



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

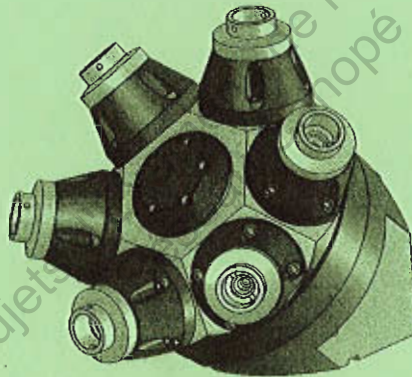
# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

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

**ÉPREUVE U52  
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS**

**CORRIGÉ**



## PARTIE 1 – ETUDE DE L'INERTIE DE LA TOURELLE

## 11 – PROBLEMATIQUE.

## 12 – DEROULEMENT DE L'ETUDE.

## 13 – ETAPE 1 : ANALYSE DU MECANISME.

**Question 1 :** Voir document DRep01.

**Question 2 :** Solution constructive de la liaison pivot entre la tourelle et la base :

- Centrage long grâce à deux coussinets autolubrifiants ST10 montés l'un contre l'autre. Degrés de liberté éliminés : Tx, Tz, Rx et Rz.  
Butée grâce à des butées à aiguilles (une butée à aiguilles comprend une cage à aiguilles ST4 et deux rondelles ST5). Degré de liberté éliminé : Ty.  
Il reste bien la liberté de rotation autour de l'axe Y.
- Intérêt des butées à aiguilles :  
La rondelle élastique ST8 exerce un effort axial permanent important (jusqu'à 8000 N). Les butées à aiguilles permettent de limiter le couple résistant (la résistance au roulement étant très inférieure à la résistance au glissement).

**Question 3 :** On se place à la vitesse de rotation maxi de la tourelle :

$$N_{(\text{tourelle/base})} = 100 \text{ tr/min}$$

$$N_{m \text{ maxi}} = \frac{Z_{10}}{Z_{11}} \cdot \frac{3}{2} \cdot N_{(\text{tourelle/base})} = 300 \text{ tr/min}$$

L'analyse de la courbe du couple moteur en fonction de la vitesse de rotation (voir DT06) montre que, pour une vitesse inférieure ou égale à 300 tr/min, le couple est constant.

**Question 4 :** Durant la phase de fonctionnement étudié, le couple est constant. Pour faire varier l'accélération (ou la décélération), on ne peut donc qu'agir sur le moment d'inertie de l'ensemble mobile autour de son axe de rotation.

## 14 – ETAPE 2 : MATERIAU DE LA TOURELLE.

**Question 5 :** La fonte grise possède (voir document DT07) :

- Une excellente aptitude à fondre lui permettant d'être coulée dans des formes compliquées.
- Une très bonne usinabilité.
- Une bonne capacité à amortir les vibrations (courantes en usinage).

**Question 6 :** Le graphe N°1 du document DRep06 prend en compte deux critères :

- La masse volumique, critère de légèreté pour limiter les efforts dus aux effets dynamiques ( $\diamond$  OBJ1).
- La limite élastique, critère de résistance pour rester dans le domaine élastique du matériau ( $\diamond$  OBJ2).

**Question 7 :** Sur le document DT07 :  $\rho_{\text{ENGJL-250}} = 7200 \text{ kg/m}^3$ .

$$\rho_{\text{maxi OBJ1}} = \rho_{\text{ENGJL-250}} \cdot (1-0,6) = 2880 \text{ kg/m}^3$$

**Question 8 :** La lecture du document DT08 donne une contrainte maxi de 34,89 MPa. La limite élastique minimale répondant à OBJ2 sera donc :

$$Re_{\text{mini OBJ2}} = 34,89 \cdot 2 \approx 70 \text{ MPa}$$

Remarque : la contrainte maxi est très localisée sur une nervure de la tourelle, on reviendra sur ce point en question 16.

**Question 9 :** Voir graphe N°1 de **DRep02**.

**Question 10 :** La complexité des formes de la tourelle impose l'obtention de la tourelle en fonderie.  
La taille de la série (100 pièces/an) impose un moulage au sable.

**Question 11 :** Sur le graphe N°1 de **DRep02** :

- Alliage d'aluminium pour fonderie.
- Alliage de magnésium pour fonderie.

Les deux matériaux respectent les OBJ1 et OBJ2 (ils sont dans la zone définie en question 9). De plus, le procédé d'obtention est la fonderie (respect d'OBJ3).

**Question 12 :** La lecture du document **DT08** donne :

- Variation de ALU / FG :

$$\frac{\Delta_{\text{ALU}}}{\Delta_{\text{FG}}} = 1,5$$

- Variation de MAG / FG :

$$\frac{\Delta_{\text{MAG}}}{\Delta_{\text{FG}}} = 2,7$$

**Question 13 :** Le paramètre du graphe N° 2 de **DRep02** représente uniquement le prix du kilo de matériau : c'est le coût de la matière.  
Le procédé d'obtention étant le même pour l'ALU et le MAG, il n'y aura pas de différence de prix à ce niveau. C'est pourquoi on se limite au coût de la matière.  
Voir sur graphe N°2 les coûts d'ALU et de MAG.  
Augmentation coût pour ALU / FG : 3,4  
Augmentation coût pour MAG / FG : 5,4

### 15 – ETAPE 3 : CONCLUSION.

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

$$(2) \quad t_n = 0,128 \sqrt{\left(\frac{\rho_n}{\rho_{\text{FG}}} + 2,23\right)} \quad n : \text{nouveau matériau (ALU ou MAG)}$$

**Question 14 :** ALU : Temps accélération + décélération = 0,2066s. Soit un gain de 10,2%  
MAG : Temps accélération + décélération = 0,2013s. Soit un gain de 12,5%

**Question 15 :** Tableau des résultats du comparatif ALU et MAG :

	ALU	MAG
Gain temps %	10,2	12,5
Variation déplacement / FG	1,5	2,7
Augmentation coût / FG	3,4	5,4

Choix : **ALU**. Respect du CdC pour l'augmentation de coût et les déplacements les plus faibles. MAG ne donne pas un gain en temps suffisamment important pour justifier son utilisation.

**Question 16 :** Une remise en cause de l'inertie de la tourelle ne peut pas se limiter à changer le matériau. Il faut aussi modifier les formes de la tourelle de manière à améliorer la rigidité et la résistance tout en diminuant la masse volumique.

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

### 21 – OBJECTIF.

### 22 – ETUDE 1 : ANALYSE DE LA RIGIDITE DU GUIDAGE EN ROTATION.

#### 221 – Etude de la précontrainte du montage des roulements

**Question 17 :** Voir document DRep03.

**Question 18 :** Le serrage à fond de la vis ST102 a pour conséquence le coincement des roulements.  
L'entretoise 105 fait office de butée lors du serrage de la vis ST102. Pour garantir la précontrainte, il faut que la longueur de l'entretoise soit inférieure à la distance qui sépare les deux épaulements intérieurs du corps de broche.

**Question 19 :** Voir document DRep03.

**Question 20 :** Voir document DRep03.  
Voir document DRep04.

#### 222 – Etude des ajustements des roulements avec les portées de roulements

**Question 21 :** Voir document DRep05 :

**Question 22 :** Modèle de positionnement entre l'arbre et le corps de broche : CL + APP.  
Voir document DRep06.

**Question 23 :** La cote ISO retenue par le concepteur est  $v 40 js4$ .  
Par rapport aux données techniques des roulements de précision, elle correspond au type de roulement utilisé : roulements à billes à contact oblique avec une classe de précision P4A.  
Elle correspond également aux conditions de fonctionnement : direction de la charge supposée fixe par rapport à la base pour la plupart des applications (perçage, taraudage, fraisage,...) se traduit, sur DT11, par charge tournante sur bague intérieure.  
 $v 40 js4 \rightarrow v 40 \pm 0,0035$ .

**Question 24 :** Jeu moyen de l'ajustement : - 0,003 mm. L'ajustement des roulements avec l'arbre de broche est légèrement serré (trois microns de serrage en valeur moyenne). Ce léger serrage participe à la rigidité de la liaison pivot arbre – corps de broche, donc au positionnement précis de l'arbre de broche par rapport au corps de broche.

### 24 – ETUDE 2 : ANALYSE DES SPECIFICATIONS GEOMETRIQUES DU CORPS DE BROCHE.

**Question 25 :** Voir document DRep07.  
Voir document DRep08.

**Question 26 :** Voir document DRep09.

**Question 27 :** On pose :

$$\tan \alpha_{\text{admissible}} = \frac{t}{80}$$

$$t = 80 \cdot \tan \alpha_{\text{admissible}} = 80 \cdot \frac{0,03}{100} = 0,024$$

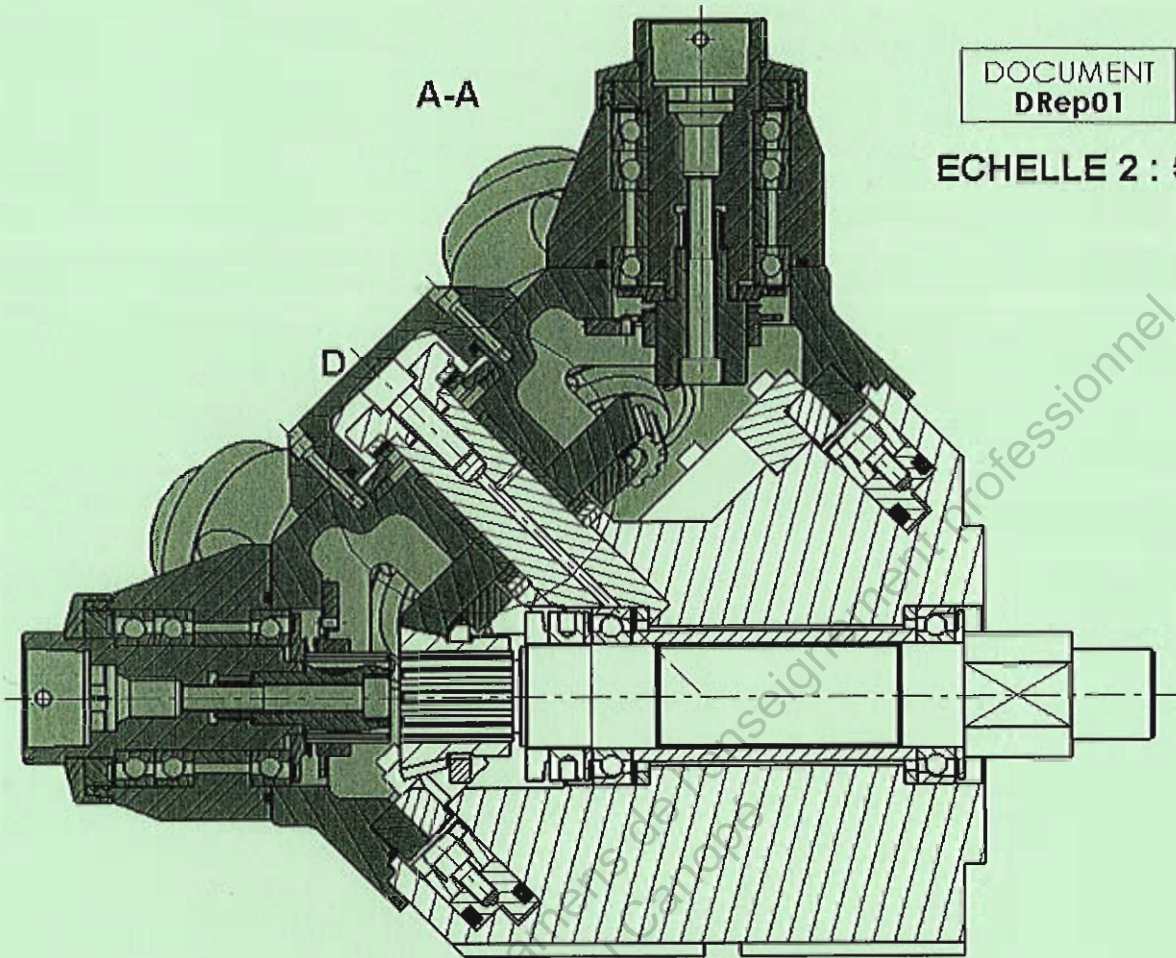
Cet intervalle de tolérance semble important.

**Question 28 :**

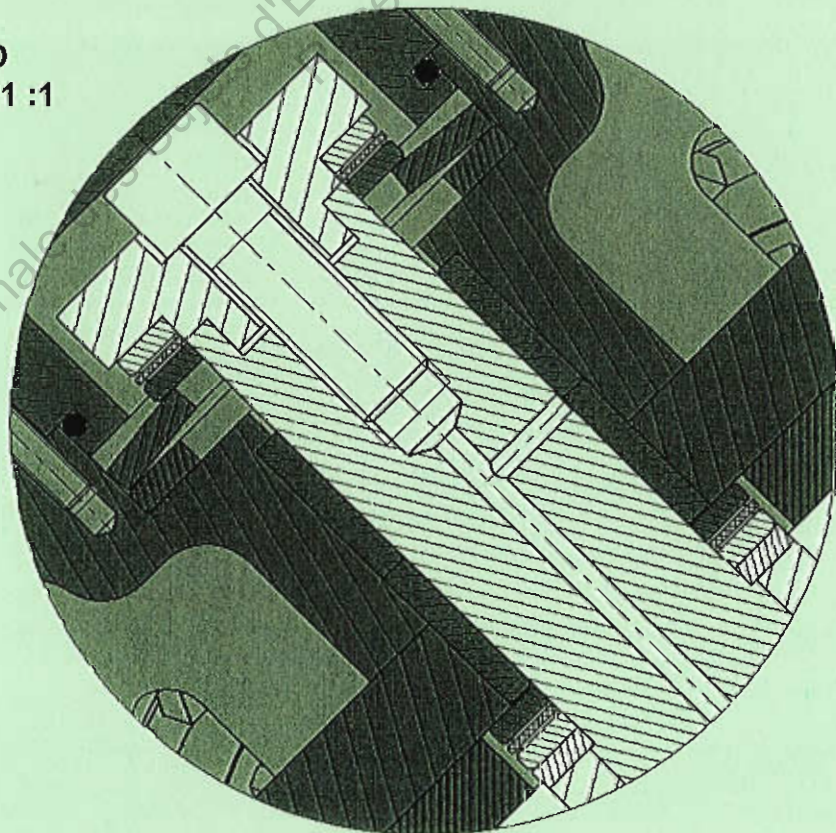
L'intervalle de tolérance attribué par le constructeur correspond à la moitié de la valeur que nous aurions pu installer suite à nos calculs; la différence permet d'absorber les défauts géométriques que nous avons négligés pour mener l'étude tels que :

- défauts géométriques des surfaces de références (supposées parfaites),
- défauts internes aux éléments roulants,
- défauts de rectitude des axes des portées de roulements.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé



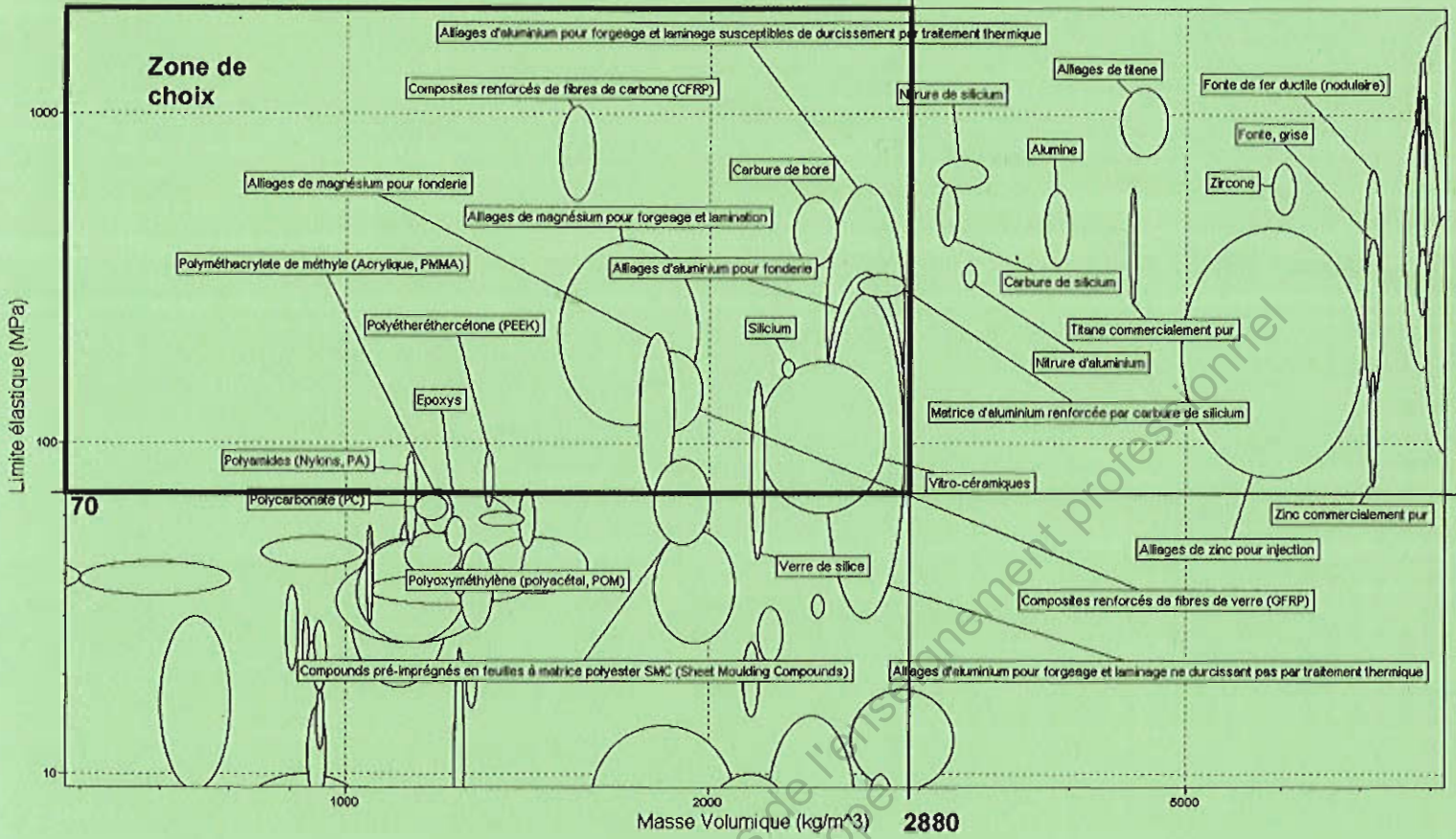
Détail D  
ECHELLE 1 : 1



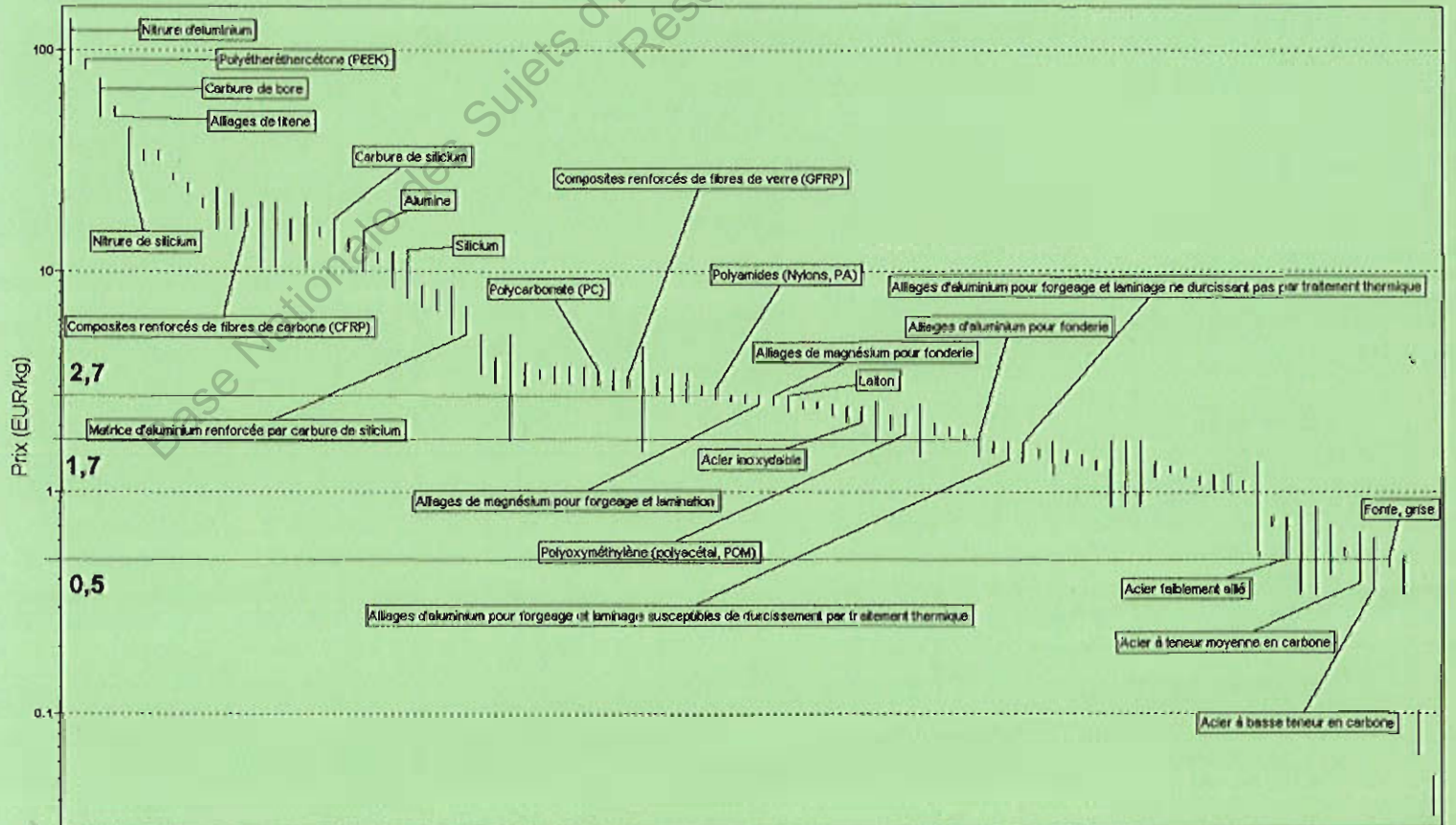




**Graphe N°1**



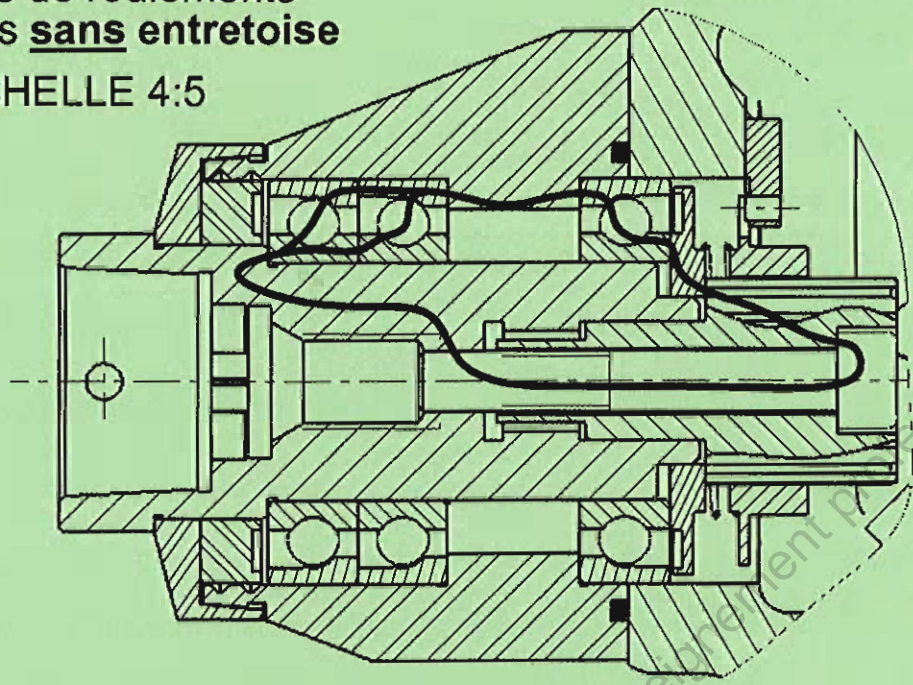
**Graphe N°2**



Montage de roulements préchargés sans entretoise

ECHELLE 4:5

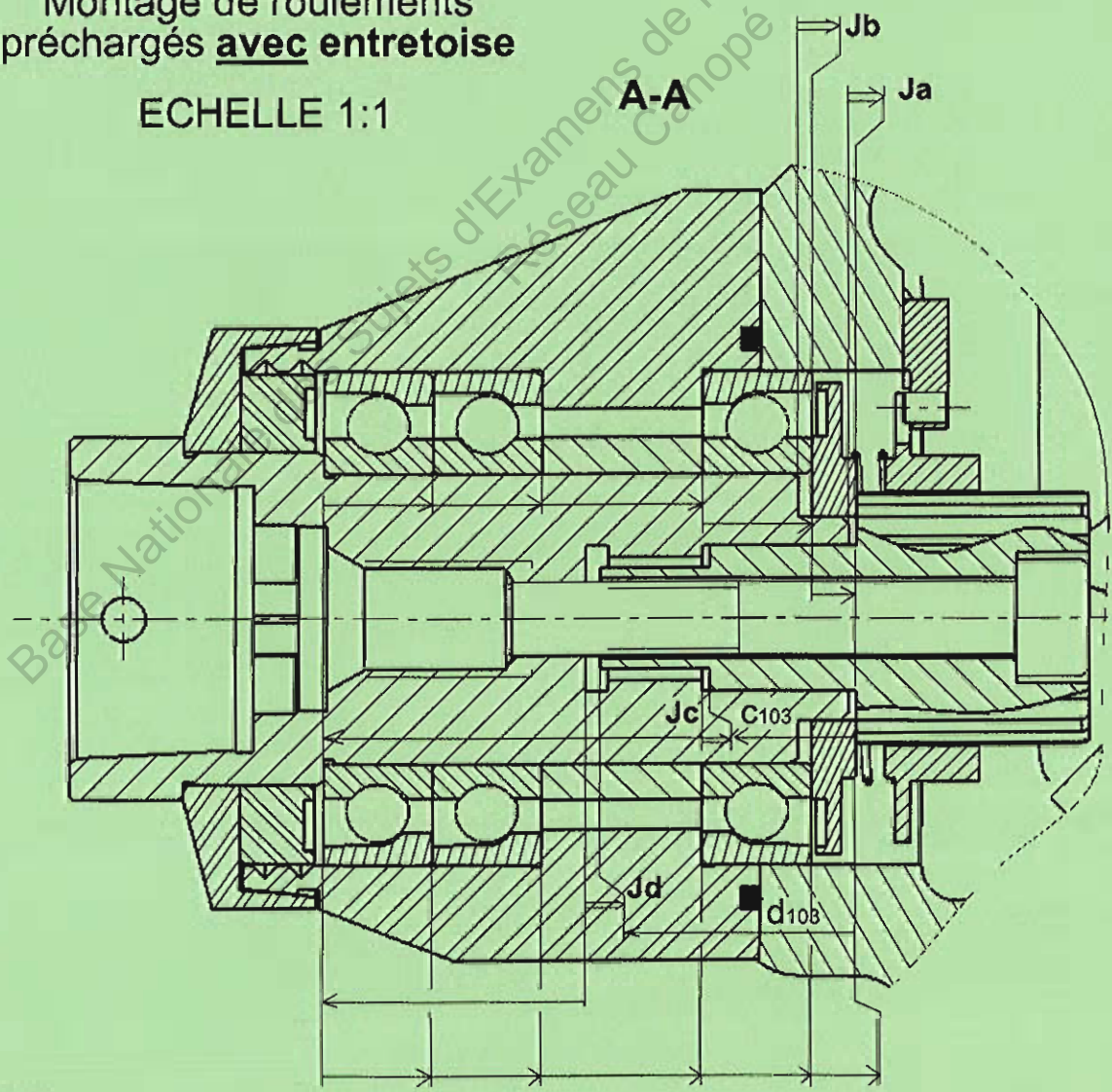
A-A

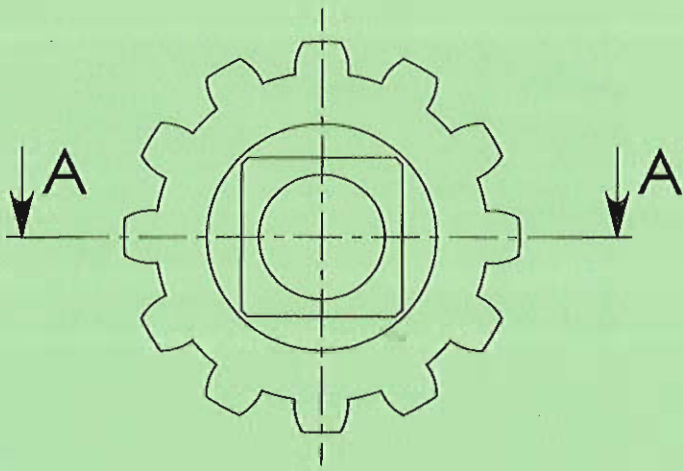


Montage de roulements préchargés avec entretoise

ECHELLE 1:1

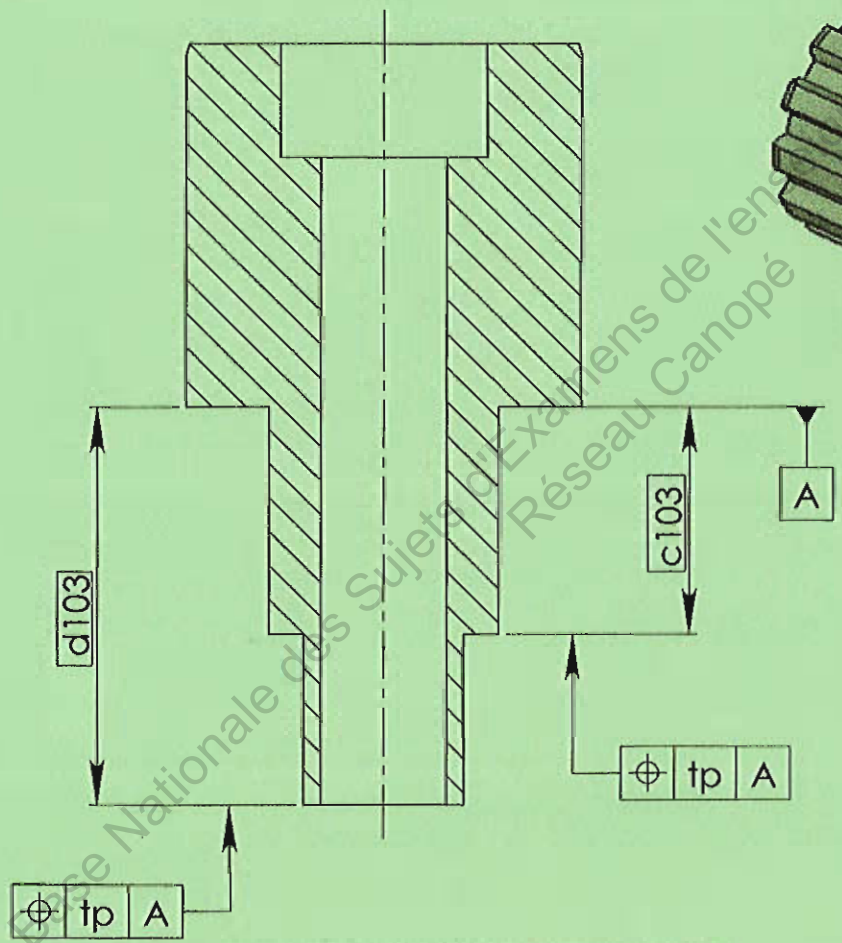
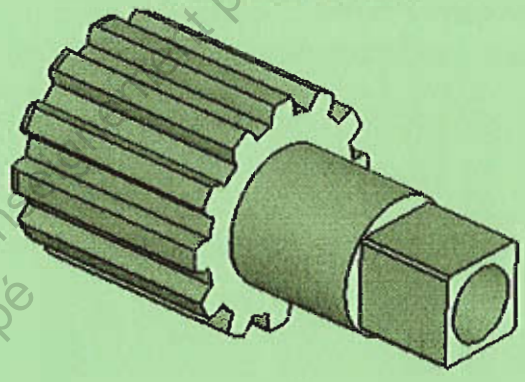
A-A





A-A

Vue en perspective  
ECHELLE 1:1



Document **DRep04**

Tolérances générales : ISO 2768 mK

103	1	Entraineur cannelé	Acier	Traité
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
		<h1>TETE REVOLVER ETR36</h1> <h2>Entraineur cannelé</h2>		
Dessiné par : EF		CPE5AS-C	Format : A4	



# GRAPHE DE CONTACT HIERARCHISE

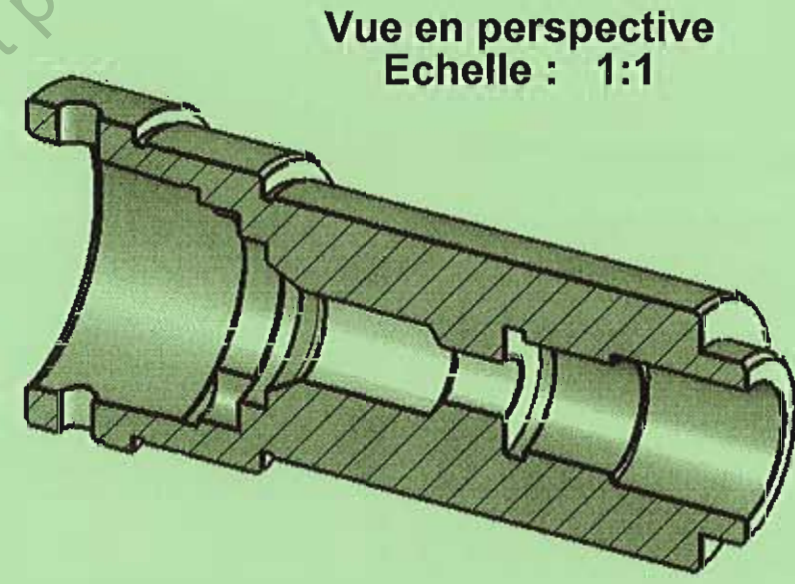
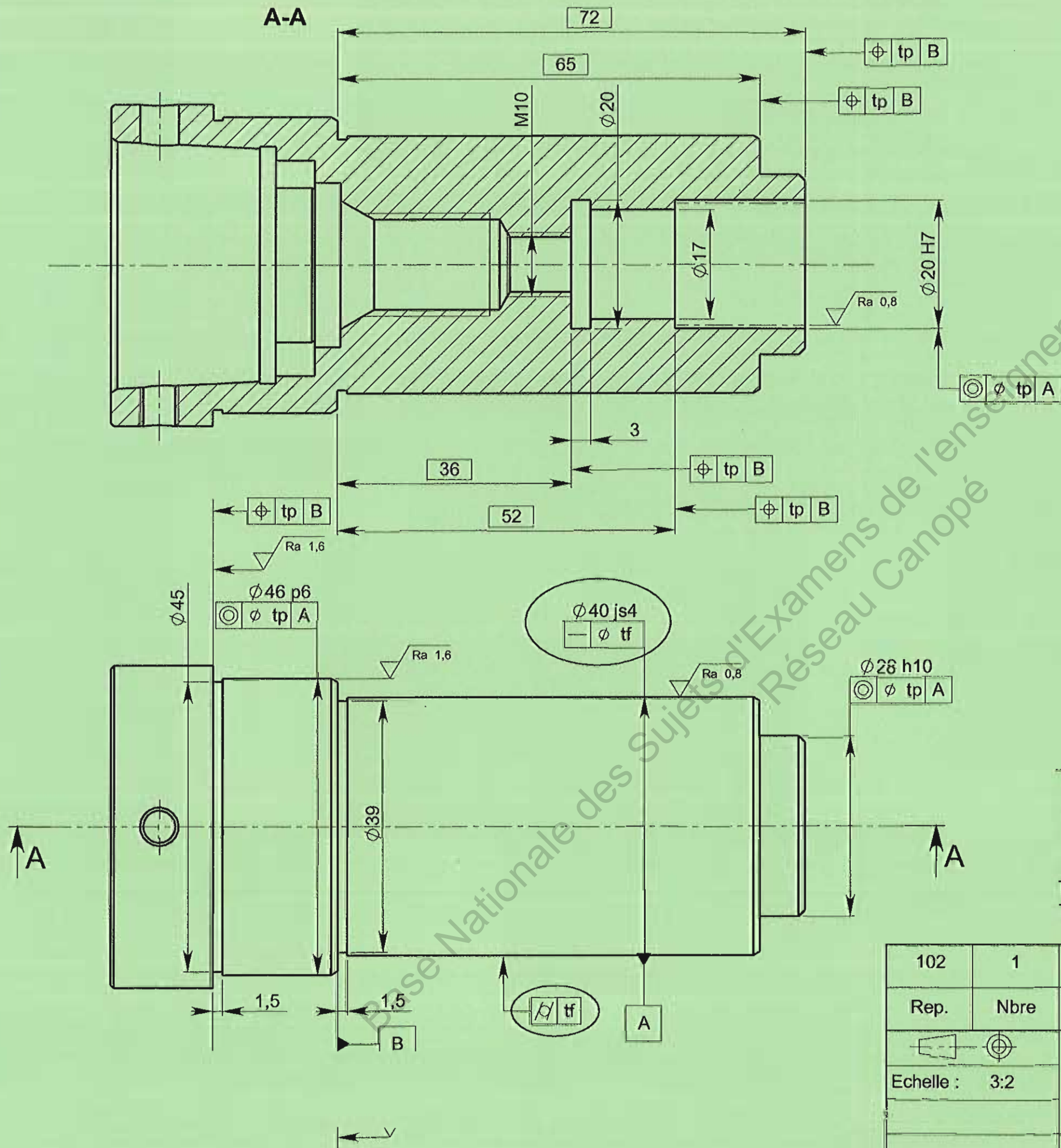
Référence(s), composant(s) parent(s)	Types de contact	Composant étudié : ARBRE DE BROCHE	Référence(s), composant(s) enfant(s)	Types de contact
Roulement (1)	APP + CC		Défecteur	APP + CC
Roulement (2)	CC		Bague de protection	CC
Roulement (3)	CC		Bague d'appui	CC
			Entraîneur cannelé	CL + LG
			Vis CHC	LH
			Entretoise	CC

### 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.



Cémentation profondeur 0,8  
Trempe 58-62 HRc

DOCUMENT DRep06

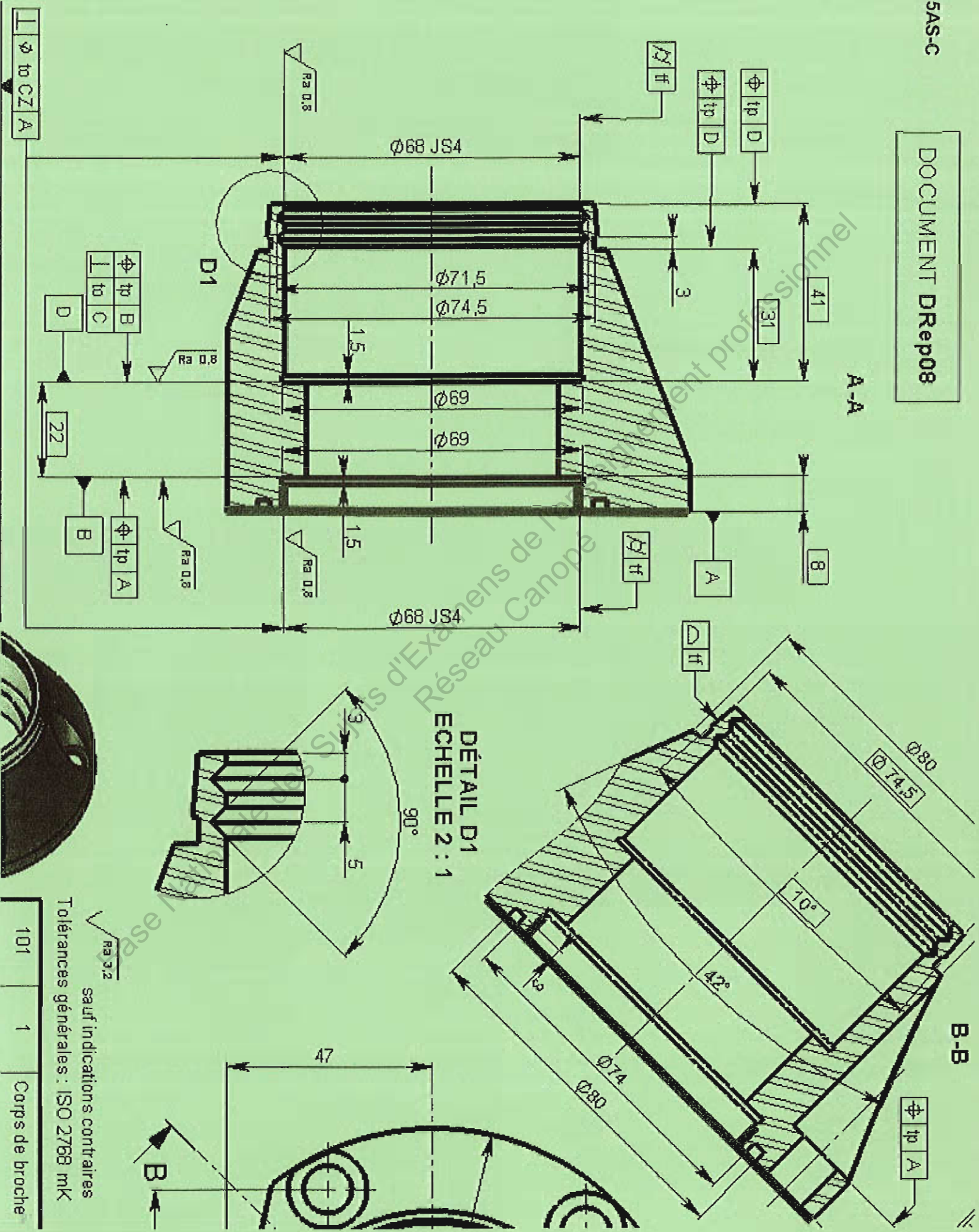
√ Ra 3,2  
sauf indications contraires  
Tolérances générales : ISO 2768 mK  
Tous les chanfreins seront réalisés à 0,5x45°

102	1	Axe de broche	16 Mn Cr 5	
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 3:2		<p><b>BROCHE POUR ETR36</b> Axe de broche</p>		
CPE5AS-C			Format : A3	

Analyse des antériorités fonctionnelles et/ou de position – Définition du modèle réf. : CORPS DE BROCHE

IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE	Fonction Technique Assurée	Surf aces ou groupes de surfaces fonctionnels		Antériorités			Caractéristiques		
				Primaire	Secondaire	Tertiaire	Intrinsèques	De Contact	
	MIP Corps de broche / parents - APP	SC1	Surface plane d'appui						
	- CC	GC1a	Alésage court	SC1	$\beta$			v de la portée cylindricité	Rugosité
	MIP axiale du roulement (3) - APP	SC2	Epaulement d'appui pour le roulement (3)	SC1	$\phi$ et distant				Rugosité
	- Garantir l'appui du roulement (x) contre l'épaulement	S1	Fond de gorge	GC1a	$\rho$			v de la gorge	
		S2	Flanc libre de la gorge	SC2	$\phi$ et distant				
	MIP des roulements (1) + (2) - CL	GC1	Alésage long	SC1	$\beta$			v de la portée cylindricité	Rugosité
	- APP	SC3	Epaulement d'appui pour le roulement (2)	GC1	$\beta$	SC2	distance		Rugosité
	- Garantir l'appui du roulement (2) contre l'épaulement	S3	Fond de gorge	GC1b	$\rho$			v de la gorge	
		S4	Flanc libre de la gorge	SC3	$\phi$ et distant				
	PARTICIPER à la protection contre les impuretés extérieures	G1	Deux entailles en vé	GC1	$\rho$	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	$\beta$	SC3	distance		
	GARANTIR un jeu radial avec le déflecteur	S6	Surface conique d'extrémité	GC1	$\rho$			Petit v du cône Conicité	
	CREER une chicane avec le déflecteur	G2	Dégagement	GC1	$\rho$	SC3	$\phi$ et distant	v du fond du dégagement Largeur du dégagement	
	GARANTIR la rigidité du corps	S7	Surface conique	GC1	$\rho$			Petit v du cône Conicité	
	GARANTIR une épaisseur suffisante pour pouvoir implanter des vis de fixation	S8	Surface cylindrique extérieure	GC1	$\rho$			v extérieur	
	GARANTIR une condition d'encombrement	G3	Deux surfaces planes de dégagement	SC1	$\beta$	GC1	distance	Angle d'inclinaison par rapport au plan médian	
	PERMETTRE l'implantation des vis de fixation	G4	4 fois : Perçage + Lamage	SC1	$\beta$	GC1	$\phi$	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	$\rho$	SC1	distance	v intérieur v extérieur		

DOCUMENT DRep07



DÉTAIL D1  
ECHELLE 2 : 1

sauf indications contraires  
Tolérances générales : ISO 2768 mk

101 | 1 | Corps de broche



# TOLERANCEMENT NORMALISE

## ANALYSE D'UNE SPECIFICATION : Corps de broche

Symbole de spécification

◆ Forme	Orientation	◆ Battement	
◆ Position	◆ Battement		
φ	β	α	κ
	τ	η	γ
		ε	υ
			χ
			ρ

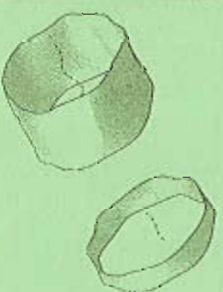
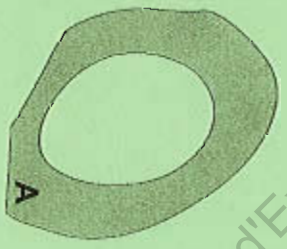
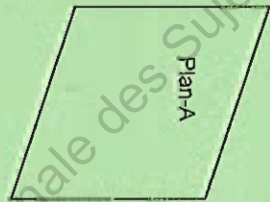
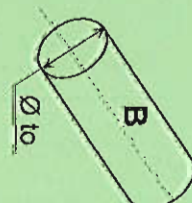
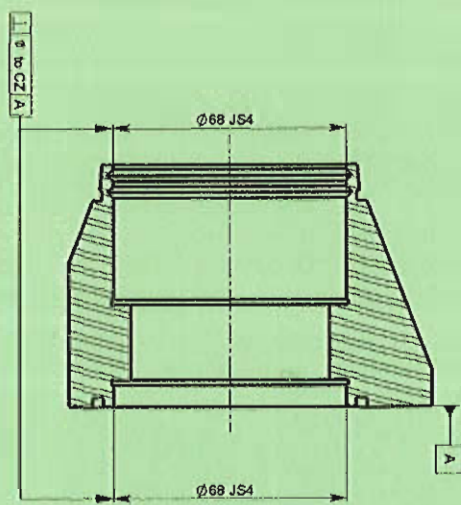
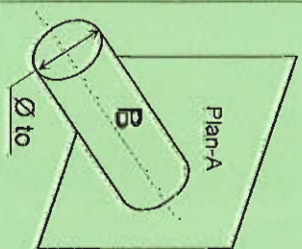
Condition de conformité :  
L'élément toléré doit être entièrement compris dans la zone de tolérance

### ELEMENTS NON IDEAUX

(points, lignes ou surfaces réelles)

### ELEMENTS IDEAUX

(points, droites ou plans associés)

Elément(s) toléré(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) Spécifiées(s)	Zone de tolérance
<p>Unique-<u>Groupe</u></p> <p>Lignes nominalelement rectilignes, axes réels de surfaces cylindriques.</p> 	<p>Unique-Multiples</p> <p>Surface <b>A</b> nominalelement plane.</p> 	<p><u>Simple</u> Commune Système</p> <p>Plan-A associé à la surface <b>A</b>, contraint tangent du côté libre matière, critère min-max.</p> 	<p><u>Simple</u> Composée</p> <p>Volume limité par un cylindre d'axe <b>B</b> et de diamètre to.</p> 
<p><b>SCHEMA :</b></p> 	<p>Contrainte : Orientation - Position, Par rapport à la référence spécifiée</p> <p>L'axe <b>B</b> de la zone de tolérance contraint perpendiculaire à Plan-A.</p> 		

CPE5AS-C