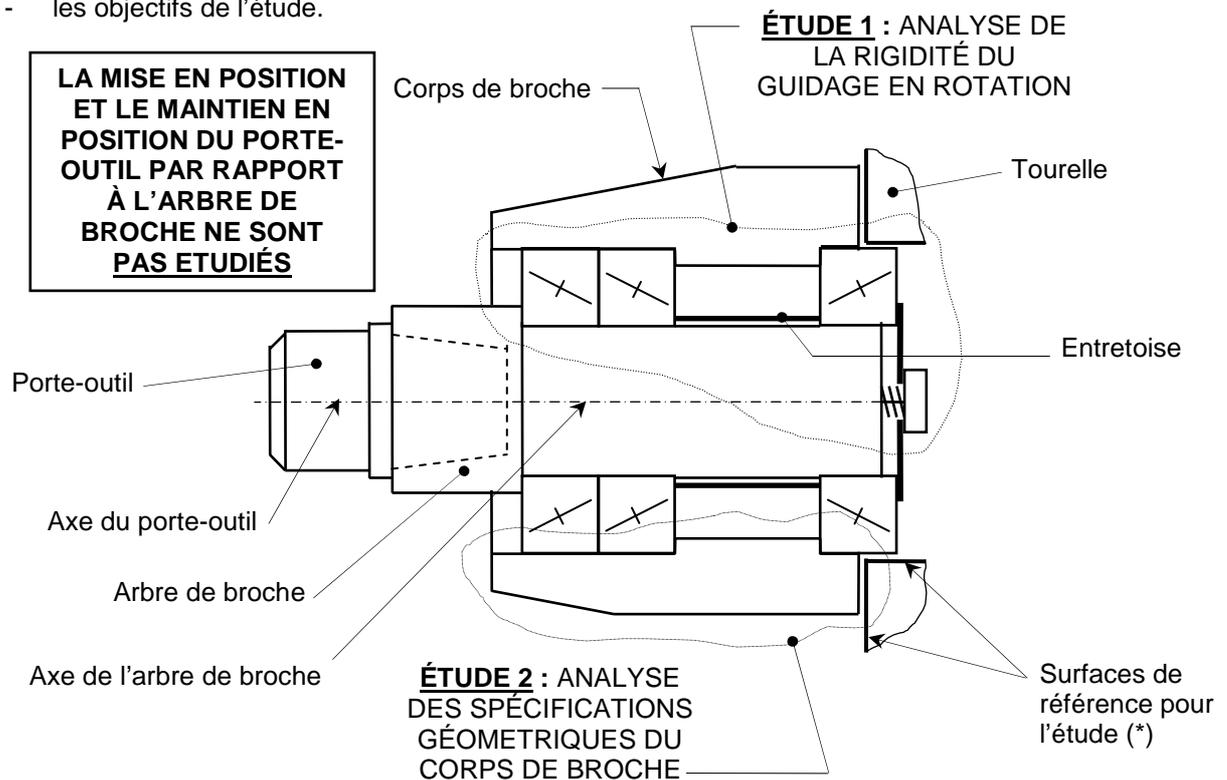


Figure 3 : Schéma de principe du guidage en rotation de l'arbre de broche par rapport à la tourelle.

L'usinage de finition des surfaces de mise en position des corps de broche sur la tourelle (appui plan + centrage court) s'effectue après montage et verrouillage de la tourelle sur la base de la tête revolver.

On considèrera, pour l'analyse, ces surfaces comme surfaces de référence.

2.2 – ÉTUDE 1 : ANALYSE DE LA RIGIDITÉ DU GUIDAGE EN ROTATION.

2.2.1 – Étude de la précontrainte du montage des roulements

Objectif : Mettre en évidence les spécifications de l'entraîneur permettant de garantir la précontrainte axiale.

Pour augmenter la rigidité ainsi que la durée de vie de ce montage, le roulement est doublé sur l'avant de la broche.

L'exigence d'une grande précision de guidage ainsi que d'une bonne rigidité impose une précontrainte des éléments roulants. Cette précontrainte supprime les jeux dans les roulements, axialement et radialement. Elle est obtenue par le serrage de la vis (ST102).

Le document réponse **DRep03** présente le montage de roulements **sans l'entretoise (105)** pour pouvoir mettre en évidence la fonction technique FT1221 donnée par le FAST de description du document **DT09**.

Question 17 : Afin de justifier la fonction de l'entretoise (105), on demande de tracer la boucle des contacts participant à la mise sous contrainte axiale du montage de roulements sans l'entretoise (cette boucle est amorcée sur le document réponse).
DT02 à DT04
DT09
DRep03

Question 18 : Que peut-on constater, sachant qu'au montage, l'opérateur a pour consigne de serrer à fond la vis (ST102) ? En déduire la fonction de l'entretoise.
DT02 à DT04
DT09
Feuille de copie

Question 19 : L'entraîneur cannelé (103) et la bague d'appui (104) sont deux pièces, axialement glissantes par rapport à l'arbre de broche, qui interviennent dans la chaîne des éléments qui réalisent la précontrainte. Des conditions de non contact axial de ces deux pièces avec l'arbre de broche sont nécessaires pour garantir cette précontrainte. Sur la vue en coupe du montage de roulements **avec entretoise** (document **DRep03**), indiquer ces conditions.
DT02 à DT04
DT09, DT10
DRep03

Question 20 : On veut déterminer les spécifications fonctionnelles pour l'entraîneur cannelé permettant de satisfaire les conditions mises en évidence à la question 19.
DT09, DT10
DRep03
DRep04

- Tracer sur **DRep03** les chaînes de cotes des conditions fonctionnelles impliquant des spécifications sur l'entraîneur (*hypothèse : les défauts géométriques sont négligeables devant les jeux fonctionnels relatifs aux conditions de non contact axial*).
- Ecrire ces spécifications sur le dessin de définition de l'entraîneur (document **DRep04**).

2.2.2 – Étude des ajustements des roulements avec les portées de roulements

Objectif : Vérifier le choix des ajustements pour garantir la rigidité du montage.

Question 21 : Pour pouvoir analyser la spécification de l'arbre de broche on demande de compléter le document **DRep05** :
DT10
DRep05

- Par la définition des composants parents et enfants de l'arbre de broche.
- Par l'indication des types de contacts associés, selon la terminologie définie au bas du document **DRep05**.

Question 22 : En utilisant la terminologie précisée au bas du document **DRep05**, définir le modèle de positionnement entre l'arbre et le corps de broche via les trois roulements.
DT10
DRep06
Feuille de copie

Quelles sont les spécifications portées sur le document **DRep06** qui correspondent à ce modèle de positionnement ?
Les entourer sur ce document.

Question 23 : Le document **DT11** donne des cotes ISO et les tolérances correspondantes relatives aux montages des roulements de précision. Justifier le choix fait par le concepteur pour la cote ISO retenu pour l'arbre de broche et donner son intervalle de tolérance en l'écrivant sous forme d'une cote bilimite.
DT11
Feuille de copie

Rappel : 20 H7, par exemple, est appelée cote ISO. La cote bilimite correspondante s'écrit : $20 \begin{matrix} +0,021 \\ 0 \end{matrix}$.

Question 24 : Le diamètre intérieur des roulements montés a comme dimension tolérancée : $\varnothing 40^{0}_{-0,006}$. Déterminer le jeu moyen de l'ajustement des roulements sur l'arbre de broche et interpréter le résultat.
 Feuille de copie

2.3 – ÉTUDE 2 : ANALYSE DES SPÉCIFICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CORPS DE BROCHE.

Objectif : Vérifier la tolérance attribuée à une spécification du corps de broche

Le contrôle de la position angulaire de l'axe de l'arbre de broche se fait par rapport à des surfaces du corps de la tête revolver (cf. figure 2).

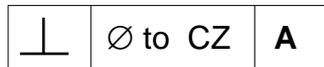
Nous rappelons que les surfaces fonctionnelles d'appui et de centrage sur la tourelle sont assimilées à des surfaces de référence pour notre étude. Le corps de broche joue donc un rôle essentiel pour le positionnement de l'arbre de broche par rapport à la tourelle.

Nous porterons une attention particulière à la cotation de cette pièce afin de pouvoir définir le défaut angulaire possible pour l'axe de l'arbre de broche.

Question 25 : Rechercher, dans le tableau d'analyse des antériorités du corps de broche (**DRep07**) la fonction technique qui décrit le positionnement du corps de broche par rapport à la tourelle et colorier chacune des lignes concernées. Sur le document **DRep08** (dessin de définition du corps de broche), repérer les surfaces fonctionnelles correspondantes en les repassant par un trait de couleur précis et bien visible.
 DRep07, DRep08

La tolérance de perpendicularité du groupe de surface GC1 par rapport à la surface SC1 autorise un défaut d'orientation comme le montre la figure 4 (raisonnement dans un plan).

Question 26 : Sur le document **DRep09**, interpréter la spécification :
 DRep09



Question 27 : Déterminer le diamètre t de la zone de tolérance disponible telle que le défaut d'orientation de GC1 soit égale à $\alpha_{\text{admissible}}$. Cet intervalle de tolérance vous paraît-il important ? Pourquoi ?
 Feuille de copie

Question 28 : Le constructeur a attribué, à cette tolérance, la valeur de 0,012 mm. Que pensez-vous d'une telle précision au regard des surfaces usinées de la tourelle (surfaces de référence de notre étude) ?
 Feuille de copie

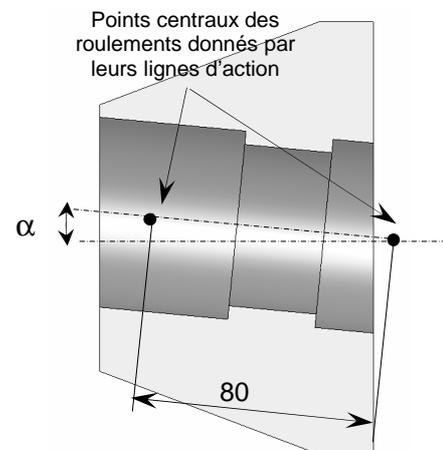
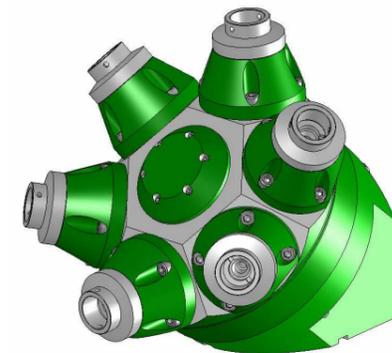


Figure 4 :
 Défaut d'orientation dans un plan

ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

DOSSIER RÉPONSE

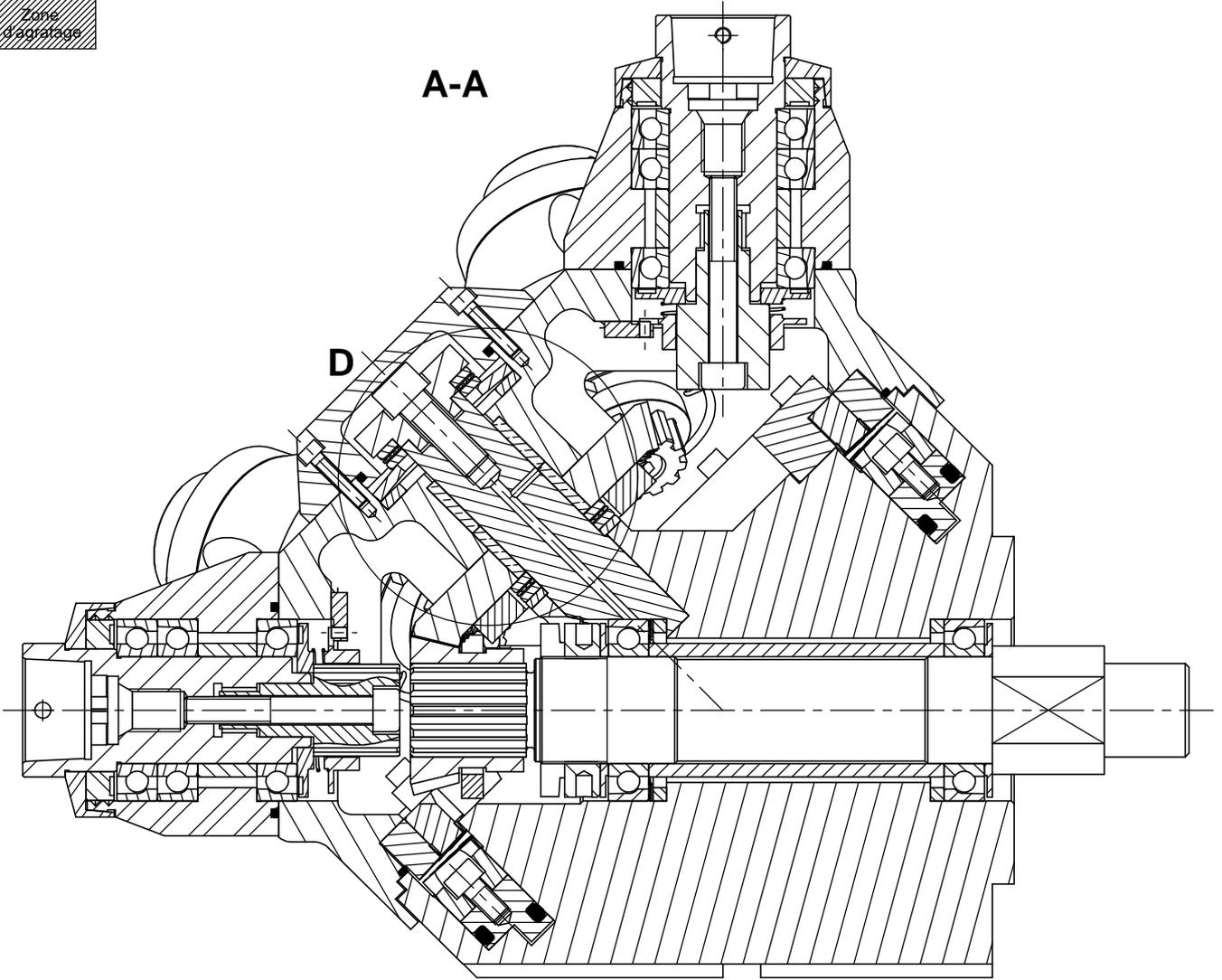


- DRep01 – Vue en coupe du mécanisme.
- DRep02 – Graphes extraits d'une banque de données sur les matériaux.
- DRep03 – Vues en coupe de la broche.
- DRep04 – Dessin de définition incomplet de l'entraîneur cannelé.
- DRep05 – Graphe hiérarchisé de l'arbre de broche.
- DRep06 – Dessin de définition de l'arbre de broche.
- DRep07 – Feuille d'analyse du corps de broche.
- DRep08 – Dessin de définition du corps de broche.
- DRep09 – Fiche d'analyse d'une spécification.

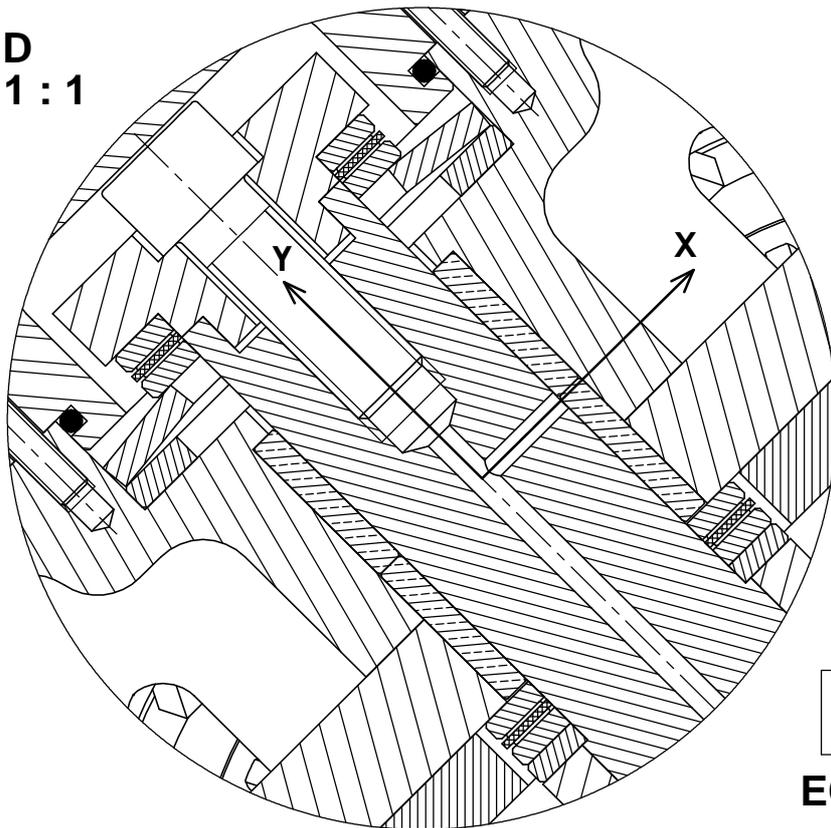
Zone
d'agrafe

A-A

D



DÉTAIL D
ECHELLE 1 : 1

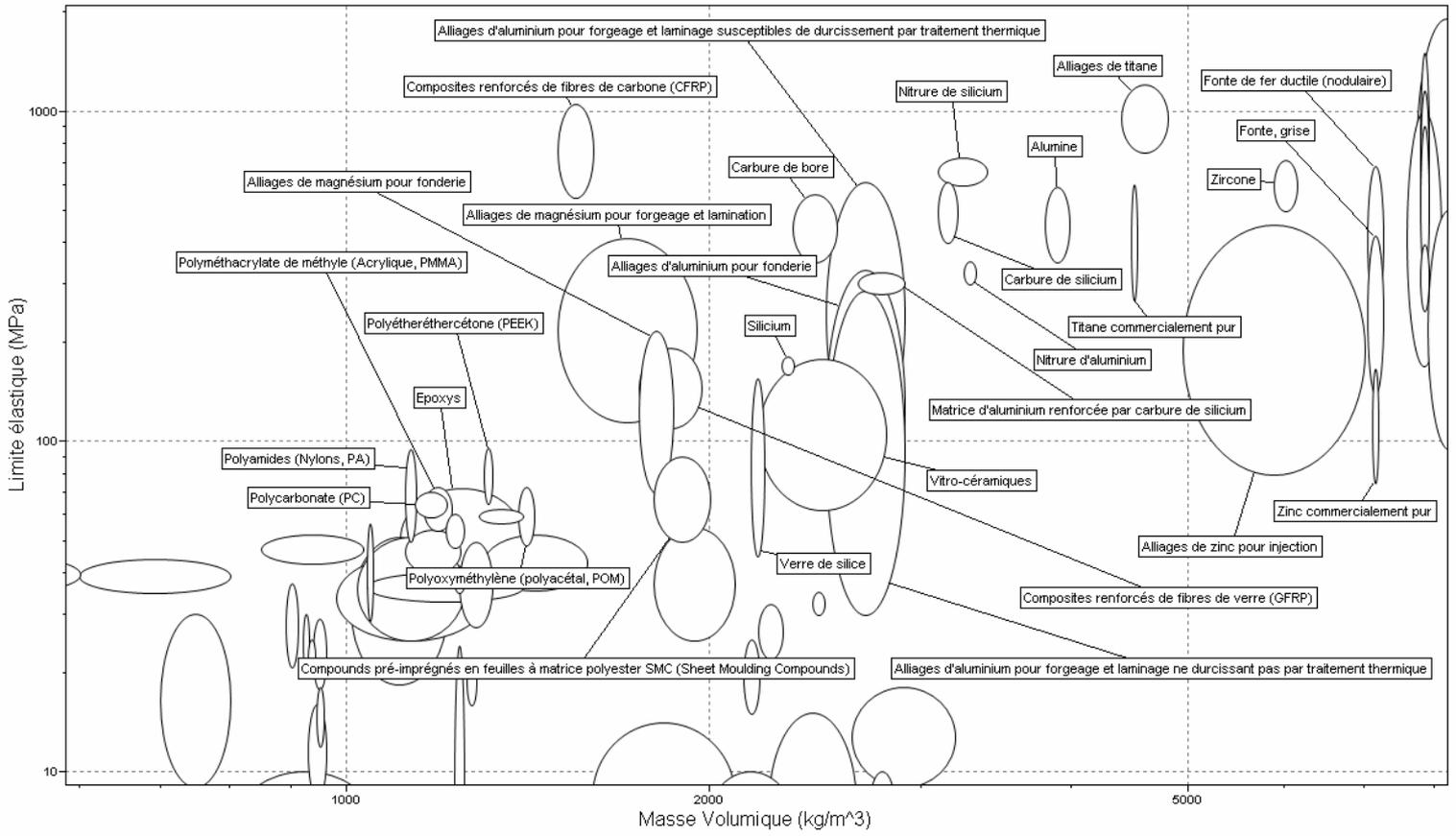


DOCUMENT
DRep01

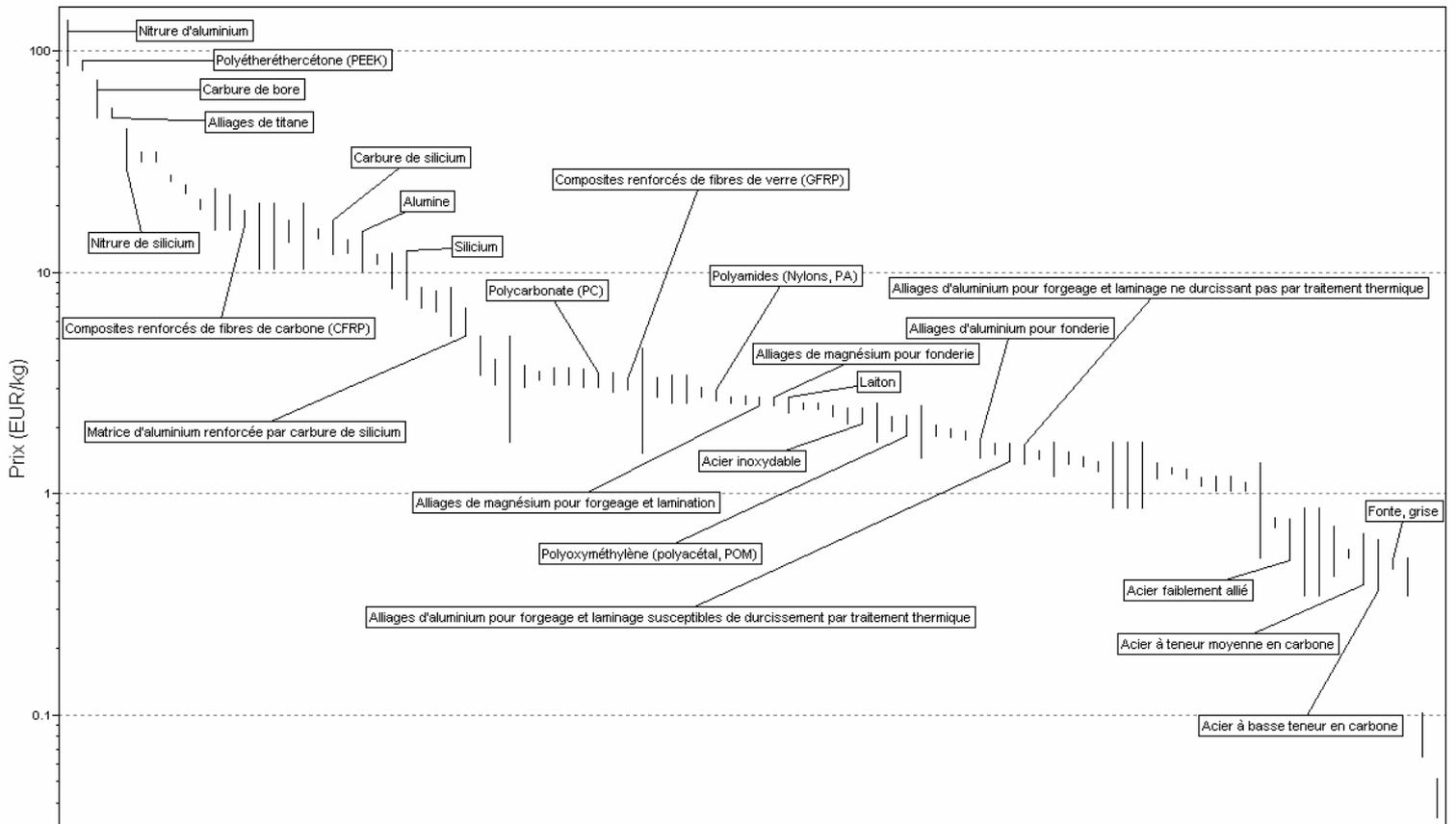
ECHELLE 2 : 5

Zone d'agrafage

Graphe N°1



Graphe N°2

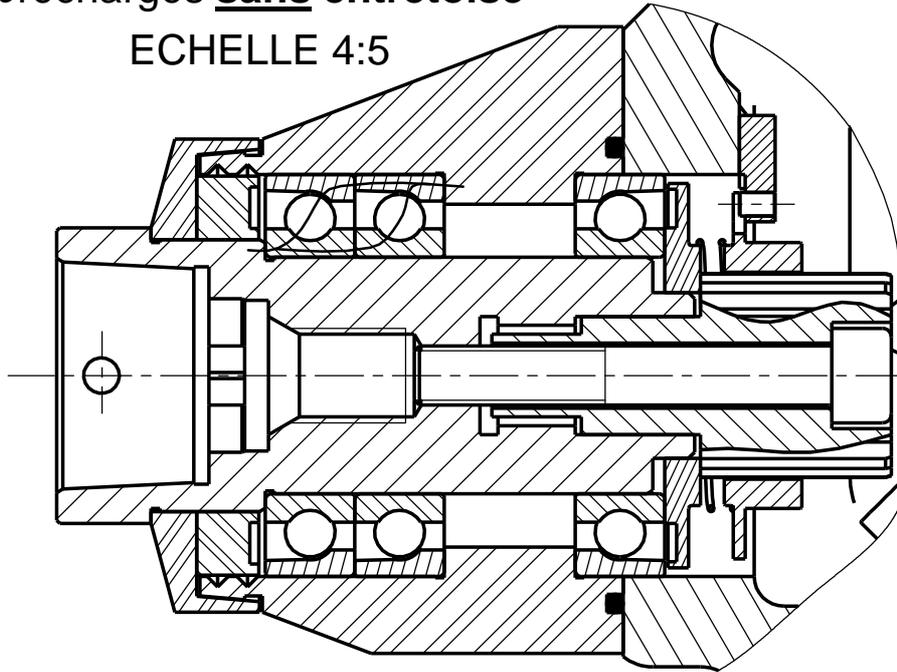


Zone
d'agrafage

Montage de roulements
préchargés sans entretoise

A-A

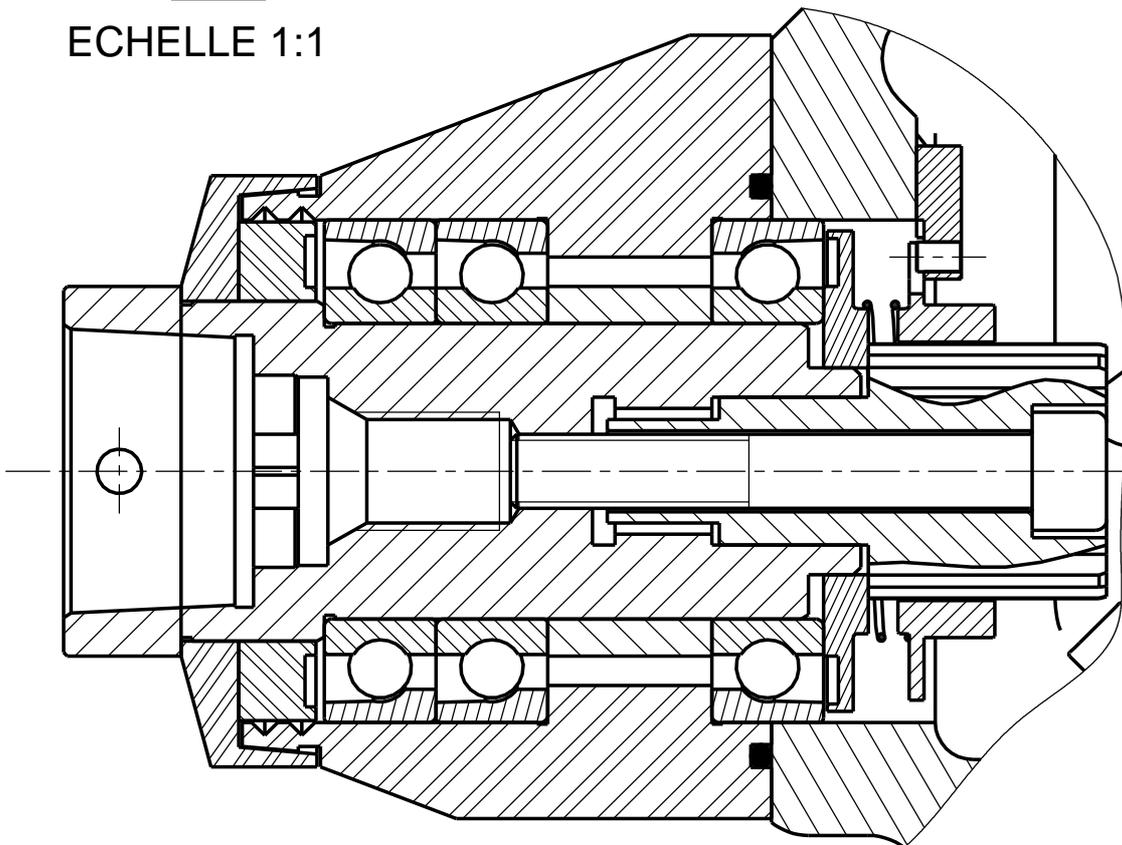
ECHELLE 4:5



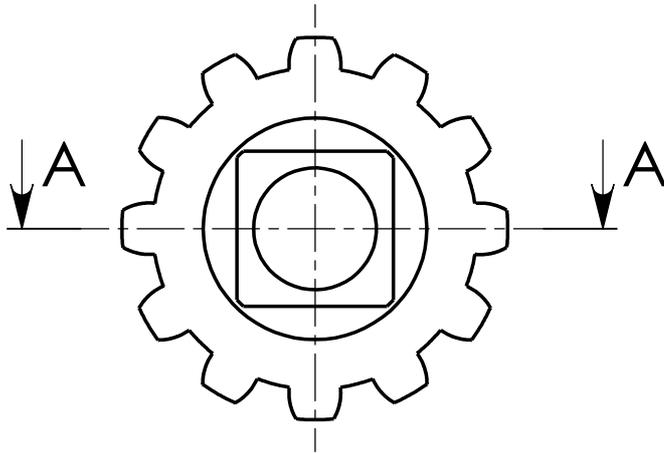
Montage de roulements
préchargés avec entretoise

A-A

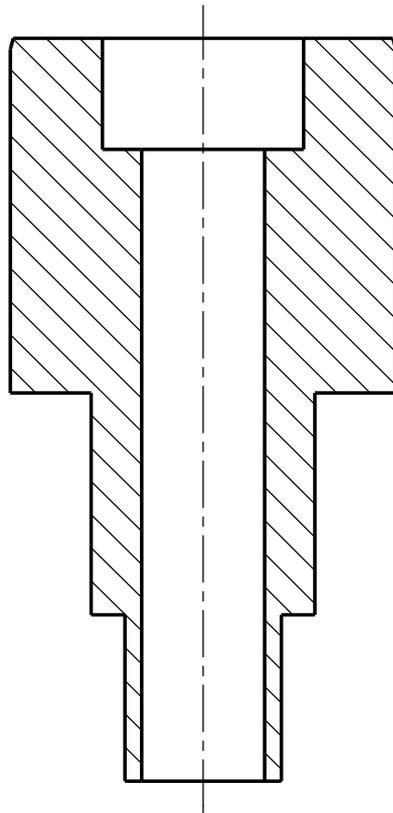
ECHELLE 1:1



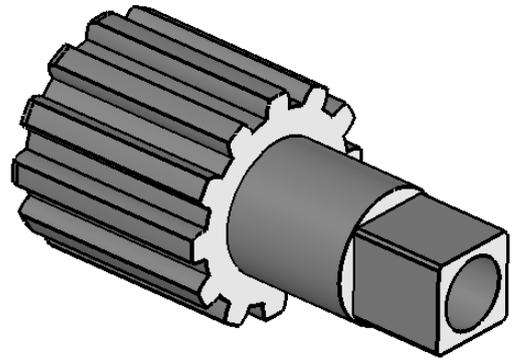
Zone
d'agrafage



A-A

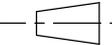


Vue en perspective
ECHELLE 1:1

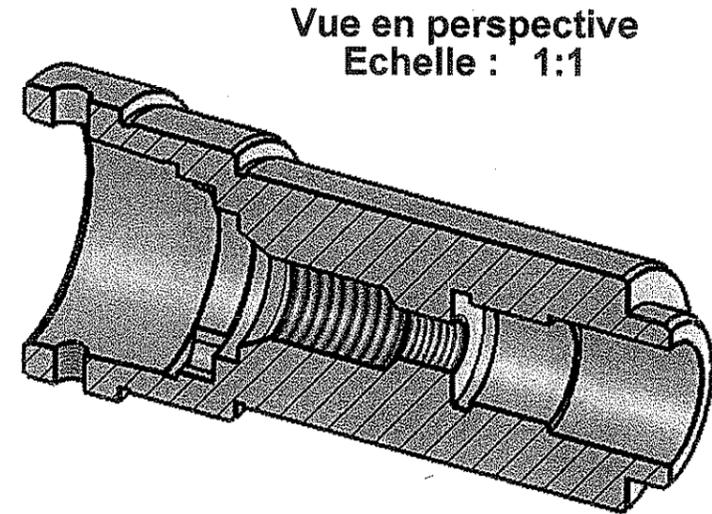
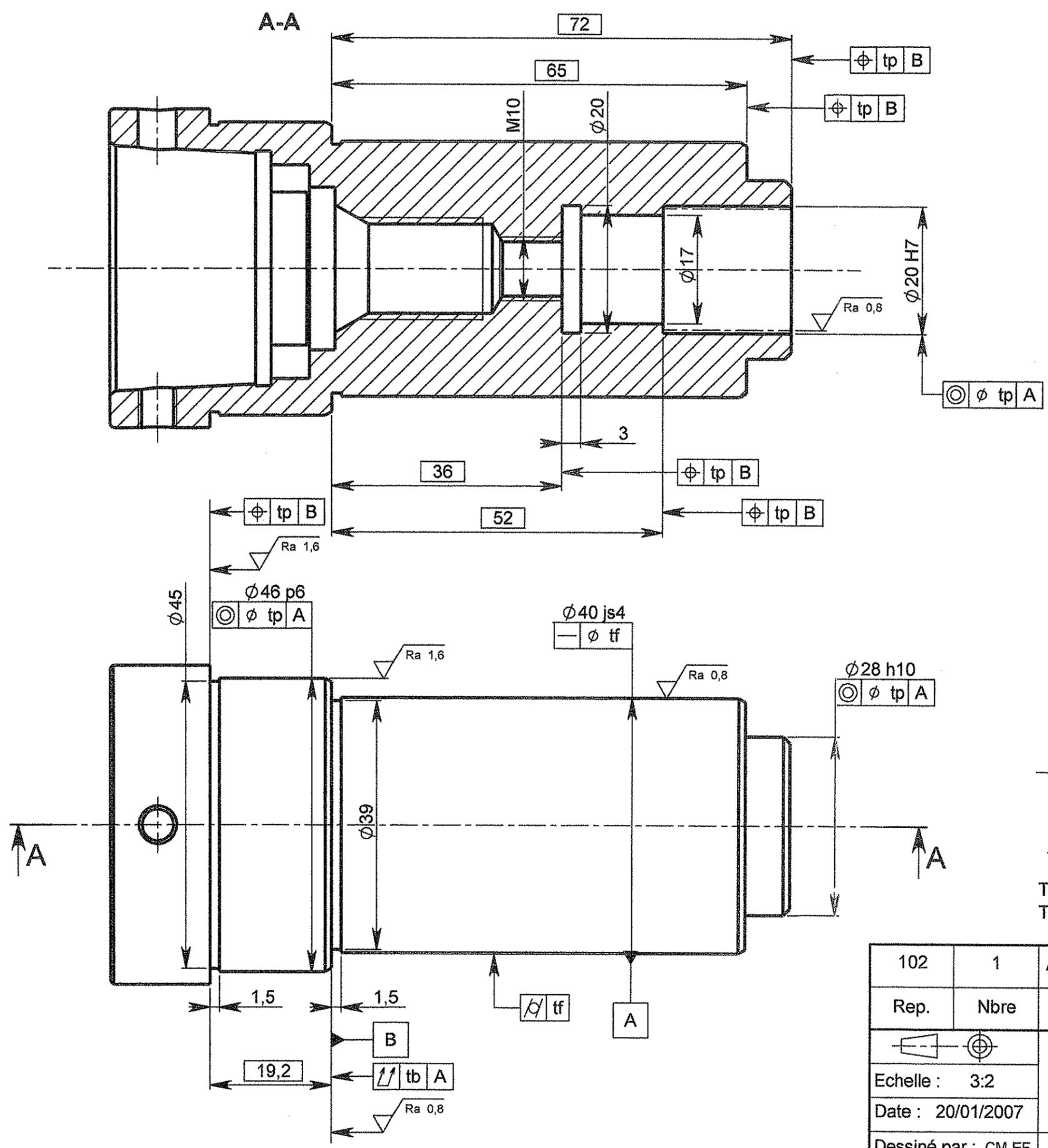


Document **DRep04**

Tolérances générales : ISO 2768 mK

103	1	Entraîneur cannelé	Acier	Traité
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
		TETE REVOLVER ETR36 Entraîneur cannelé		
Echelle : 3:2	Date : 10/03/2007			
Dessiné par : EF	Fichier : DRep04_Entraîneur cannelé.slddrw			

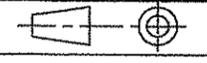
Zone
d'agrafage



Cémentation profondeur 0,8
Trempe 58-62 HRC

DOCUMENT DRep06

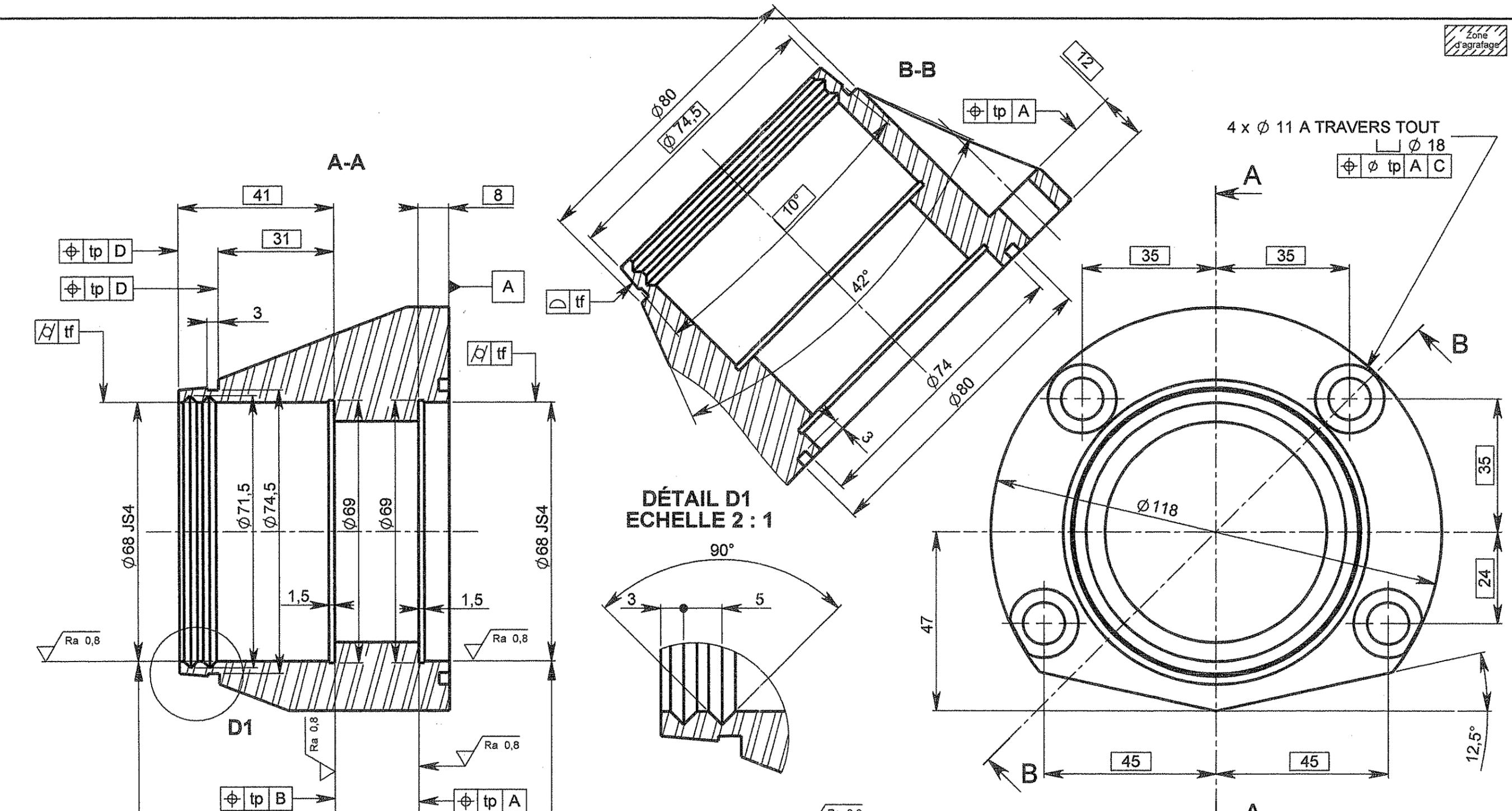
sauf indications contraires
Tolérances générales : ISO 2768 mK
Tous les chanfreins seront réalisés à 0,5x45°

102	1	Axe de broche	16 Mn Cr 5	
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
		<h2>BROCHE POUR ETR36</h2> <h3>Arbre de broche</h3>		
Echelle : 3:2				
Date : 20/01/2007				
Dessiné par : CM-EF		CPE5AS	Format : A3	

Analyse des antériorités fonctionnelles et/ou de position – Définition du modèle réf. : CORPS DE BROCHE				Antériorités			Caractéristiques		
IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE	Fonction Technique Assurée	Surfaces ou groupes de surfaces fonctionnels	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Intrinsèques	De Contact		
	MIP Corps de broche / parents - APP	SC1	Surface plane d'appui						
	- CC	GC1a	Alésage court	SC1	β		v de la portée cylindricité	Rugosité	
	MIP axiale du roulement (3) - APP	SC2	Epaulement d'appui pour le roulement (3)	SC1	ϕ et distant			Rugosité	
	- Garantir l'appui du roulement (x) contre l'épaulement	S1	Fond de gorge	GC1a	ρ			v de la gorge	
		S2	Flanc libre de la gorge	SC2	ϕ et distant				
	MIP des roulements (1) + (2) - CL	GC1	Alésage long	SC1	β			v de la portée cylindricité	Rugosité
	- APP	SC3	Epaulement d'appui pour le roulement (2)	GC1	β	SC2	distance		Rugosité
	- Garantir l'appui du roulement (2) contre l'épaulement	S3	Fond de gorge	GC1b	ρ			v de la gorge	
		S4	Flanc libre de la gorge	SC3	ϕ et distant				
	PARTICIPER à la protection contre les impuretés extérieures	G1	Deux entailles en vé	GC1	ρ	S5	distance	v du fond de l'entaille Angle d'ouverture de l'entaille	
	GARANTIR un jeu axial avec le déflecteur	S5	Extrémité libre du corps de broche	GC1	β	SC3	distance		
	GARANTIR un jeu radial avec le déflecteur	S6	Surface conique d'extrémité	GC1	ρ			Petit v du cône Conicité	
	CREER une chicane avec le déflecteur	G2	Dégagement	GC1	ρ	SC3	ϕ et distant	v du fond du dégagement Largeur du dégagement	
	GARANTIR la rigidité du corps	S7	Surface conique	GC1	ρ			Petit v du cône Conicité	
	GARANTIR une épaisseur suffisante pour pouvoir implanter des vis de fixation	S8	Surface cylindrique extérieure	GC1	ρ			v extérieur	
	GARANTIR une condition d'encombrement	G3	Deux surfaces planes de dégagement	SC1	β	GC1	distance	Angle d'inclinaison par rapport au plan médian	
	PERMETTRE l'implantation des vis de fixation	G4	4 fois : Perçage + Lamage	SC1	β	GC1	ϕ	v du passage de vis v du lamage	
	GARANTIR la résistance pour le MAP de la pièce	SC4	4 fois : Surface d'appui pour la vis	SC1	distance				
PERMETTRE l'implantation d'un joint torique	GC2	Rainure circulaire	GC1	ρ	SC1	distance	v intérieur v extérieur		

DOCUMENT DRep07

Zone d'agrafage



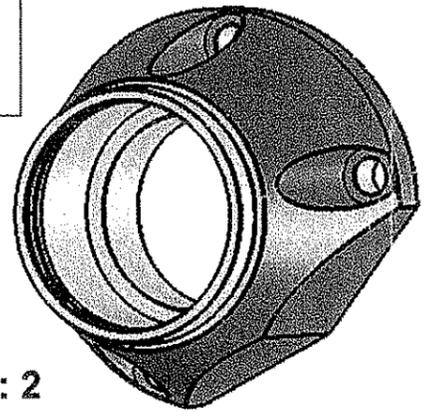
DÉTAIL D1
ECHELLE 2 : 1

ECHELLE 1 : 2

√ Ra 3,2
sauf indications contraires
Tolérances générales : ISO 2768 mK

DOCUMENT DRep08

101	1	Corps de broche	Alliage alu	
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
		<h2>Broche pour ETR36</h2> <h3>Corps de broche</h3>		
Echelle : 1:1				
Date : 25/01/2007				
Dessiné par : CM-EF		CPE5AS	Format : A3	



TOLERANCEMENT NORMALISE	ANALYSE D'UNE SPECIFICATION : Corps de broche																		
Symbole de spécification <input type="checkbox"/> Forme <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Position <input type="checkbox"/> Battement	ELEMENTS NON IDEAUX (points, lignes ou surfaces réelles)		ELEMENTS IDEAUX (points, droites ou plans associés)																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">φ</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">β</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">α</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">κ</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">δ</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">ι</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%;">ρ</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">φ</td> <td style="border: 1px solid black;">τ</td> <td style="border: 1px solid black;">η</td> <td style="border: 1px solid black;">γ</td> <td style="border: 1px solid black;">ε</td> <td style="border: 1px solid black;">υ</td> <td style="border: 1px solid black;">χ</td> </tr> </table>						φ	β	α	κ	δ	ι	ρ	φ	τ	η	γ	ε	υ	χ
φ						β	α	κ	δ	ι	ρ								
φ	τ	η	γ	ε	υ	χ													
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit être entièrement compris dans la zone de tolérance	Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) Spécifiée(s)	Zone de tolérance															
	Unique-Groupe	Unique-Multiples	Simple Commune Système	Simple Composée	Contrainte Orientation – Position Par rapport à la référence spécifiée														
SCHEMA : 