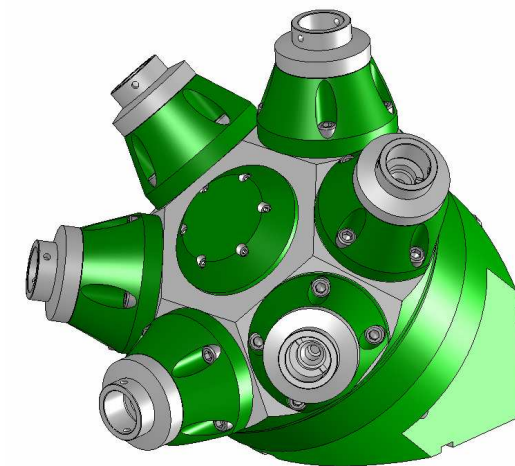


ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

| |
|----------------------------|
| TÊTE REVOLVER ETR36 |
|----------------------------|



Durée : 4 heures

Aucun document n'est autorisé

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

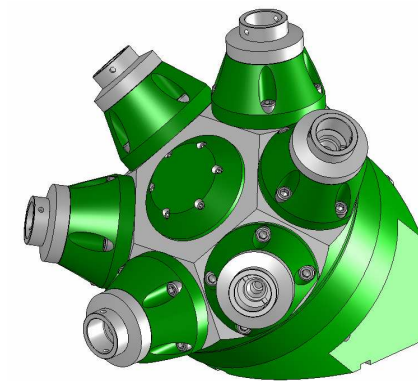
Le sujet comporte trois dossiers :

- 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.

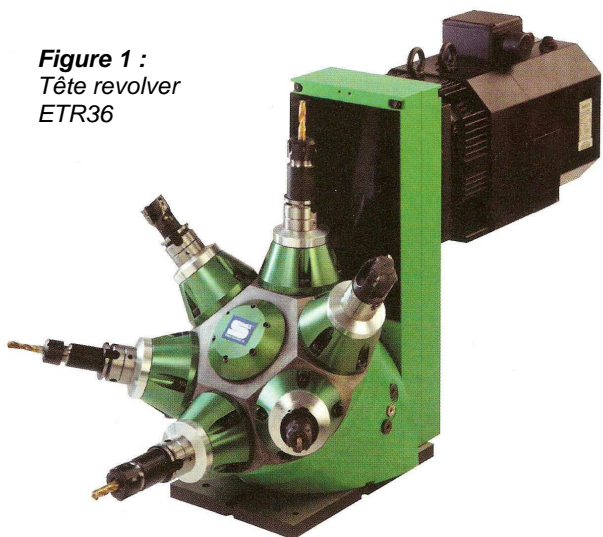
1 – PRÉSENTATION.

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

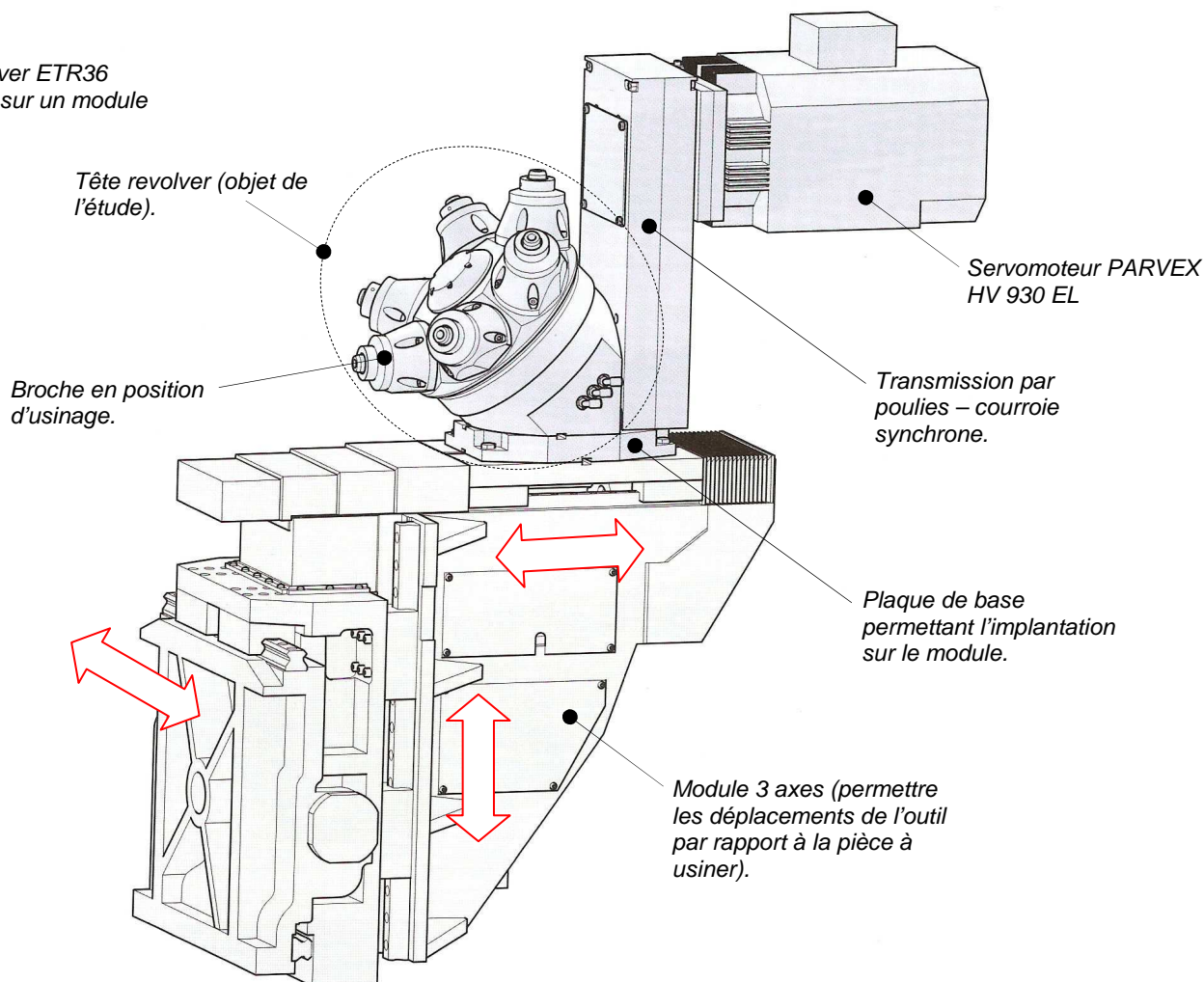


En usinage, la durée du cycle de production est fortement liée aux durées de changements d'outils. Afin d'optimiser cette durée, la société SOMEX produit, depuis quelques années, une tête revolver à 6 broches ETR36. Chacune des 6 broches de cette tête peut comporter des outils d'usinage simples ou multiples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

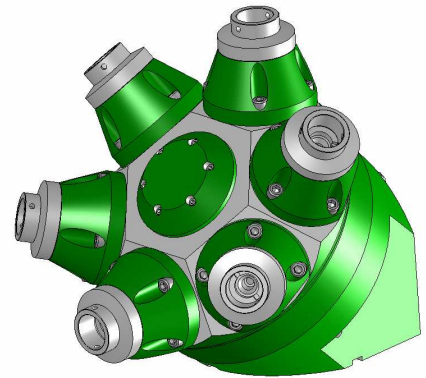
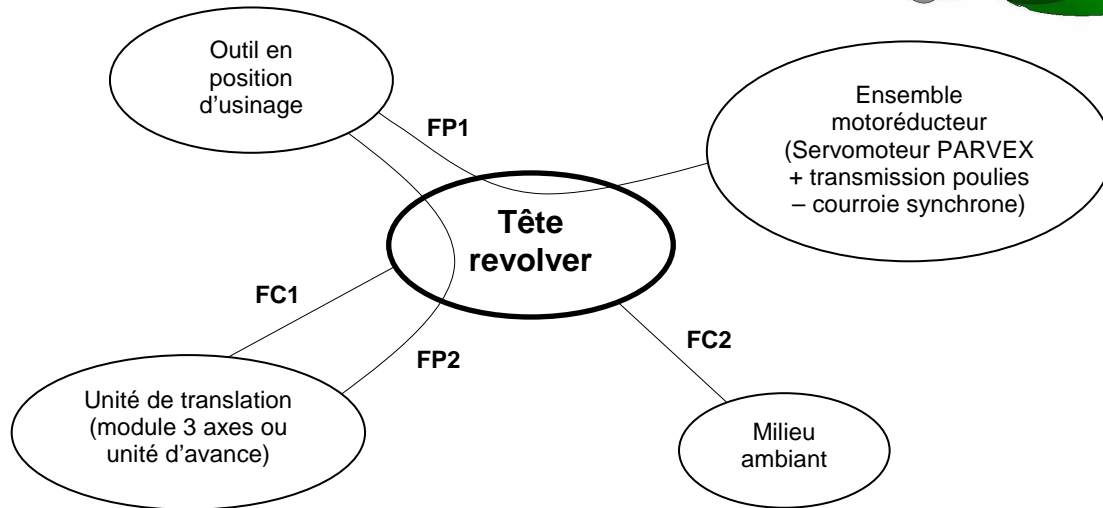
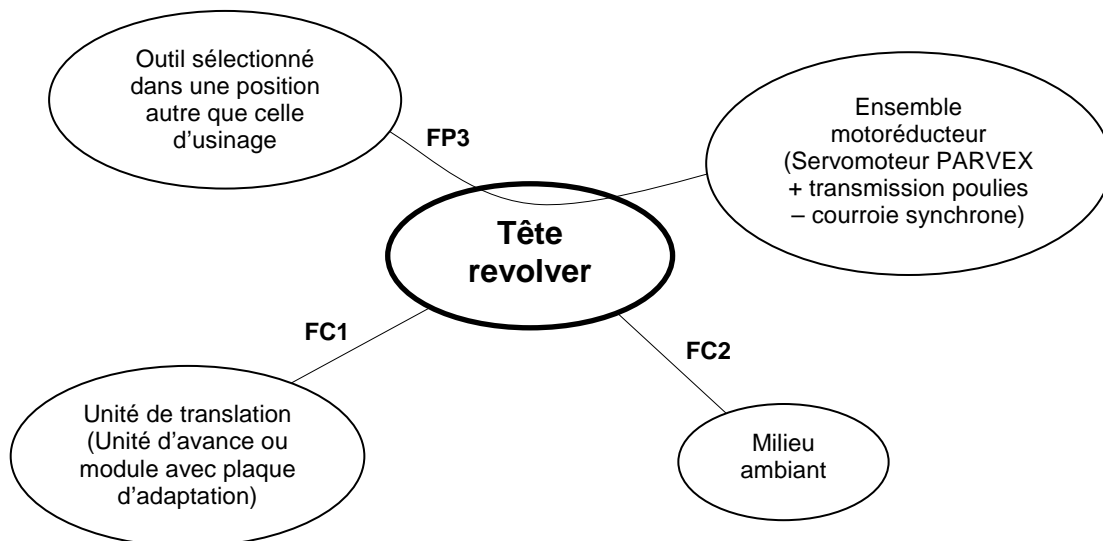


Figure 3 :
Objet de l'étude

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

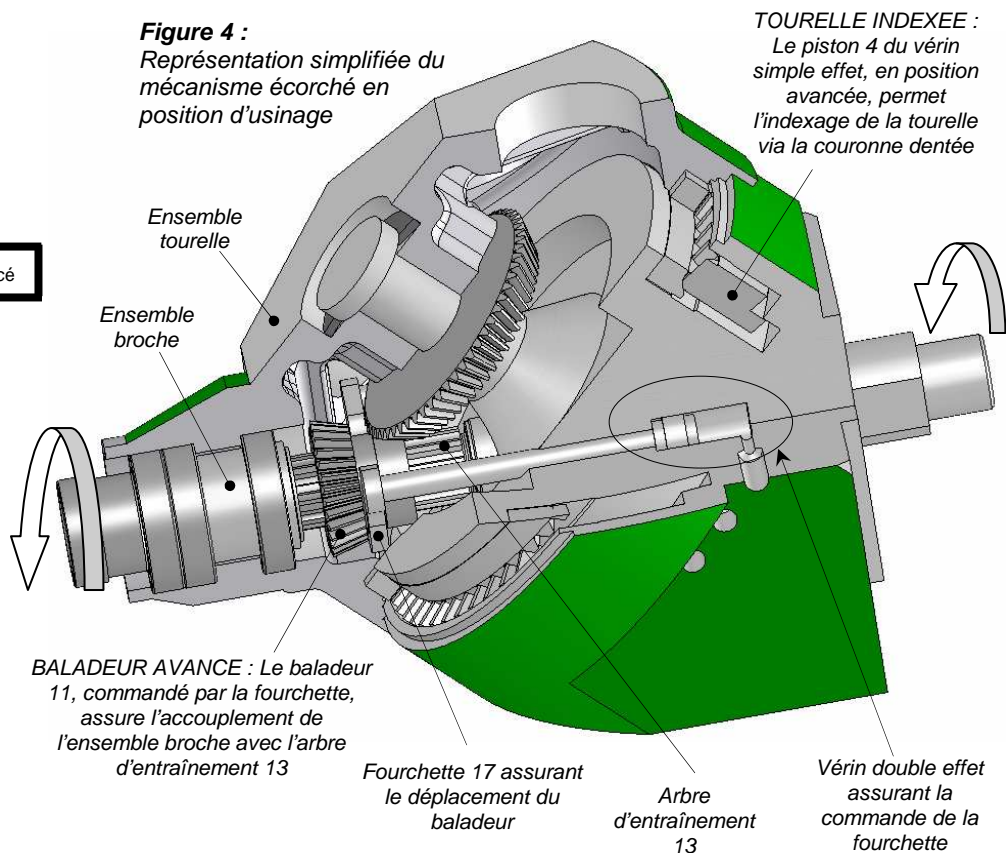
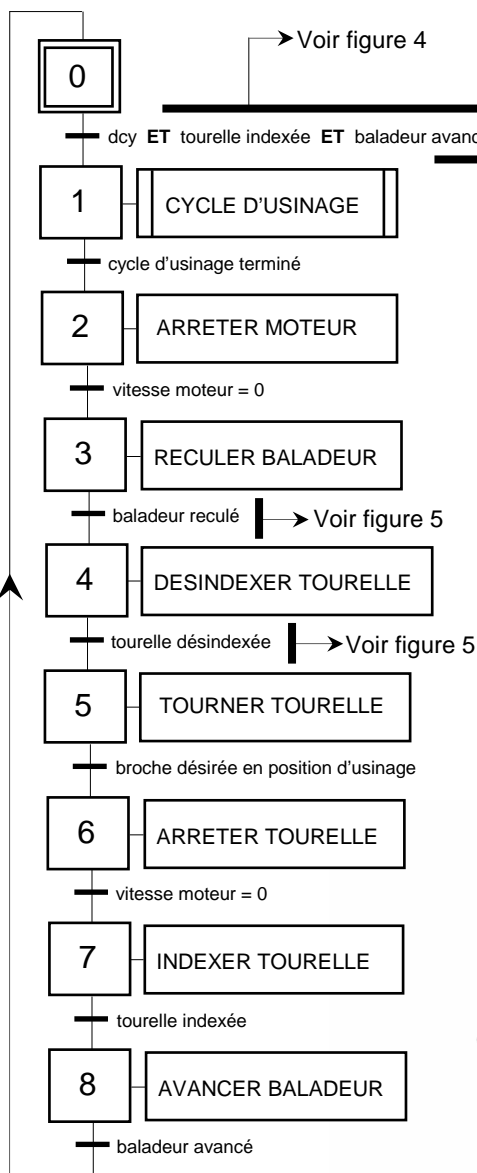
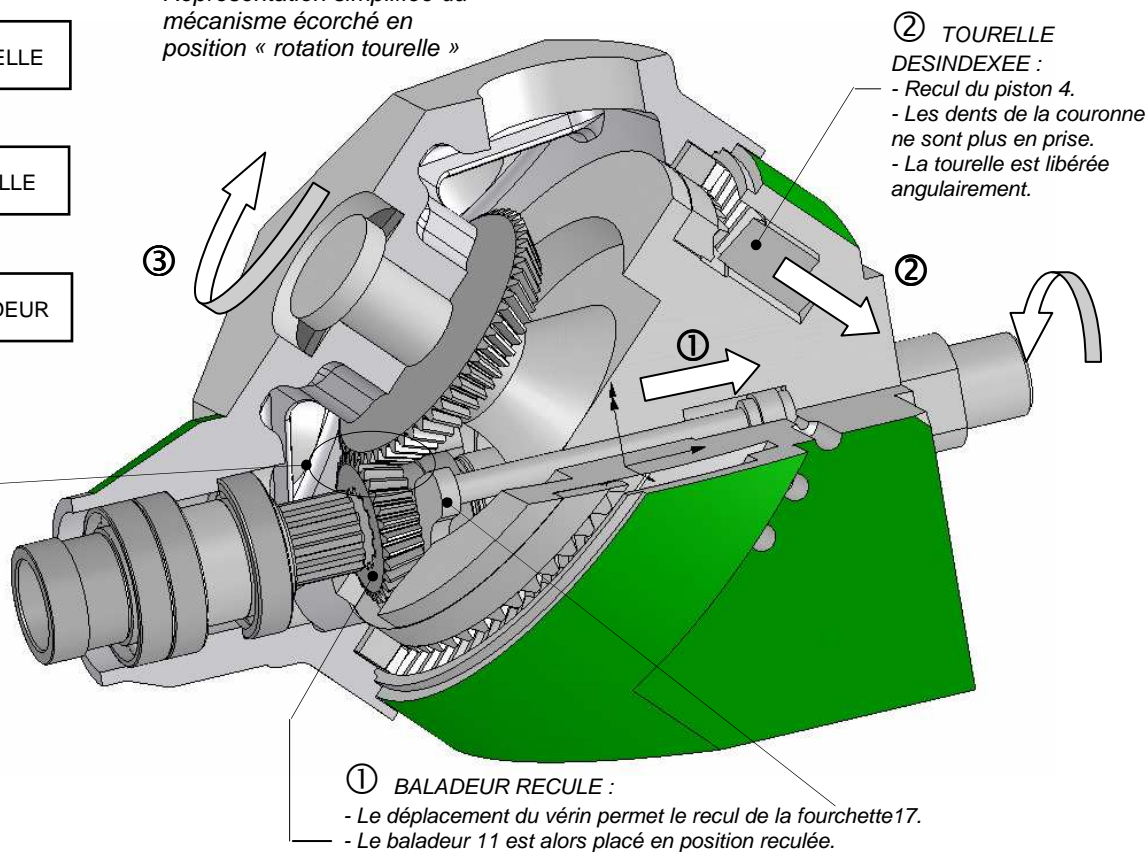
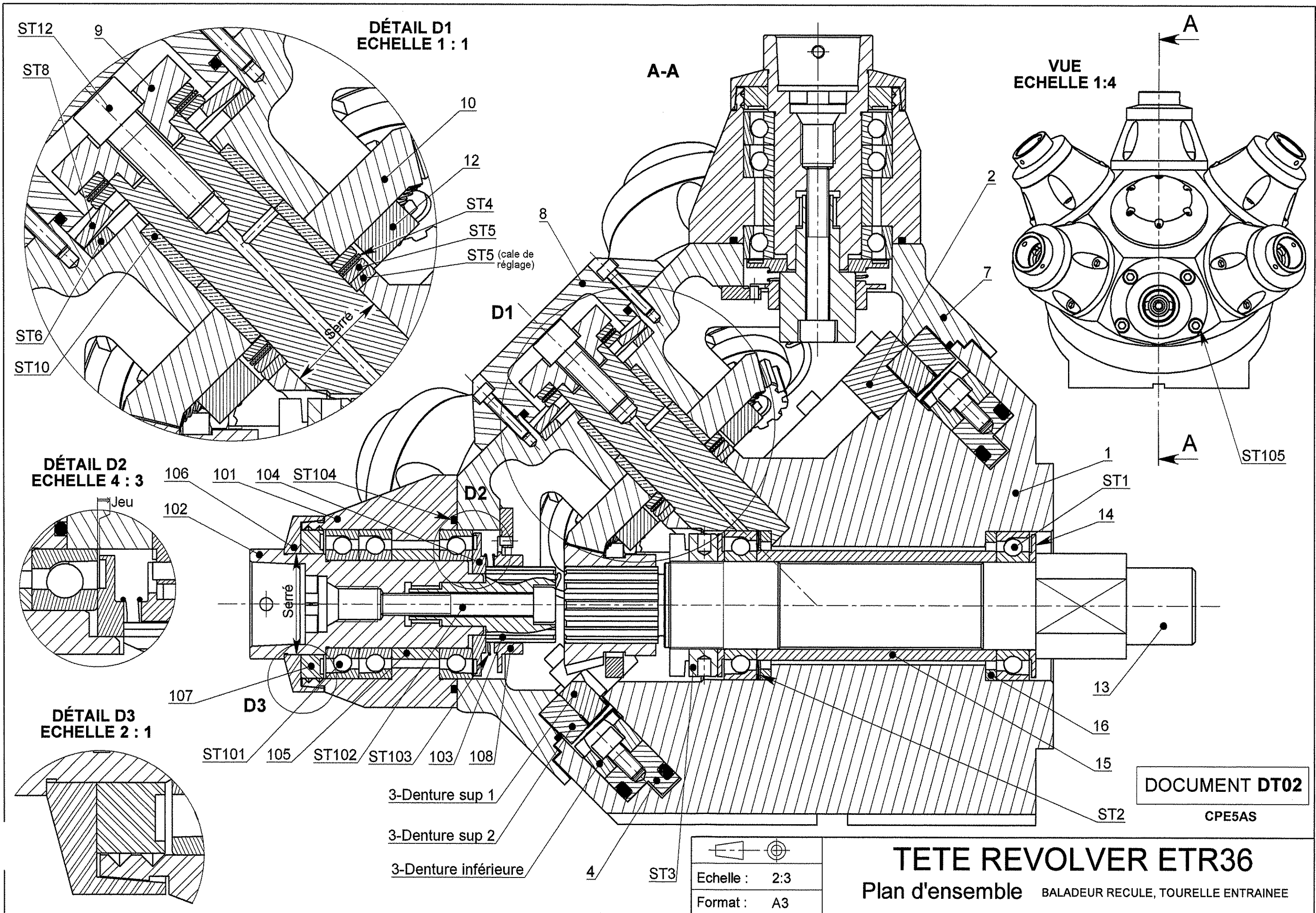


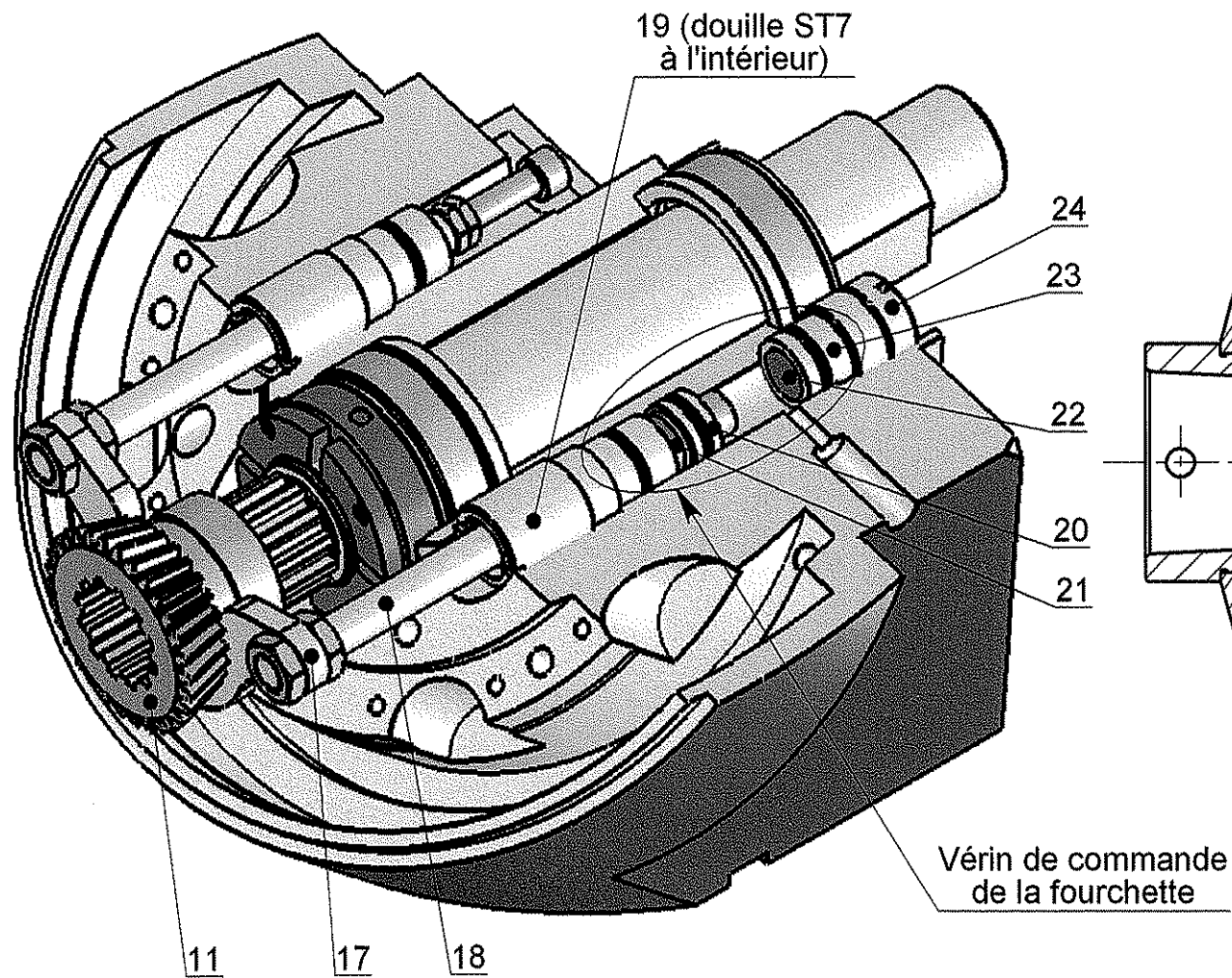
Figure 5 :
Représentation simplifiée du mécanisme écorché en position « rotation tourelle »



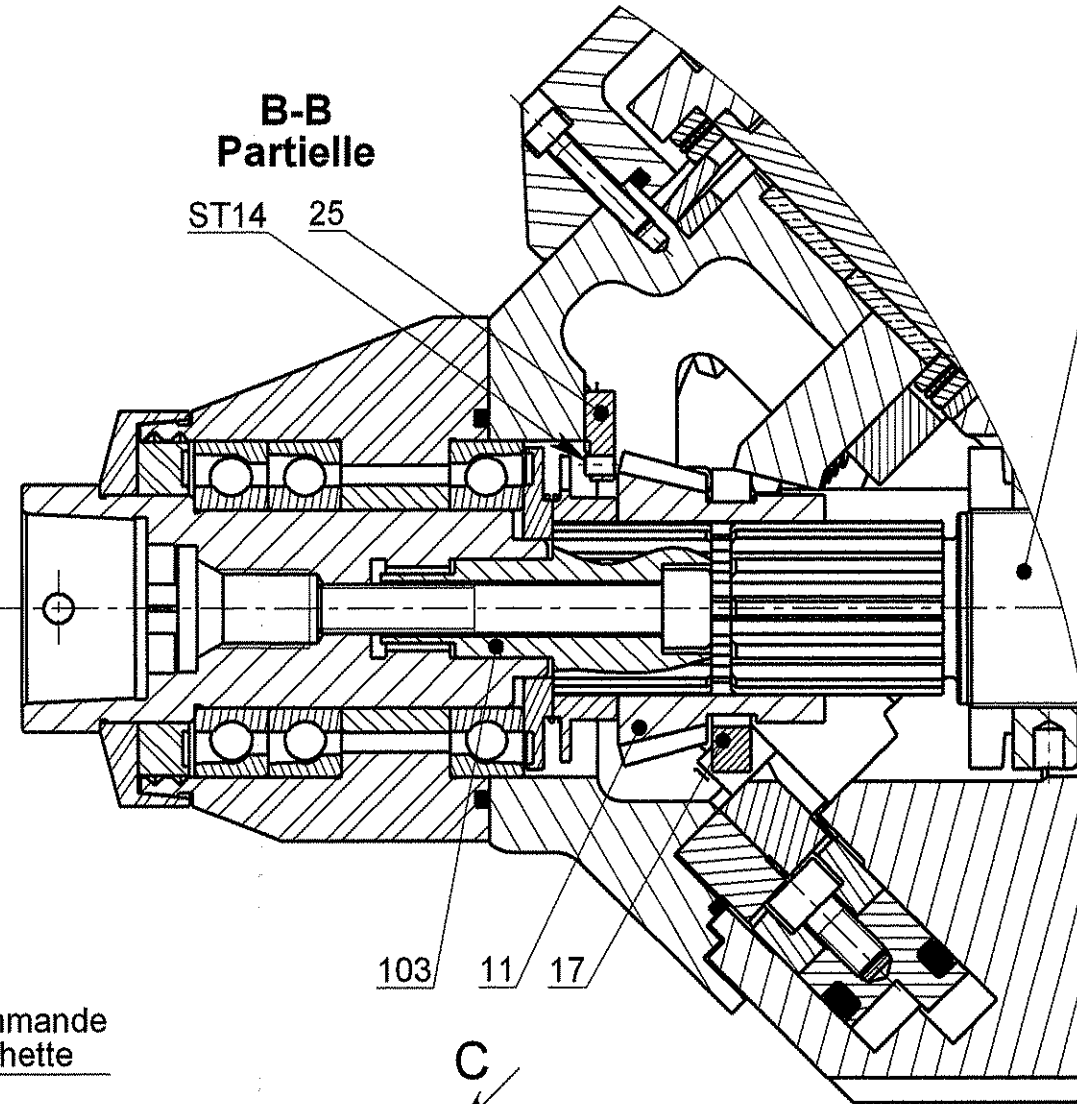
③ TOURNER TOURELLE :
La puissance du moteur est transmise par l'engrenage conique et permet la rotation de la tourelle.



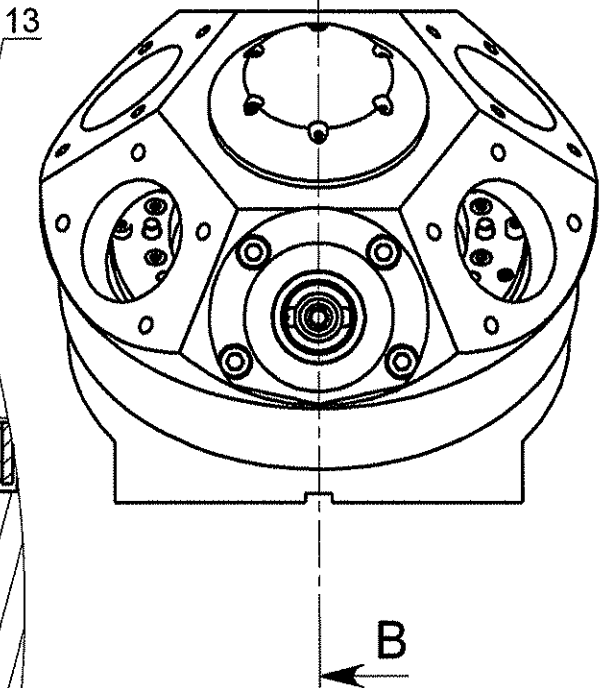
**VUE PARTIELLE EN PERSPECTIVE
ECHELLE 1:2**



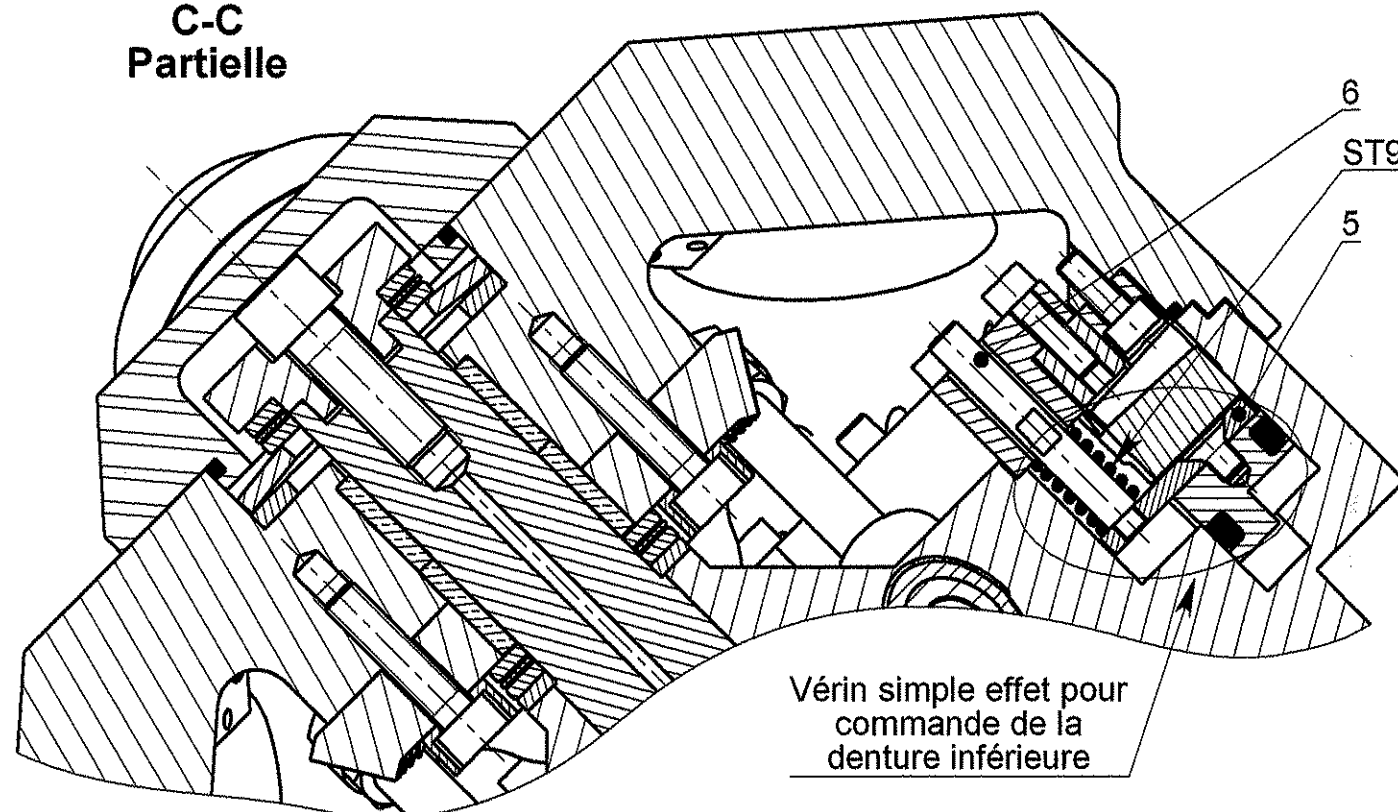
**B-B
Partielle**



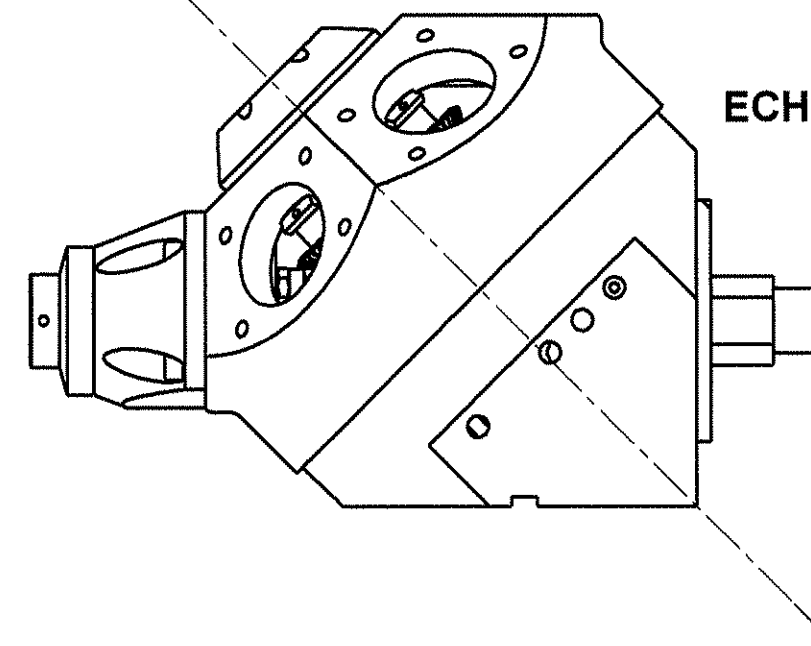
**VUE
ECHELLE 1:4**



**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

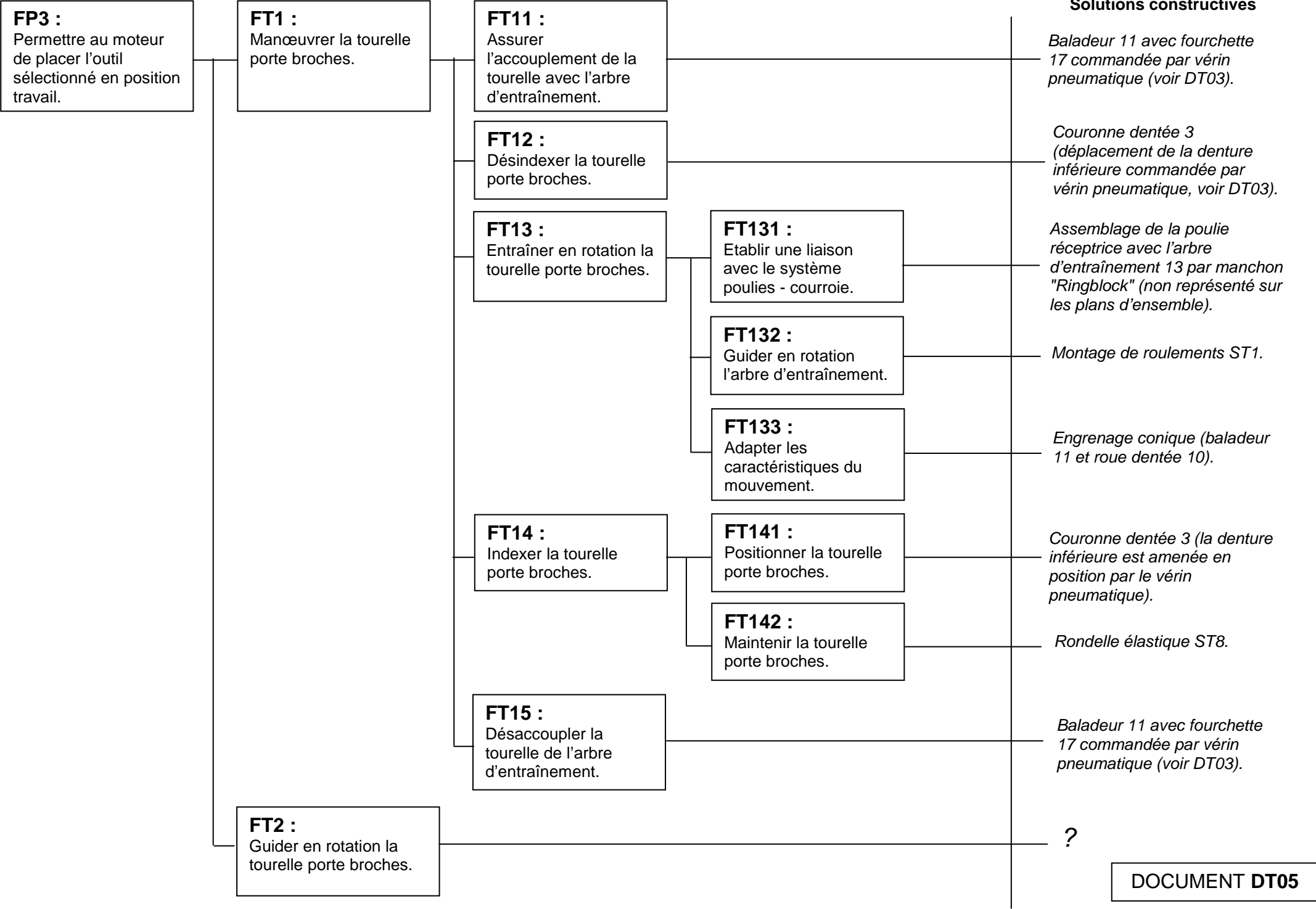
Plan d'ensemble

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

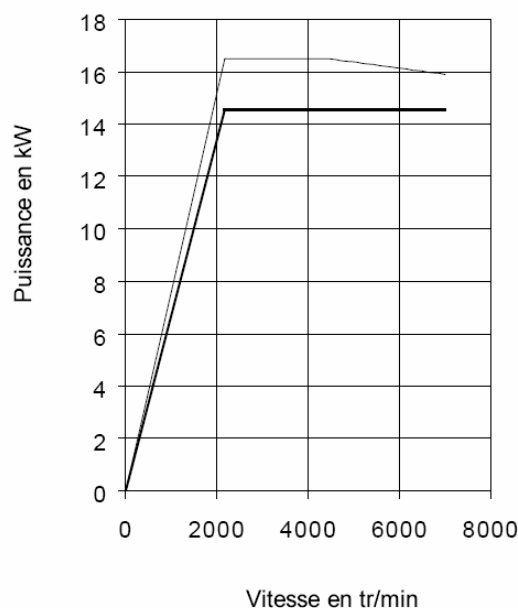
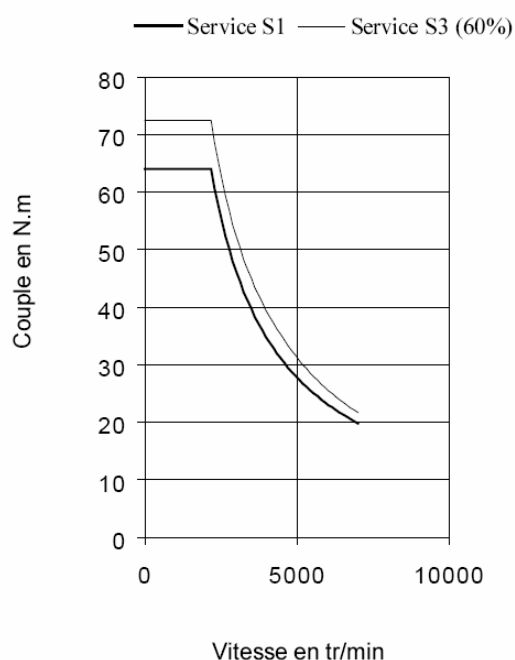
8 avenue du Lac / BP249
F-21007 DIJON Cedex

| | | | |
|--|--------------------|-------------------|------|
| Puissance en service S1 | 14.5 | kW | Ps1 |
| Puissance en service S3 | 16.5 | kW | Ps3 |
| Couple permanent en rotation lente | 64 | N.m | Mo |
| Couple en service S3 et rotation lente | 72.5 | N.m | MoS3 |
| Vitesse de base | 2170 | tr/mn | Nb |
| Vitesse maximale | 7000 | tr/mn | Nmax |
| Tension d'alimentation continue en charge | 530 | V | Û |
| Courant permanent en rotation lente | 43.1 | Â | Îo |
| Courant en service S3 et en rotation lente | 50 | Â | ÎoS3 |
| Résistance du bobinage (25°C)* | 0.464 | Ω | Rb |
| Inertie rotor | 0.018 | kg.m ² | J |
| Constante de temps thermique | 20 | min | Tth |
| Masse moteur | 50 | kg | M |
| Refroidissement | 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.

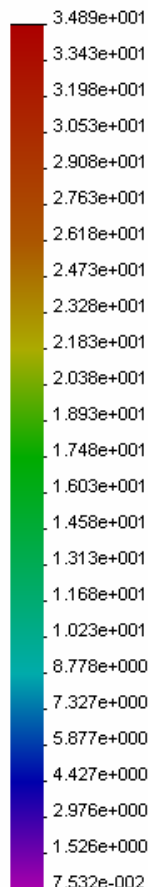
Modélisation retenue pour l'étude des contraintes et des déplacements :

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

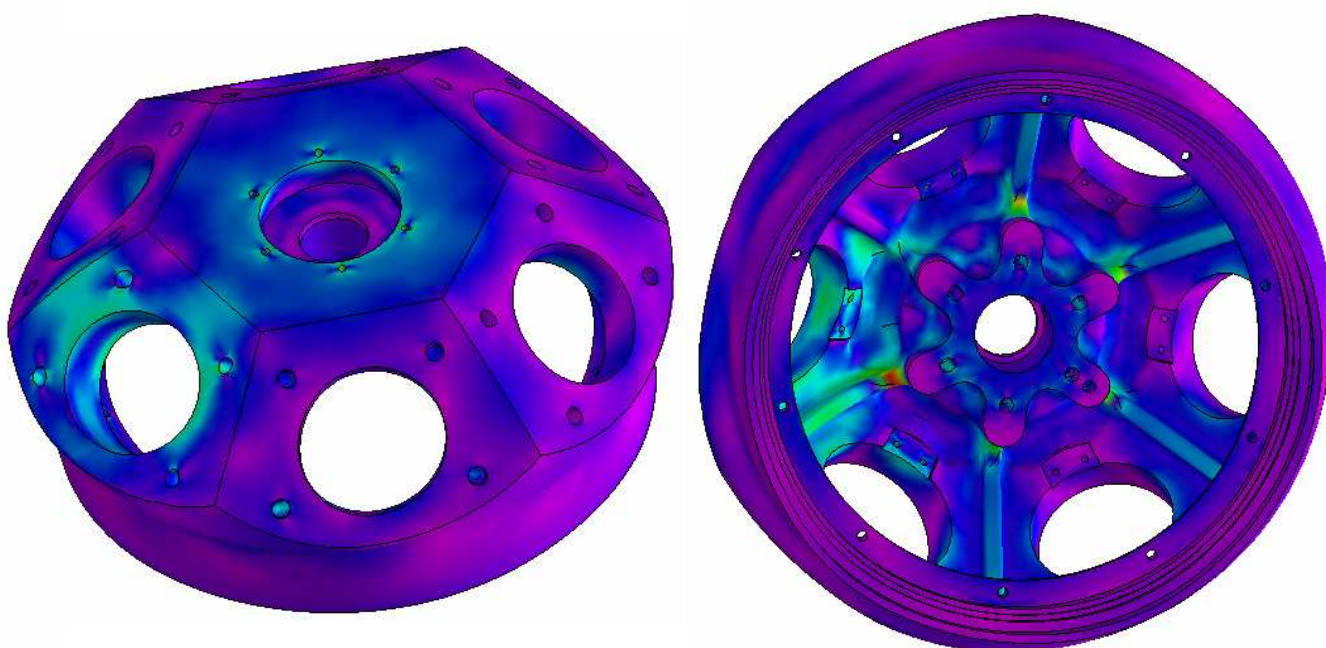
Force à distance modélisant l'effort de coupe sur l'outil

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

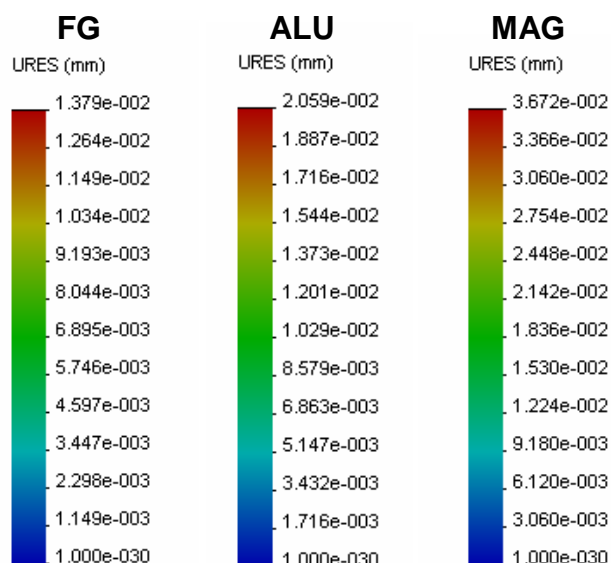
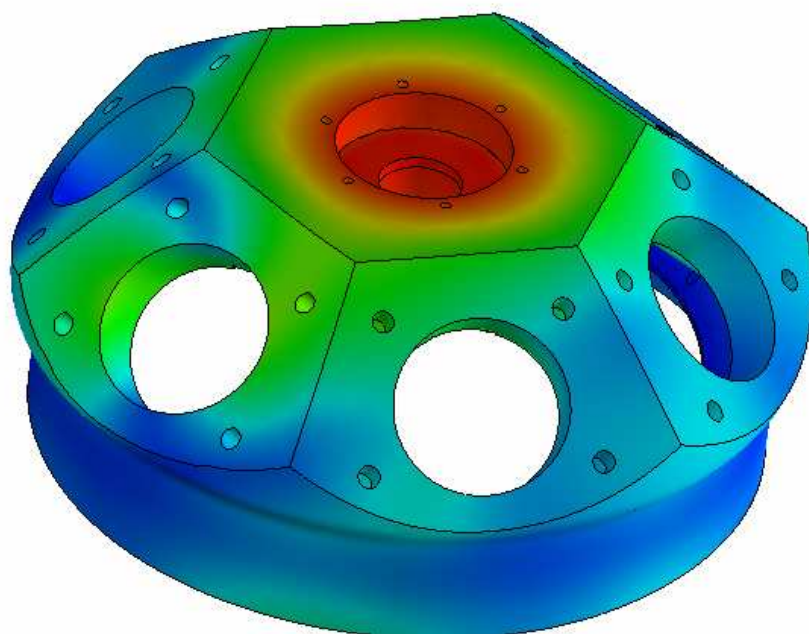
von Mises (N/mm² (MPa))



Etude des contraintes de Von Mises :

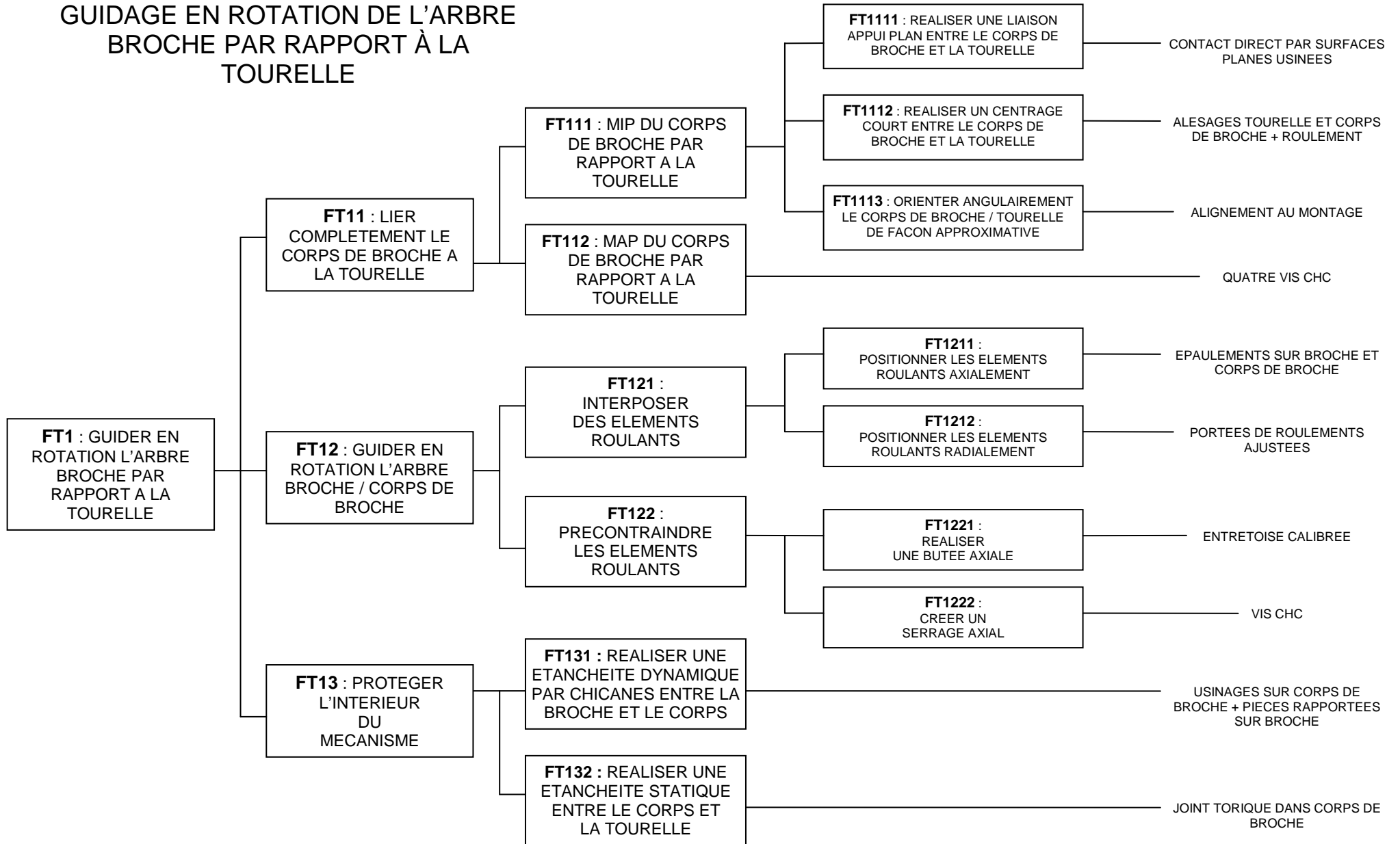


Etude des déplacements (URES déplacement résultant) :



FAST DE DESCRIPTION

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

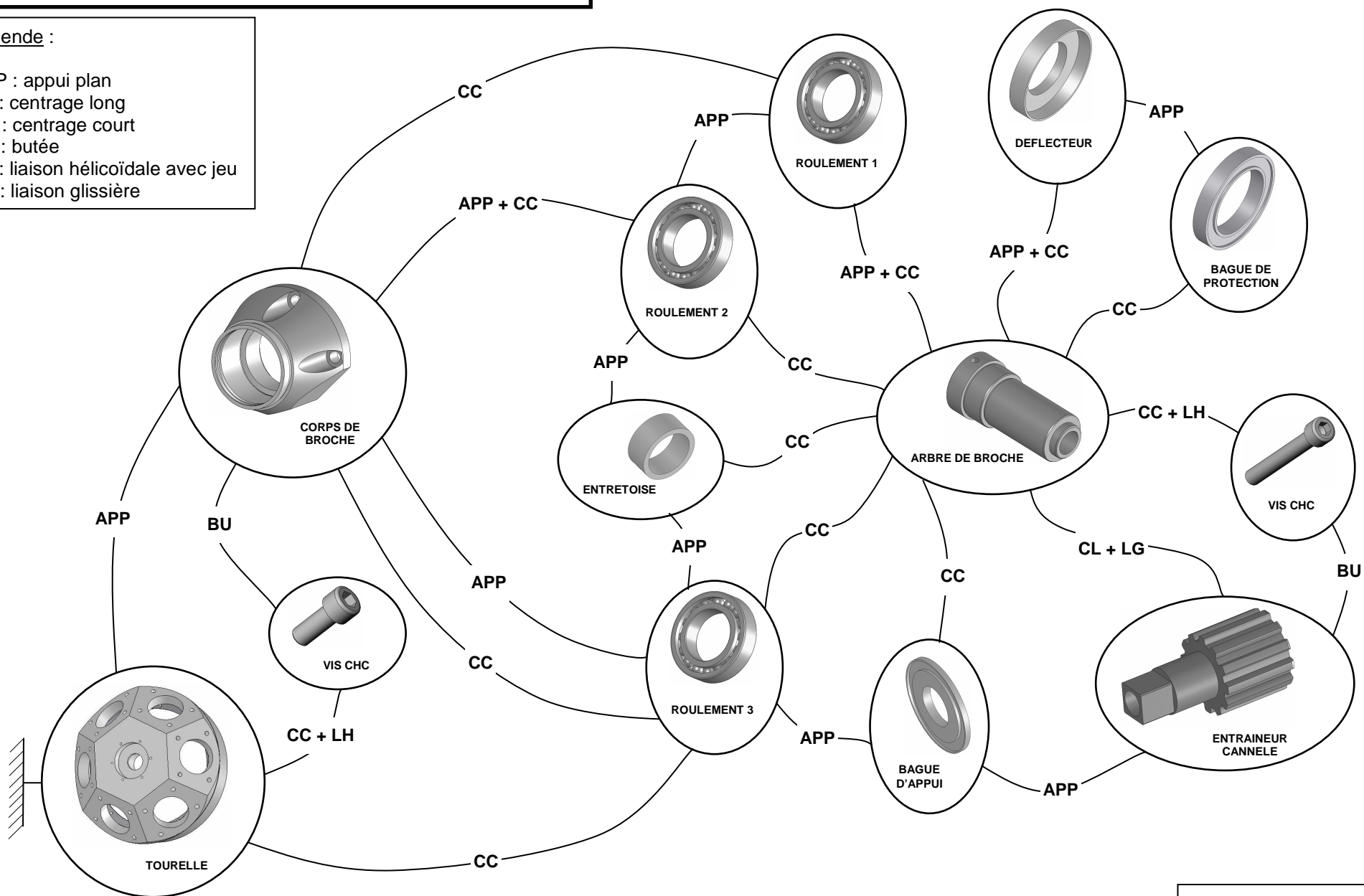


MIP : Mise en Position.
MAP : MAintien en Position

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 |

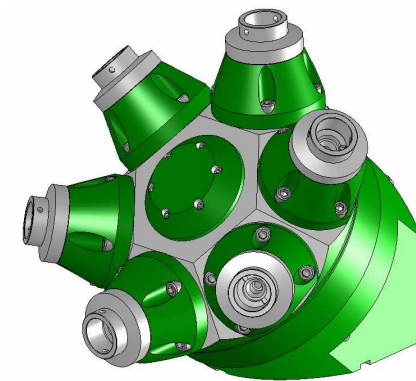
TOLERANCES ISO

| Arbre diamètre nominal Au- Jusqu'à dessus Incl. de | | Tolérance h4 Écarts | | h3 | | js3 | | js4 | | js5 | |
|---|----|---------------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| | | 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 Au- Jusqu'à dessus Incl. de | | Tolérance js6 Écarts | | k4 | | k5 | | m5 | | n5 | |
|---|----|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 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 |

ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

DOSSIER TRAVAIL



Ce dossier comporte 7 pages.

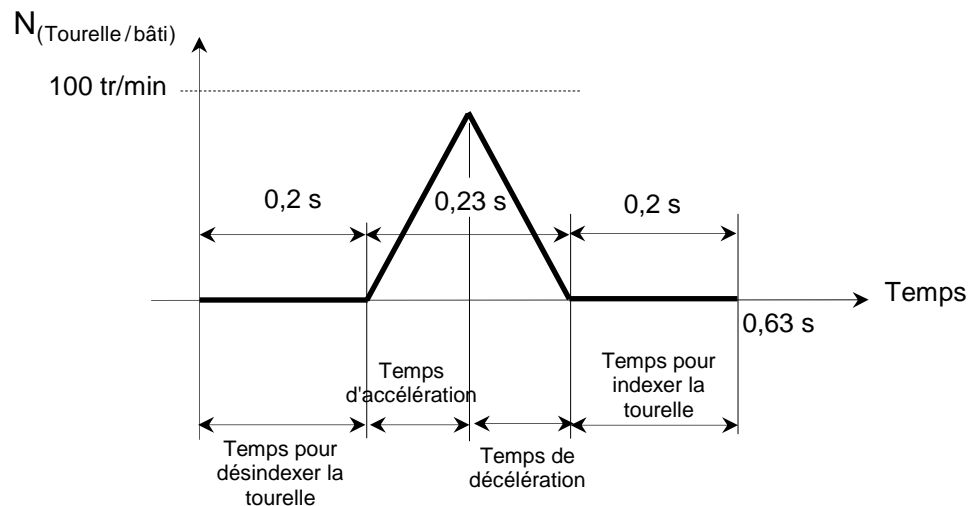
Il est conseillé de respecter les temps suivants :
Lecture Dossier Travail : 20 min maxi
Partie 1- 2h
Partie 2- 1h 40 min

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 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**.

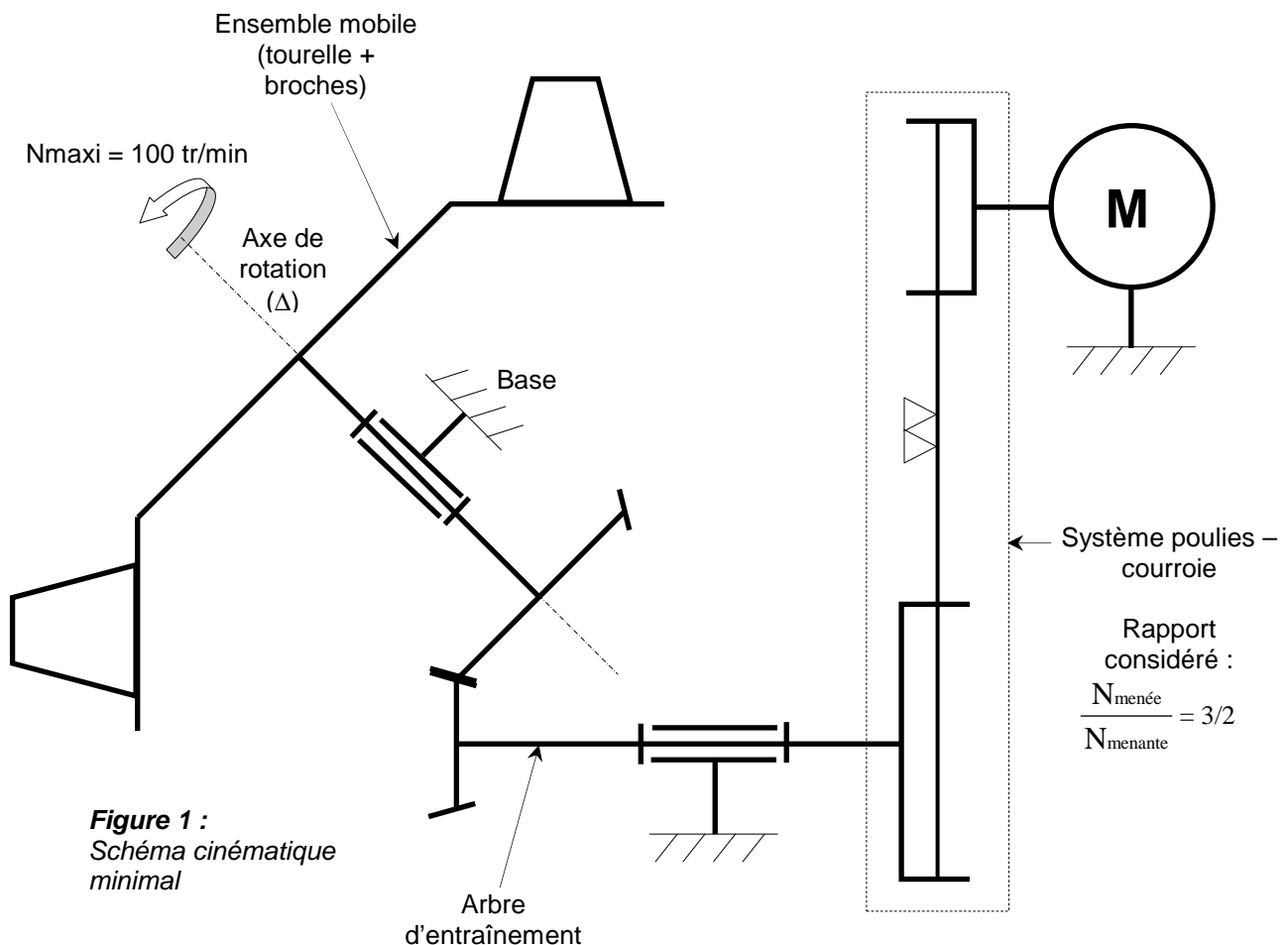


Figure 1 :
Schéma cinématique minimal

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 ($8 \cdot 10^3 \text{ N}$ 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 kg.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

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

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

Question 13 :

DRep02
Feuille de copie

On va s'intéresser au coût que représente le changement de matériau. Pour cela on donne le graphe N°2 de **DRep02**.

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 :

Feuille de copie

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

Question 15 :

Feuille de copie

Présenter sous forme d'un tableau les résultats du comparatif ALU et MAG :

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

Quel matériau peut être retenu ? Justifier.

Question 16 :

Feuille de copie

Les OBJ2 et OBJ4 sont très contraignants car :

- 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.

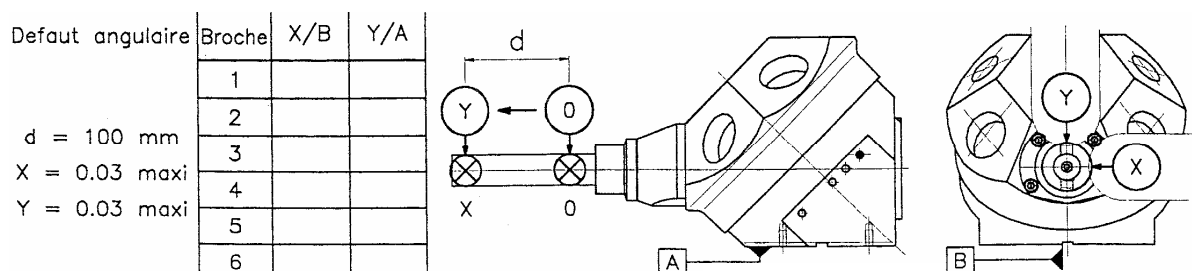


Figure 2 : Extrait du document de contrôle géométrique de la tête revolver ETR 36

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 $\alpha_{\text{admissible}} = 0,0172^\circ$ ($\tan \alpha_{\text{admissible}} = 0,03 / 100$).

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.

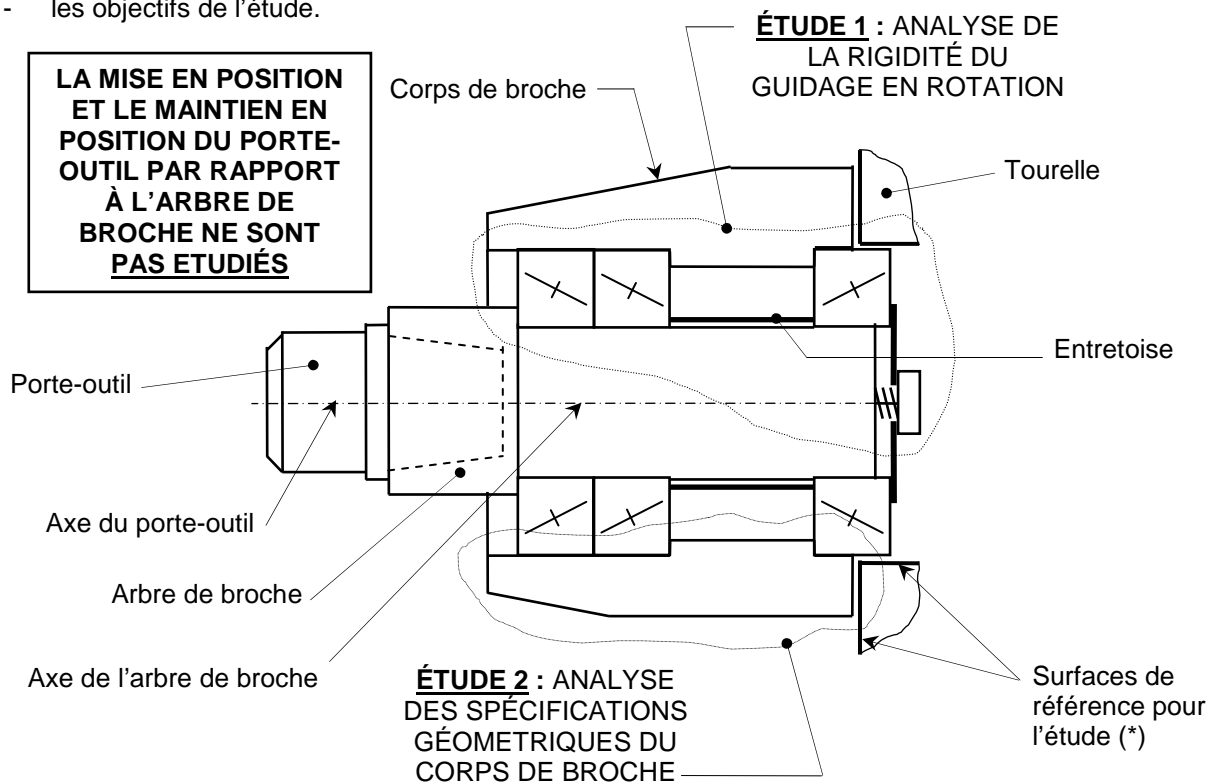


Figure 3 : Schéma de principe du guidage en rotation de l'arbre de broche par rapport à la tourelle.

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 : $20 \begin{smallmatrix} +0,021 \\ 0 \end{smallmatrix}$.

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.

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.

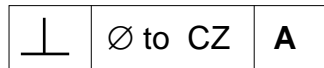
Nous porterons une attention particulière à la cotation de cette pièce afin de pouvoir définir le défaut angulaire possible pour l'axe de l'arbre de broche.

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.

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

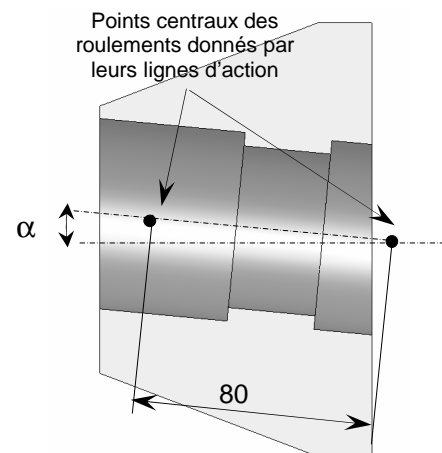
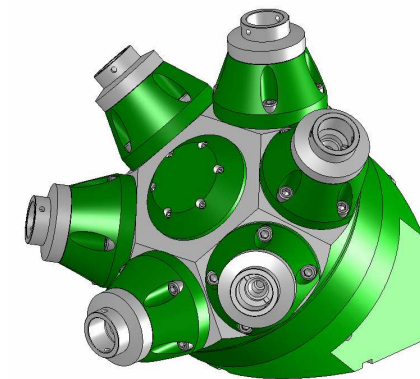


Figure 4 :
Défaut d'orientation
dans un plan

ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS

DOSSIER RÉPONSE

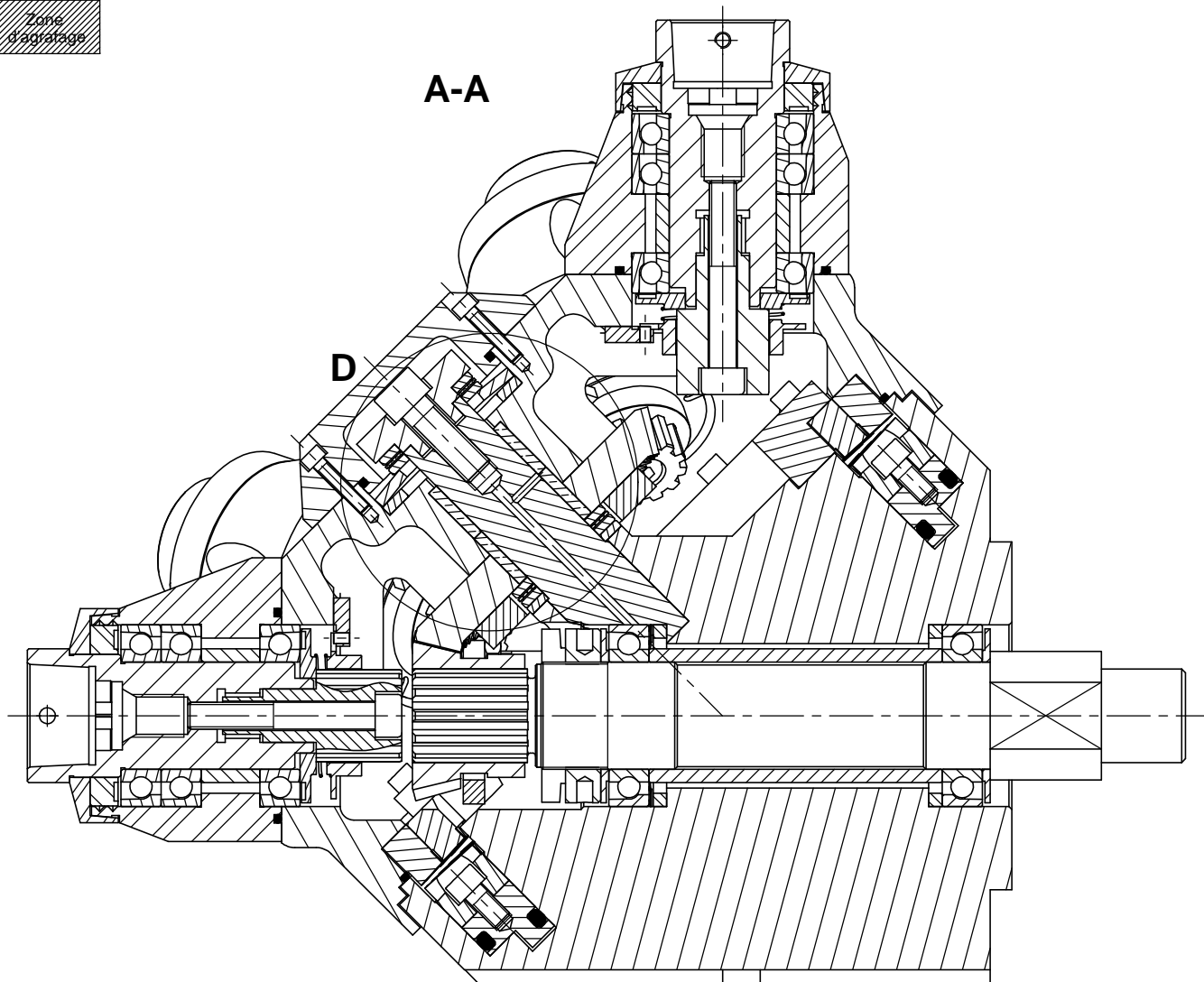


- DRep01 – Vue en coupe du mécanisme.
- DRep02 – Graphes extraits d'une banque de données sur les matériaux.
- DRep03 – Vues en coupe de la broche.
- DRep04 – Dessin de définition incomplet de l'entraîneur cannelé.
- DRep05 – Graphe hiérarchisé de l'arbre de broche.
- DRep06 – Dessin de définition de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

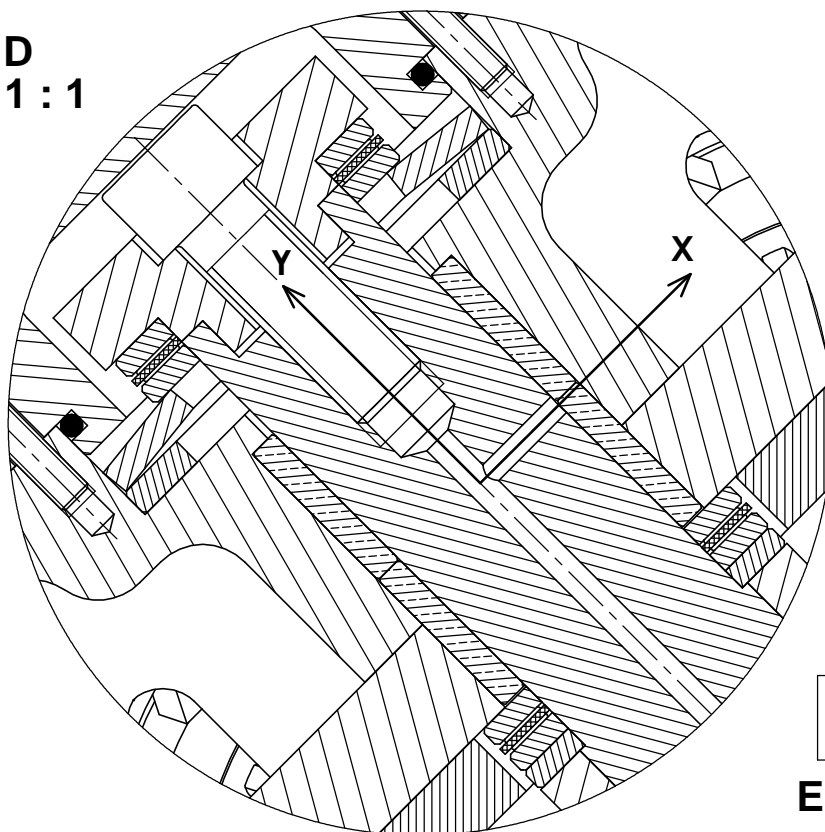
Zone
d'agrafage

A-A

D



DÉTAIL D
ECHELLE 1 : 1

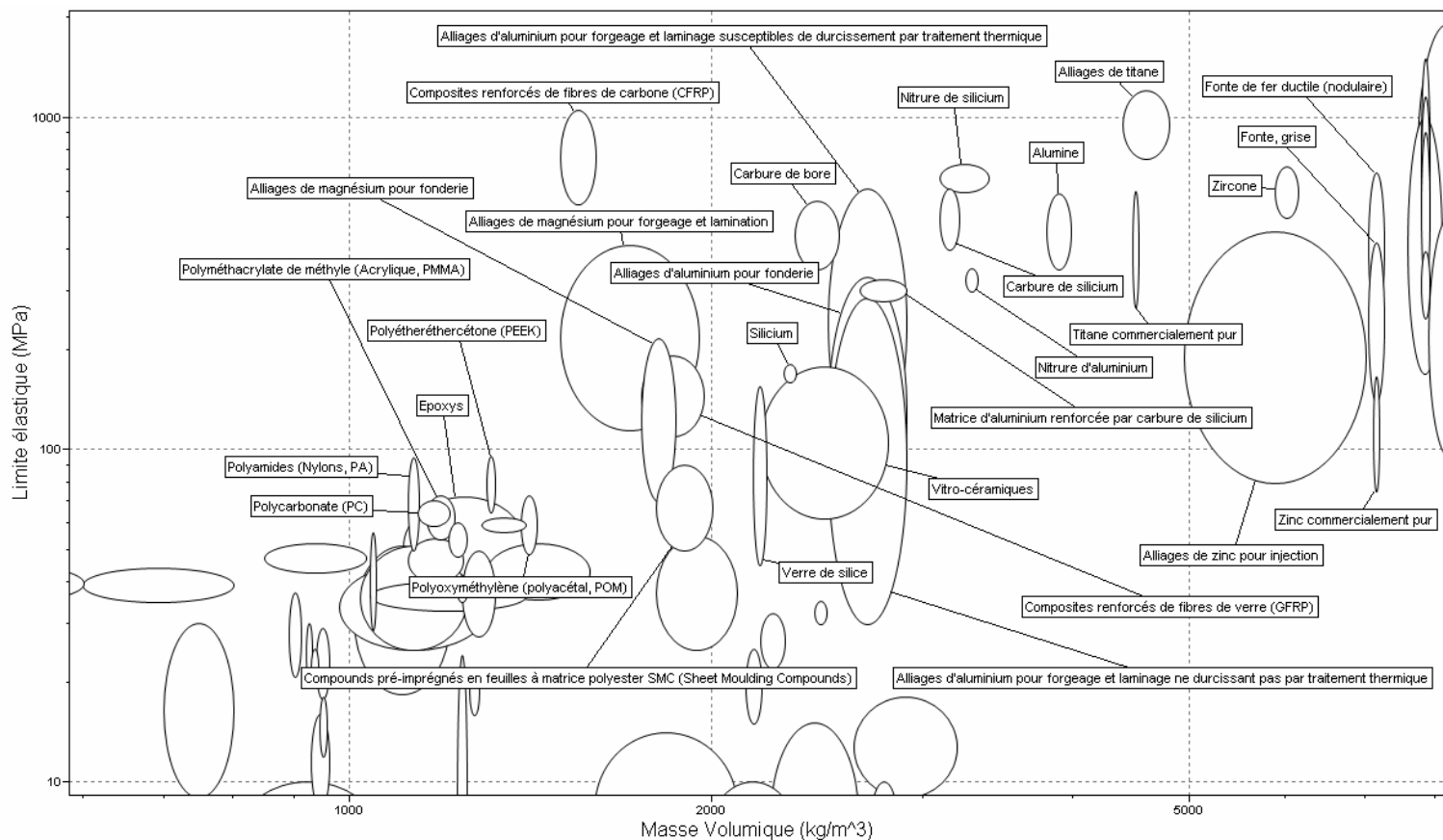


DOCUMENT
DRep01

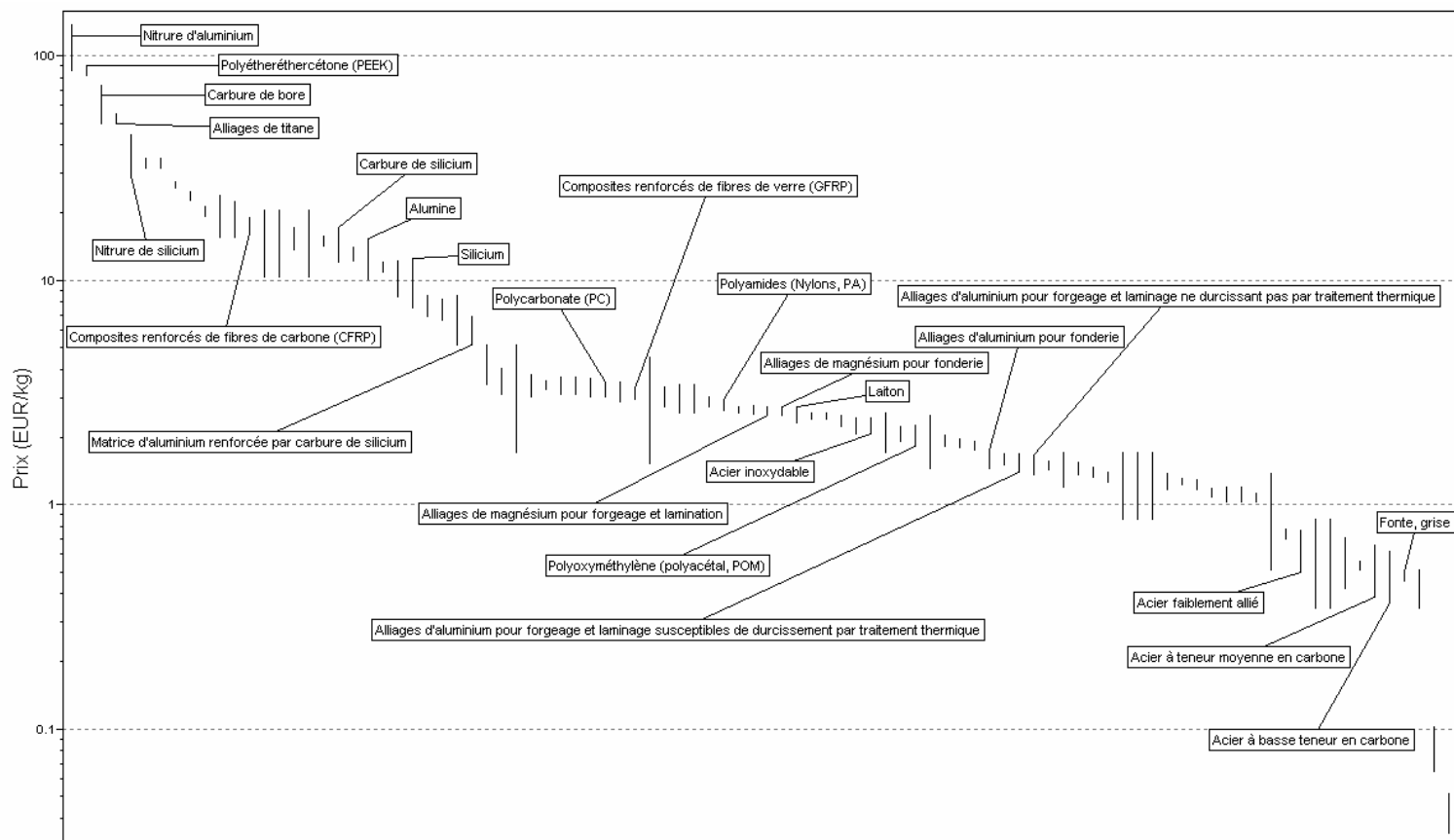
ECHELLE 2 : 5

Zone
d'agrafage

Graphe N°1



Graphe N°2

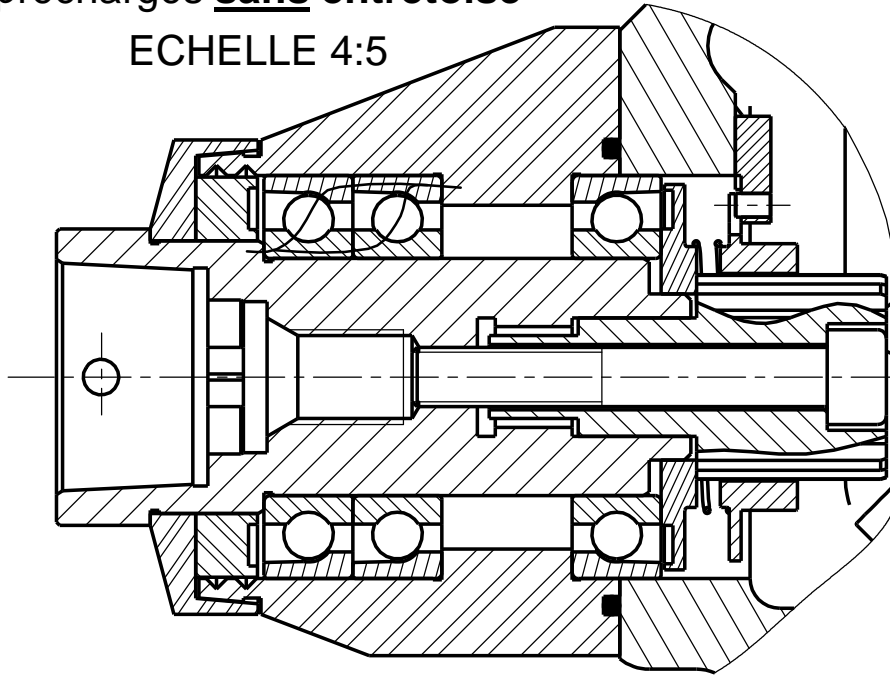


Zone
d'agrafage

Montage de roulements
préchargés **sans entretoise**

A-A

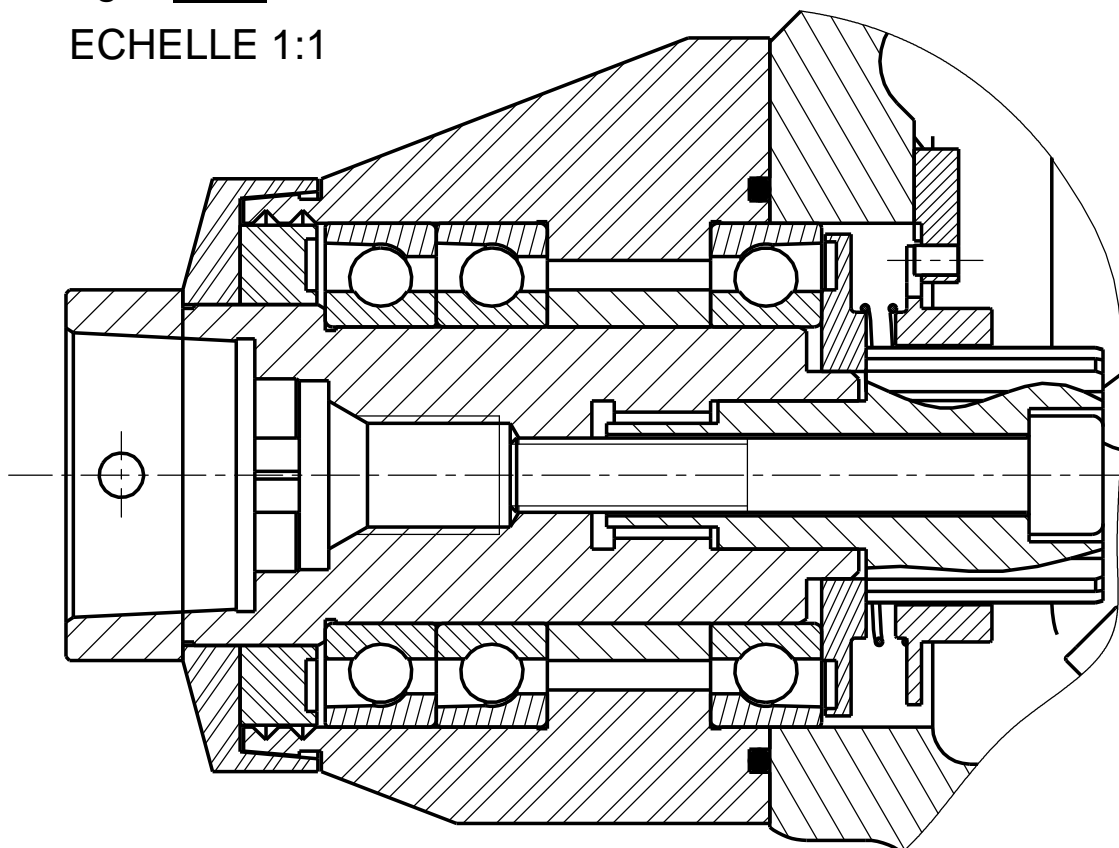
ECHELLE 4:5



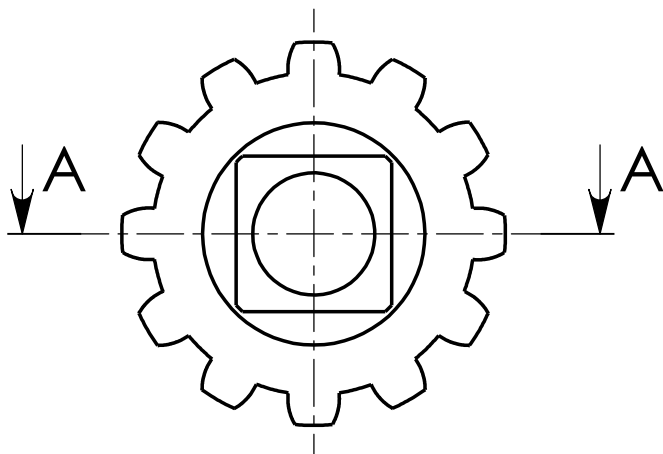
Montage de roulements
préchargés **avec entretoise**

A-A

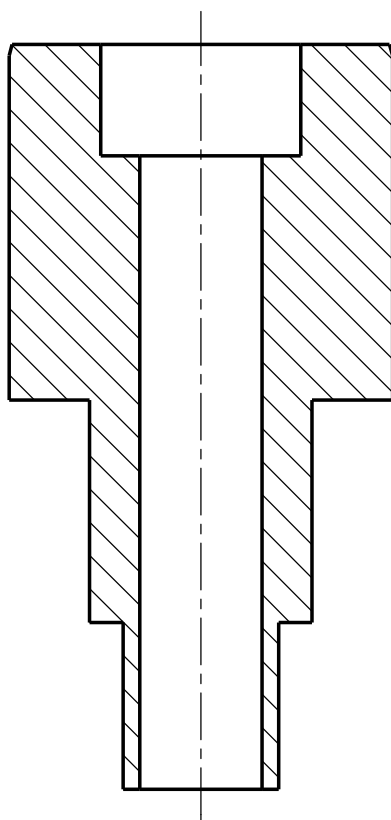
ECHELLE 1:1



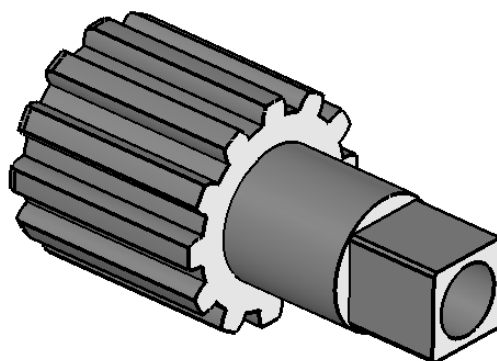
Zone
d'agrafage



A-A

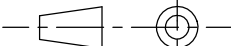


**Vue en perspective
ECHELLE 1:1**



Document DRep04

Tolérances générales : ISO 2768 mK

| | | | | |
|---|------|--|---------|-------------|
| 103 | 1 | Entraîneur cannelé | Acier | Traité |
| Rep. | Nbre | Désignation | Matière | Observation |
|  | | <div>TETE REVOLVER ETR36</div> <div>Entraîneur cannelé</div> | | |
| Echelle : 3:2 | | | | |
| Date : 10/03/2007 | | | | |
| Dessiné par : EF | | Fichier : DRep04_Entraîneur cannelé.slddrw | | Format : A4 |

GRAPHE DE CONTACT HIERARCHISE

| Référence(s), composant(s) parent(s) | Types de contact | Composant étudié : ARBRE DE BROCHE | Référence(s), composant(s) enfant(s) | Types de contact |
|--|---------------------|--|--|---------------------|
| | |  | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Légende :

APP : appui plan

CL : centrage long

CC : centrage court

BU : butée

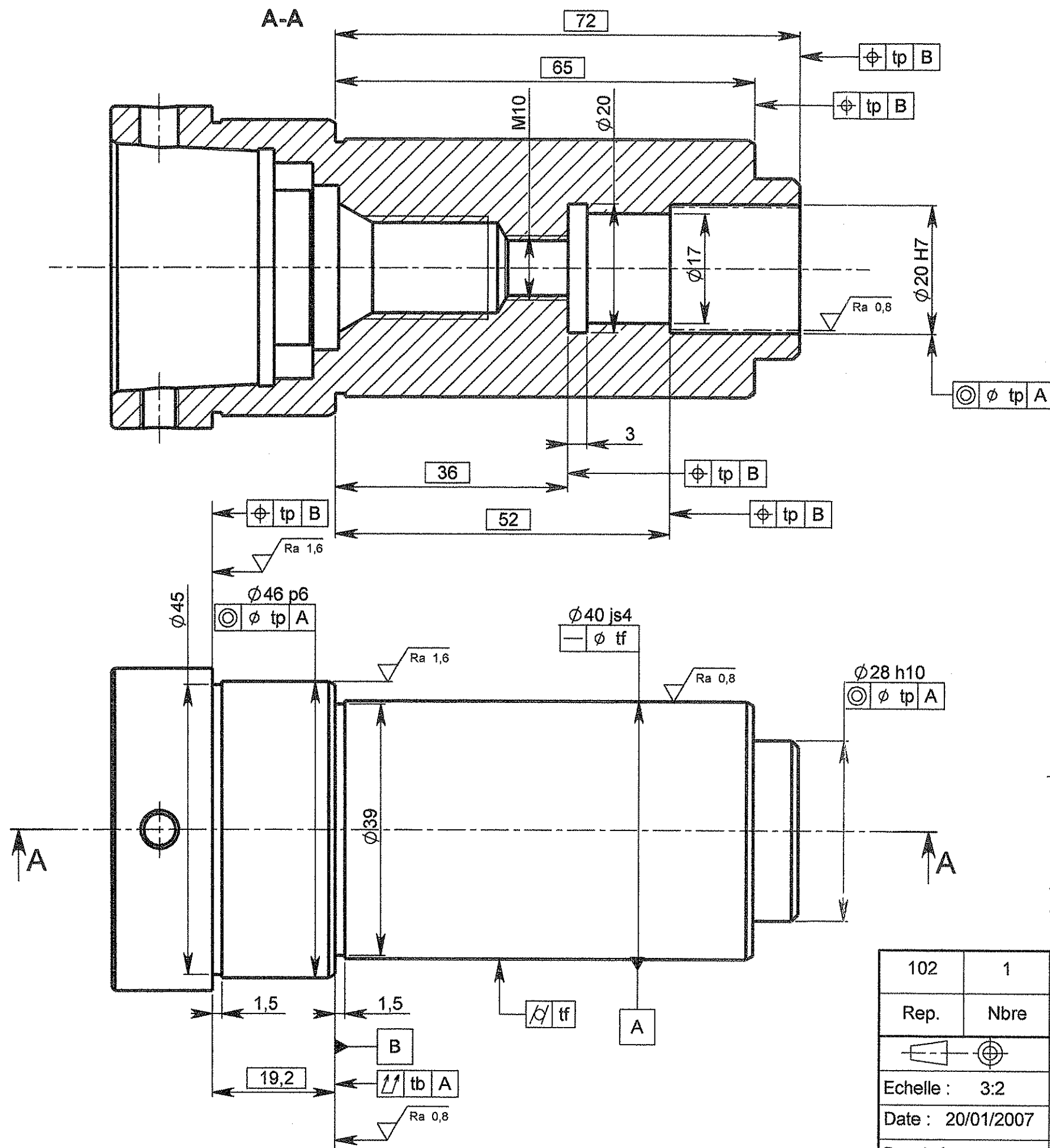
LH : liaison hélicoïdale avec jeu

LG : liaison glissière

Rappel :

Un composant est parent du composant étudié s’il participe à la MIP de ce dernier.


Un composant est un enfant du composant étudié si ce dernier participe à sa MIP.

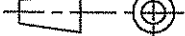


Echelle : 1:1

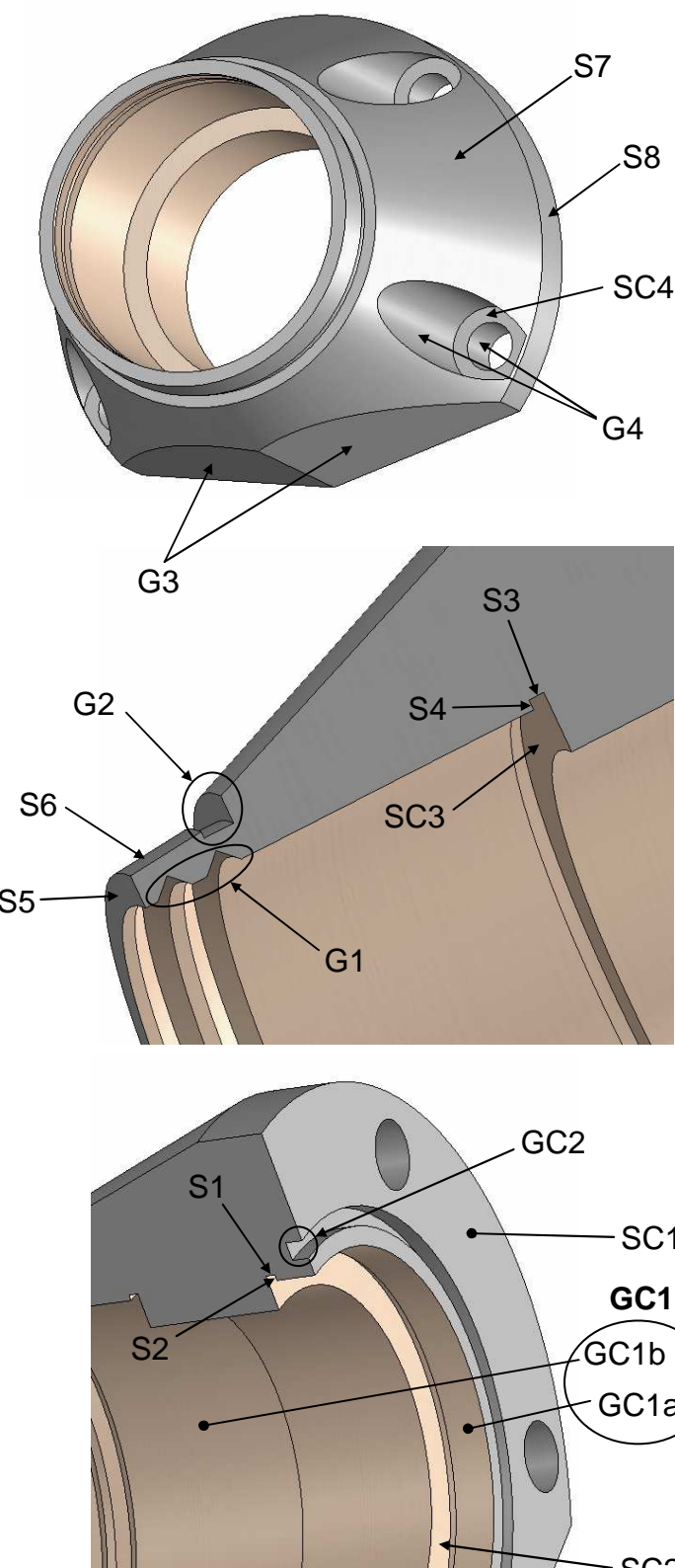
This technical drawing shows a mechanical assembly in a half-section view. The assembly consists of a base plate with a central slot, a cylindrical component with a threaded section, and a flange. The base plate is shown in section with diagonal hatching. The cylindrical component is shown in section with cross-hatching. The flange is shown in section with diagonal hatching. The assembly is shown in a perspective view, with the sectioned parts revealing internal features like threads and internal slots. The drawing is labeled 'Echelle : 1:1' in the top right corner.

DOCUMENT DRep06


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

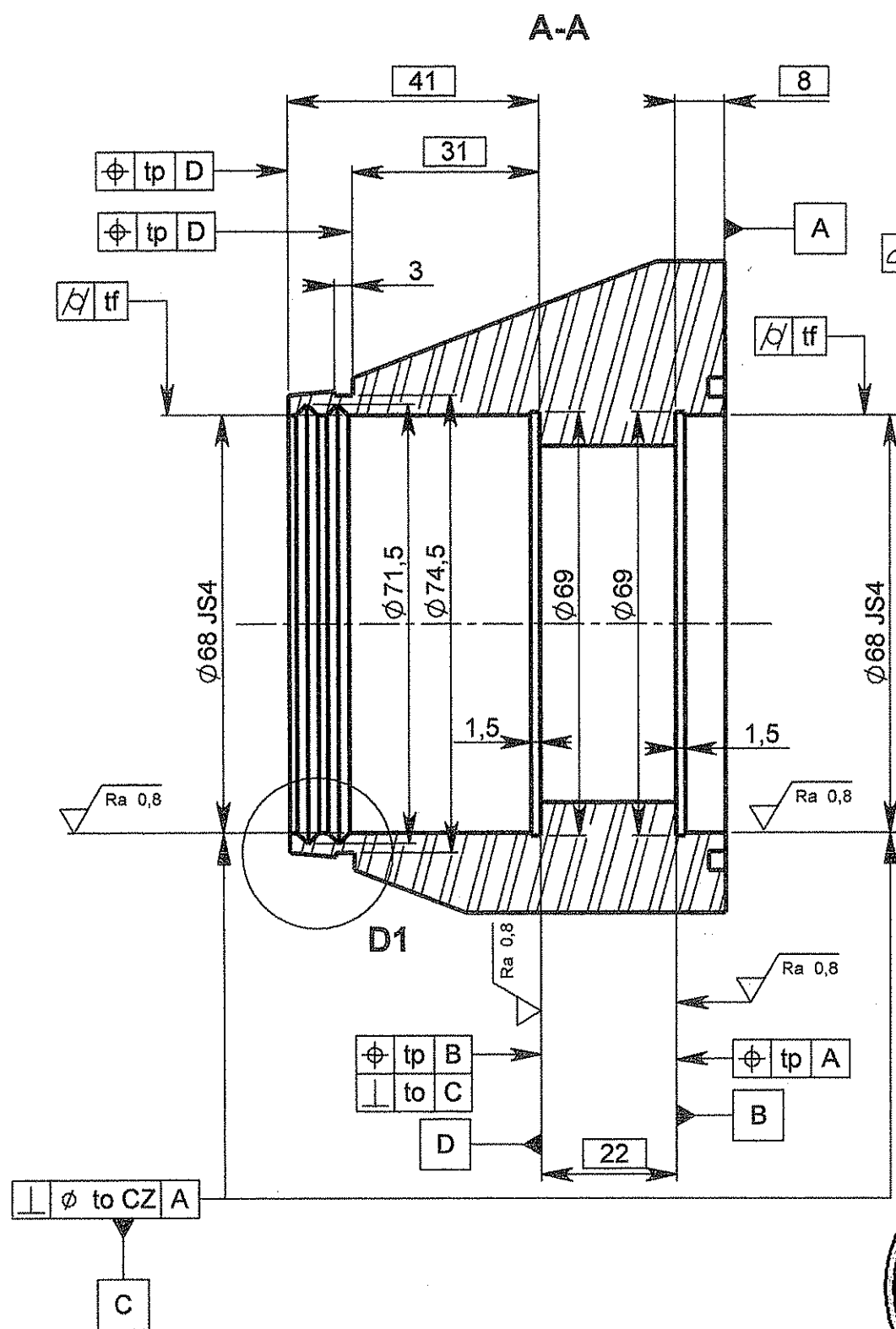
| | | | | |
|---|------|--|-------------|-------------|
| 102 | 1 | Axe de broche | 16 Mn Cr 5 | |
| Rep. | Nbre | Désignation | Matière | Observation |
|  | | <p style="text-align: center;">BROCHE POUR ETR36</p> <p style="text-align: center;">Arbre de broche</p> | | |
| Echelle : 3:2 | | | | |
| Date : 20/01/2007 | | | | |
| Dessiné par : CM-EF | | CPE5AS | Format : A3 | |

Zone d'agrafage

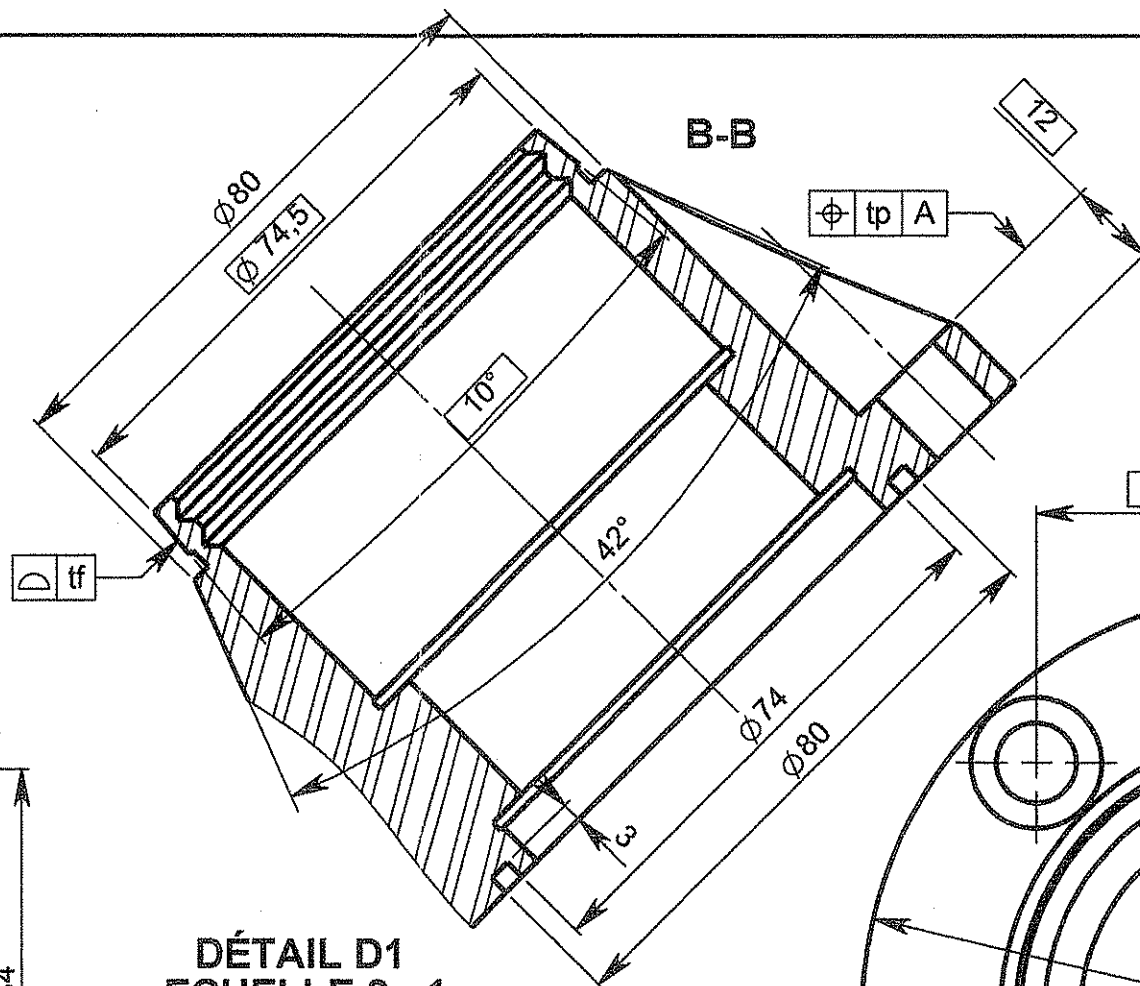
| Analyse des antériorités fonctionnelles et/ou de position – Définition du modèle réf. : CORPS DE BROCHE | | | | Antériorités | | | | | | Caractéristiques | |
|---|--|---|--|--------------|-------------|------------|-------------|-----------|--|--|------------|
| IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE | Fonction Technique Assurée | Surf aces 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 | φet 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 | φet 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 | φet 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 | φet 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

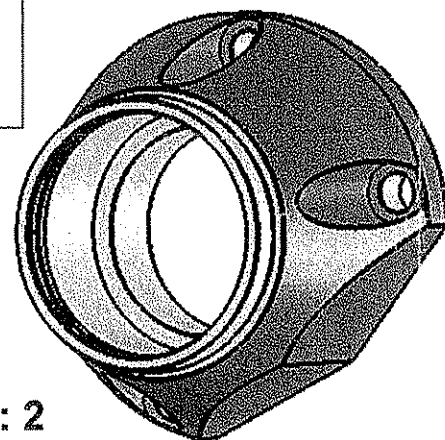
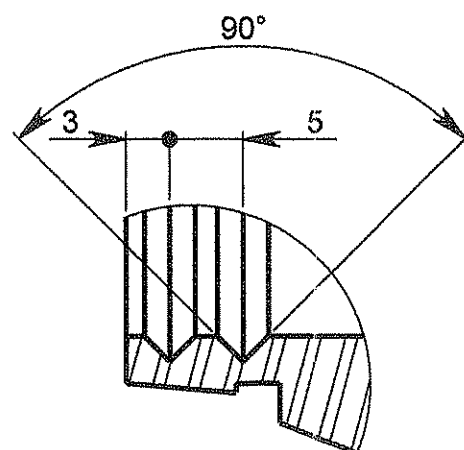
Zone
d'agrafage



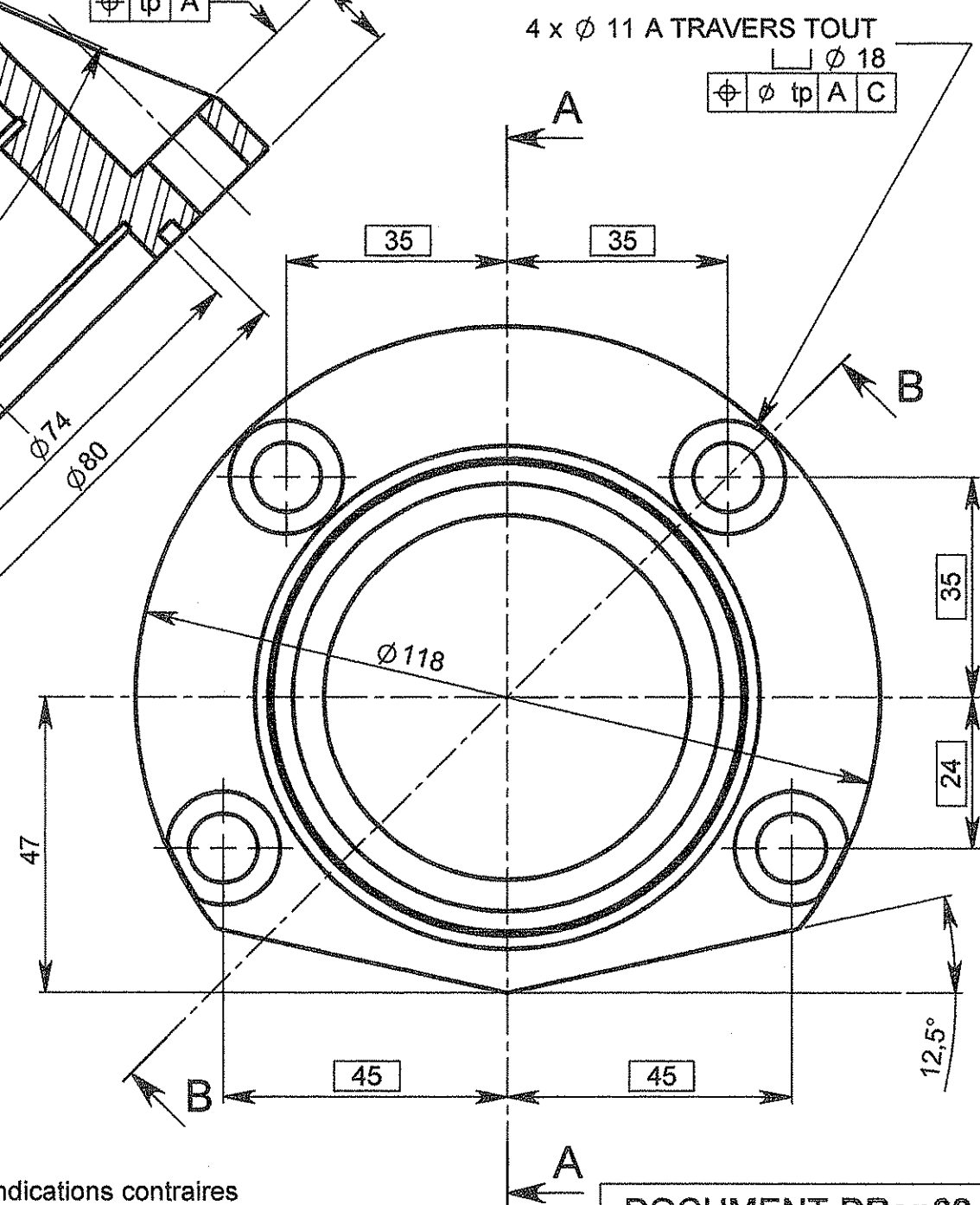
ECHELLE 1 : 2



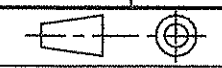
**DÉTAIL D1
ECHELLE 2 : 1**

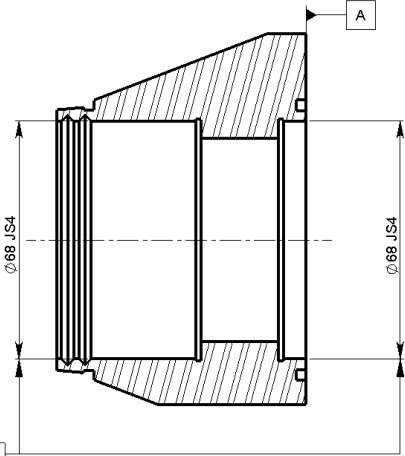


$\sqrt{Ra\ 3,2}$ sauf indications contraires
Tolérances générales : ISO 2768 mK



DOCUMENT DRep08

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

| TOLERANCEMENT NORMALISE | | | | | | | | | | ANALYSE D'UNE SPECIFICATION : Corps de broche | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------------------------------|---|--|--|--|---|-------------------------|--|-------------------|---|
| Symbole de spécification | | | | | | | | | | ELEMENTS NON IDEAUX (points, lignes ou surfaces réelles) | | ELEMENTS IDEAUX (points, droites ou plans associés) | | |
| <input type="checkbox"/> Forme | | | | | <input type="checkbox"/> Orientation | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Position | | | | | <input type="checkbox"/> Battement | | | | | | | | | |
| 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 : | | | | | | | | | | | | | | |
| <div></div> | | | | | | | | | | | | | | |