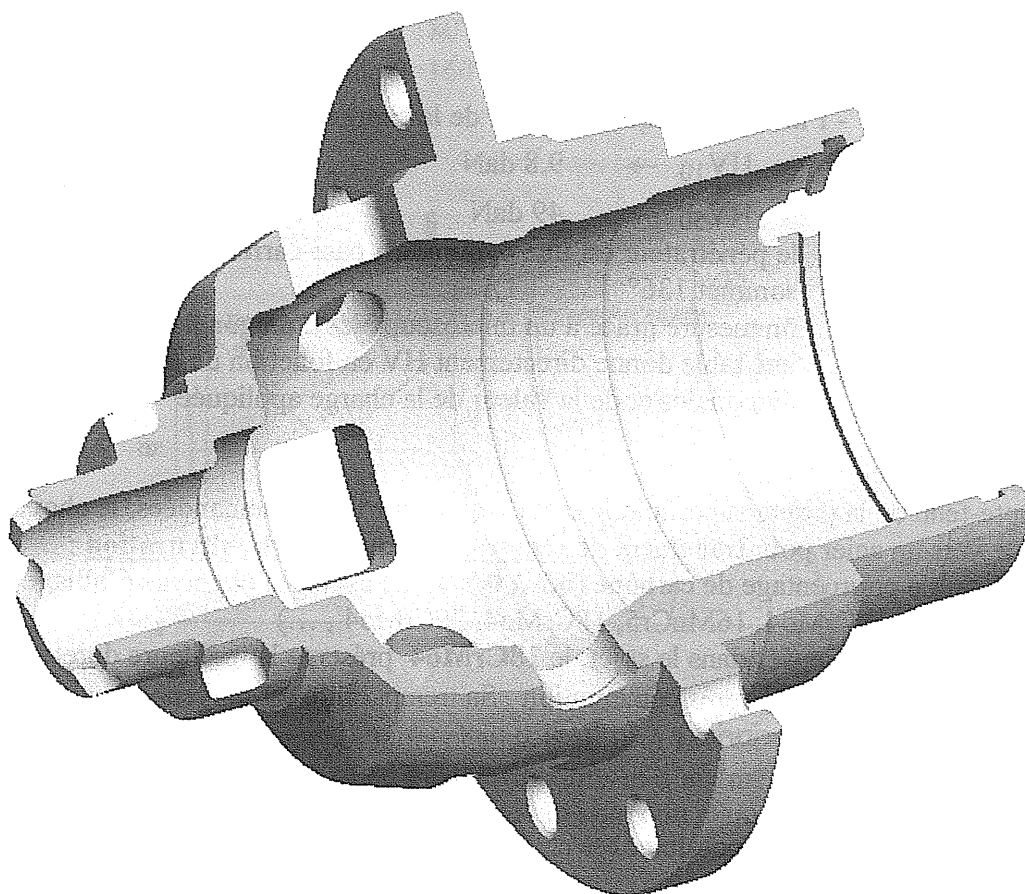


Composition sur les technologies de fabrication

Éléments de correction



PARTIE A

Étude de pré-industrialisation.

Question 1.

Justifications matériau, traitement, processus global

1- Critères de choix du matériau et du traitement

- ⇒ dureté sur racine des dents : $340 < HV_{50} < 460$ → $34,4 < HRC < 46,1$
- ⇒ dureté sur alésage : $HV_{10} > 700$ → $HRC > 60,1$
- ⇒ dureté en surface : $650 < HV_{10} < 700$ → $57,8 < HRC < 60,1$
- ⇒ épaisseur traitée : 0, 35 à 0,6 mm

Remarque :

- HV_f
 - dureté VICKERS
 - l'indice f indique la valeur de la charge à appliquer pendant 10 à 15s
 - $HV_{10} \rightarrow 9,8 \text{ daN}$
 - $HV_{50} \rightarrow 49 \text{ daN}$
 - le pénétrateur est une pyramide à base carrée en diamant d'angle au sommet 136°
 - on mesure grâce à un microscope les 2 diagonales de l'empreinte
 - une table donne directement HV en fonction de la moyenne des 2 diagonales et de la valeur de la charge appliquée

2 - Choix du matériau

Compte-tenu de la dureté superficielle et de l'épaisseur traitée demandées, le choix sera orienté vers un acier pour traitement de cémentation ou de carbonitruration :

Acier à faible pourcentage de carbone (0,1 à 0,2 % C) avec des éléments d'alliage tel que Cr, Mn, Mo, (16CrMo4, 16MnCr5, 18CrMo4, 20CrMo4, ...)

Parmi les aciers proposés dans le sujet, le 18CrMo4 présente la meilleure dureté superficielle ($HRC \geq 60$) après cémentation. Sa trempabilité est moyenne, mais ici ce critère n'est pas recherché en priorité.

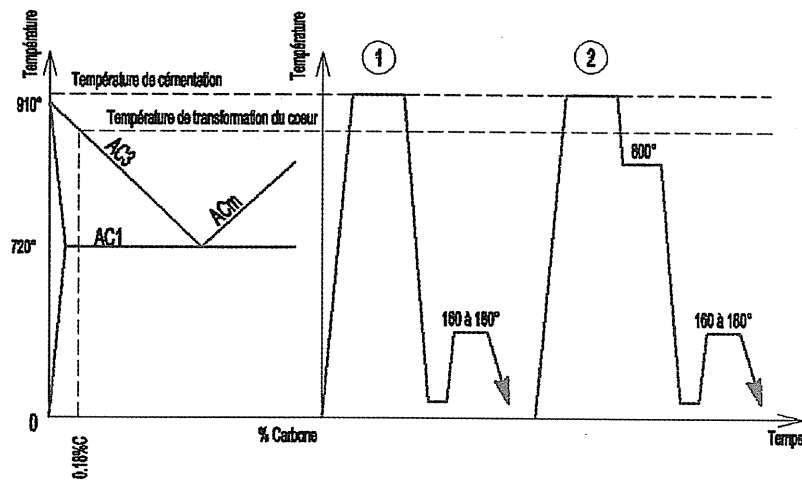
3-Choix du traitement

Deux traitements sont possibles :

⇒ Traitement 1

- **Cémentation** en phase gazeuse $\theta = 900^\circ$ à 950°C
- ① Trempe directe à l'huile froide $\theta = 20^\circ$ à 80°C
suivie d'un Revenu de détente $\theta = 160^\circ$ à 180°C
- ② Trempe directe à l'huile froide $\theta = 20^\circ$ à 80°C
avec palier de stabilisation à $\theta \approx 800^\circ\text{C}$
suivie d'un Revenu de détente $\theta = 160^\circ$ à 180°C

- Epaisseur traitée : 0,4 à 2,5 mm
- Dureté en surface : 58 à 65 HRC

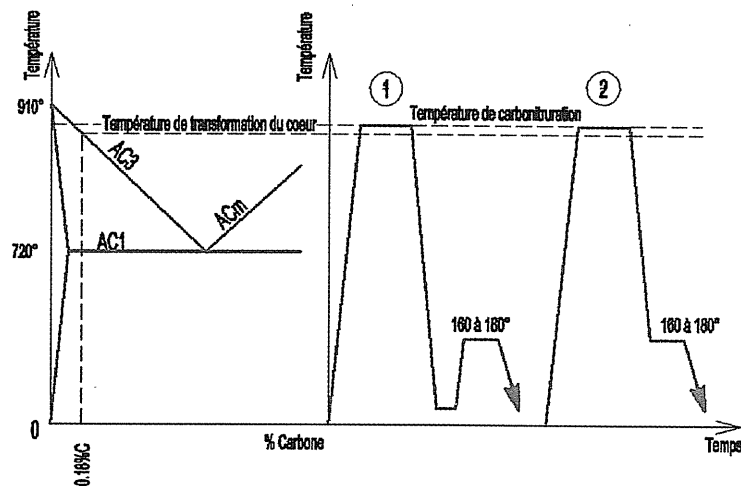


Traitement

⇒
2

- Carbonitruration en phase gazeuse $\theta=780^{\circ}$ à 880°C
- ① Trempe directe à l'huile froide $\theta=20^{\circ}$ à 80°C
suivie Revenu de détente $\theta=160^{\circ}$ à 180°C
- ② Trempe par étage à l'huile chaude $\theta=160^{\circ}$ à 180°C

- Epaisseur traitée : 0,05 à 0,6 mm
- Dureté en surface : 650 à 900 HV



La trempe par étage à l'huile chaude $\theta=160^{\circ}$ à 180°C , suivie d'un refroidissement à l'air calme permet de diminuer les déformations et d'augmenter la ténacité des couches carbonitrurées, et constitue un **autorevenu** au cours du maintien dans l'huile chaude .

La **Carbonitruration** présente les avantages suivants par rapport à la **Cémentation** :

- températures plus basses (780 à 880°C)
- temps de traitement plus courts grâce à la présence d'azote qui facilite la diffusion du carbone (qui augmente également la trempabilité) .
- plus faibles déformations
- dureté plus élevée en surface (650 à 900 HV)
- plus faible épaisseur traitée ($0,05$ à $0,6\text{ mm}$)

- bonnes propriétés au frottement

Les équipements permettant de réaliser ces traitements

Les pièces sont centrées sur des **plateaux** (38 pièces) et la charge est constituée de plusieurs **étages** (7 plateaux) .

La charge est introduite dans un **four à bac de trempe incorporé**, comprenant une ou deux chambres de chauffe, alimentées en gaz en légère surpression, prolongées par un sas de transfert fermé contenant un bac de trempe à l'huile .

L'avantage essentiel de ces fours est d'obtenir grâce à l'absence du passage de l'air lors de la trempe, des pièces **sans aucune altération de surface** .

Le bac d'huile dispose d'un brassage variable et peut être chauffé jusqu'à des températures de 180°C permettant des trempes « à l'huile chaude » .

Le contrôle du brassage et de la température de l'huile ont pour effet de maîtriser les déformations lors de la trempe .

4-Choix du processus

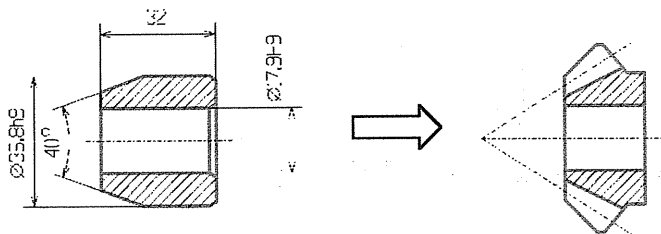
Deux processus sont possibles pour l'obtention de la denture conique :

⇒ Processus 1

Taillage par procédé « REVACYCLE » (broche circulaire) ou par GENERATION (2 outils couteaux) sur machines GLEASON .

⇒ Processus 2

Forgeage à froid (extrusion à froid) à partir d'une ébauche décollée



Le Processus 2 présente les avantages suivants :

- poids de la pièce voisin de la pièce finie
- cadence de production élevée
- réalisation de formes complexes extérieures et /ou intérieures (cannelures, dentures ...)
- précision élevée :
 - Intervalles de tolérance $8 < Q < 11$ (sans précautions particulières)
 - Intervalles de tolérance $6 < Q < 7$ (avec précautions particulières)
 - Etats de surface $0,8 < Ra < 4$
- excellent fibrage améliorant la tenue en fatigue
- obtention de pièces métallurgiques saines

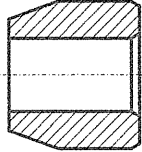
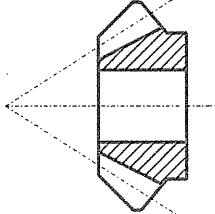
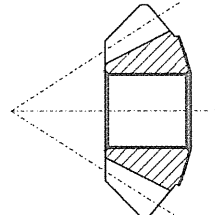
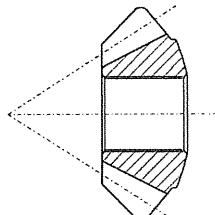
5- Gamme de fabrication

(voir documents GAMME DE FABRICATION PIGNON SATELLITE)

GAMME DE FABRICATION PIGNON SATELLITE 9 DENTS

Acier 18CrMo4

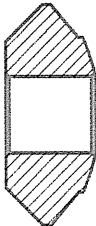
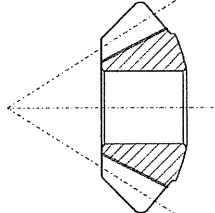
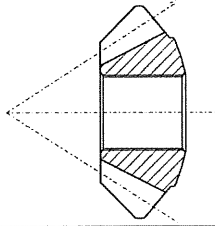
Solution FORGEE

N° Phase	Désignation	Machine	Observations	Schéma
100	TOURNAGE		<i>Ebauche décollée</i>	
110	FORGEAGE	<i>Presse SPIERTZ</i>	<i>Forgeage à froid denture 9 dents</i>	
120	TOURNAGE	<i>Tour NODIER</i>	<i>Tournage sphère et alésage</i>	
130	CONTRÔLE	<i>Entraxeuse GLEASON</i>	<i>Contrôle des portées de la denture</i>	
140	LAVAGE	<i>Machine à Laver GMT</i>	<i>Lavage avant traitement thermique</i>	
150	CHARGEMENT	<i>manuel</i>	<i>Préparation charge 532 pièces / 5 étages</i>	
160	TRAITEMENT THERMIQUE	<i>Four UGINE</i>	<i>Carbonitruration à 880° Trempe Huile 170°</i>	
170	LAVAGE	<i>Machine à Laver HAFROY</i>	<i>Lavage après traitement thermique</i>	
180	POLISSAGE	<i>Polisseuse BERTEX</i>	<i>Polissage dans zone de contrôle (1 pièce par charge)</i>	
190	CONTRÔLE	<i>Duromètre REICHERTER</i>	<i>Contrôle dureté superficielle (1 pièce par charge) HRA ≥ 81</i>	
200	RODAGE	<i>Rodeuse MAXNOVO</i>	<i>Rodage alésage ø18D8</i>	
210	PHOSPHATATION	<i>Installation de phosphatation</i>	<i>Phosphatation charge de 480 pièces</i>	
220	CONTRÔLE	<i>manuel</i>	<i>Contrôle Etat de Surface</i>	
230	CONDITIONNEMENT	<i>manuel</i>		

GAMME DE FABRICATION PIGNON SATELLITE 9 DENTS

Acier 18CrMo4

Solution TAILLEE

N° Phase	Désignation	Machine	Observations	Schéma
100	TOURNAGE		<i>Semi-usiné</i>	
110	TAILLAGE	<i>Machine à tailler GLEASON</i>	<i>Taillage « REVACYCLE » denture 9 dents</i>	
120	CONTRÔLE	<i>Entraxeuse GLEASON</i>	<i>Contrôle des portées de la denture</i>	
130	LAVAGE	<i>Machine à Laver GMT</i>	<i>Lavage avant traitement thermique</i>	
140	CHARGEMENT	<i>manuel</i>	<i>Préparation charge 532 pièces / 5 étages</i>	
150	TRAITEMENT THERMIQUE	<i>Four UGINE</i>	<i>Carbonituration à 880° Trempe Huile 170°</i>	
160	LAVAGE	<i>Machine à Laver HAFROY</i>	<i>Lavage après traitement thermique</i>	
170	POLISSAGE	<i>Polisseuse BERTEX</i>	<i>Polissage dans zone de contrôle (1 pièce par charge)</i>	
180	CONTRÔLE	<i>Duromètre REICHERTER</i>	<i>Contrôle dureté superficielle (1 pièce par charge) HRA ≥ 81</i>	
190	RODAGE	<i>Rodeuse MAXNOVO</i>	<i>Rodage alésage ø18D8</i>	
200	PHOSPHATATION	<i>Installation de phosphatation</i>	<i>Phosphatation charge de 480 pièces</i>	
210	CONTRÔLE	<i>manuel</i>	<i>Contrôle Etat de Surface</i>	
220	CONDITIONNEMENT	<i>manuel</i>		

PARTIE B

Etude d'industrialisation pour un procédé primaire.

Question 2.

(voir Eléments de corrigé document réponse DRBI)

Question 3.

L'ordre de remmoulage est la chronologie de mise en place des différents noyaux dans le moule . La mise en place des noyaux se fait dans la partie inférieure du moule (dessous) et cette opération est manuelle .

Ici, il n'y a qu'un seul noyau pour chaque pièce (solution économique) . Le noyau possède un repère d'indexation permettant de l'orienter par rapport à la rainure largeur 11,5 (qui vient dans le sable de la partie inférieure du moule) . Le repère d'indexation doit être visible par l'opérateur lors de l'opération de remmoulage .

Le remmoulage des deux parties de moule est automatisée afin d'assurer avec précision le coiffage de tous les noyaux .

Question 4.

La première micrographie (*échantillon non attaqué, grossissement 175*) montre la forme du graphite (forme VI, norme AFNOR NF A 32-100) . Cette forme est la forme usuelle d'une fonte à graphite sphéroïdal .

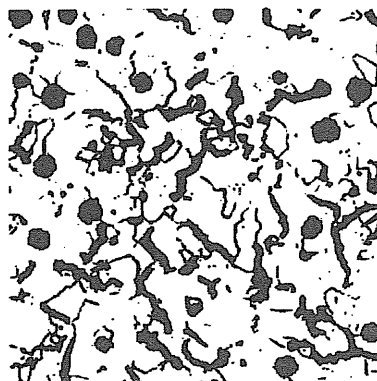
Contrôle de nodularité des Fontes GS (ou Taux GS)

La nodularité est le rapport du nombre des sphéroïdes de graphite au nombre total de particules de graphite.

Par exemple par micrographie, on compte sur un échantillon :

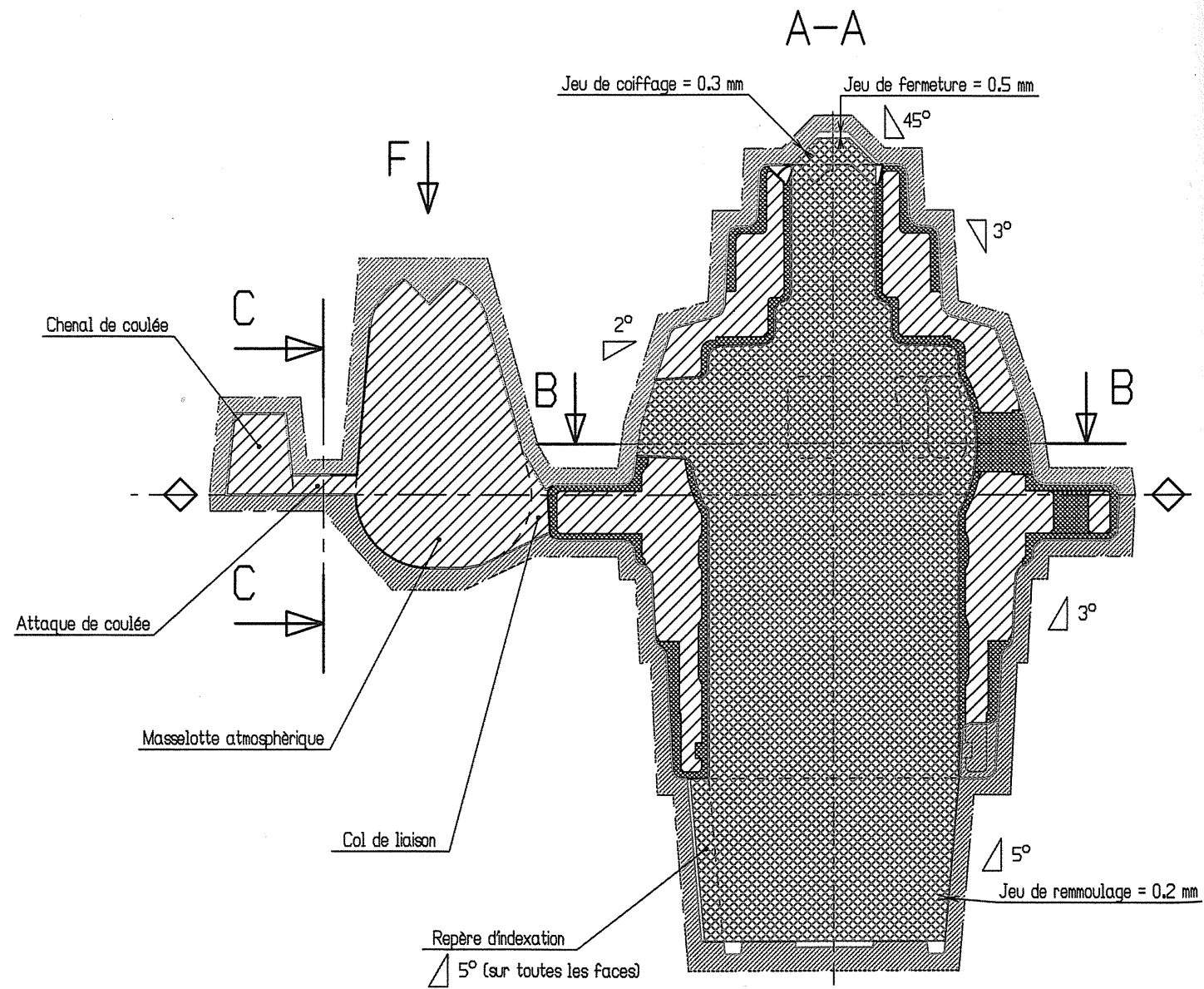
24 sphéroïdes et 6 pseudo-lamelles

$$\text{taux GS} = 24/(24+6) = 0,8 \quad \Rightarrow \quad \text{taux GS} = 80 \%$$



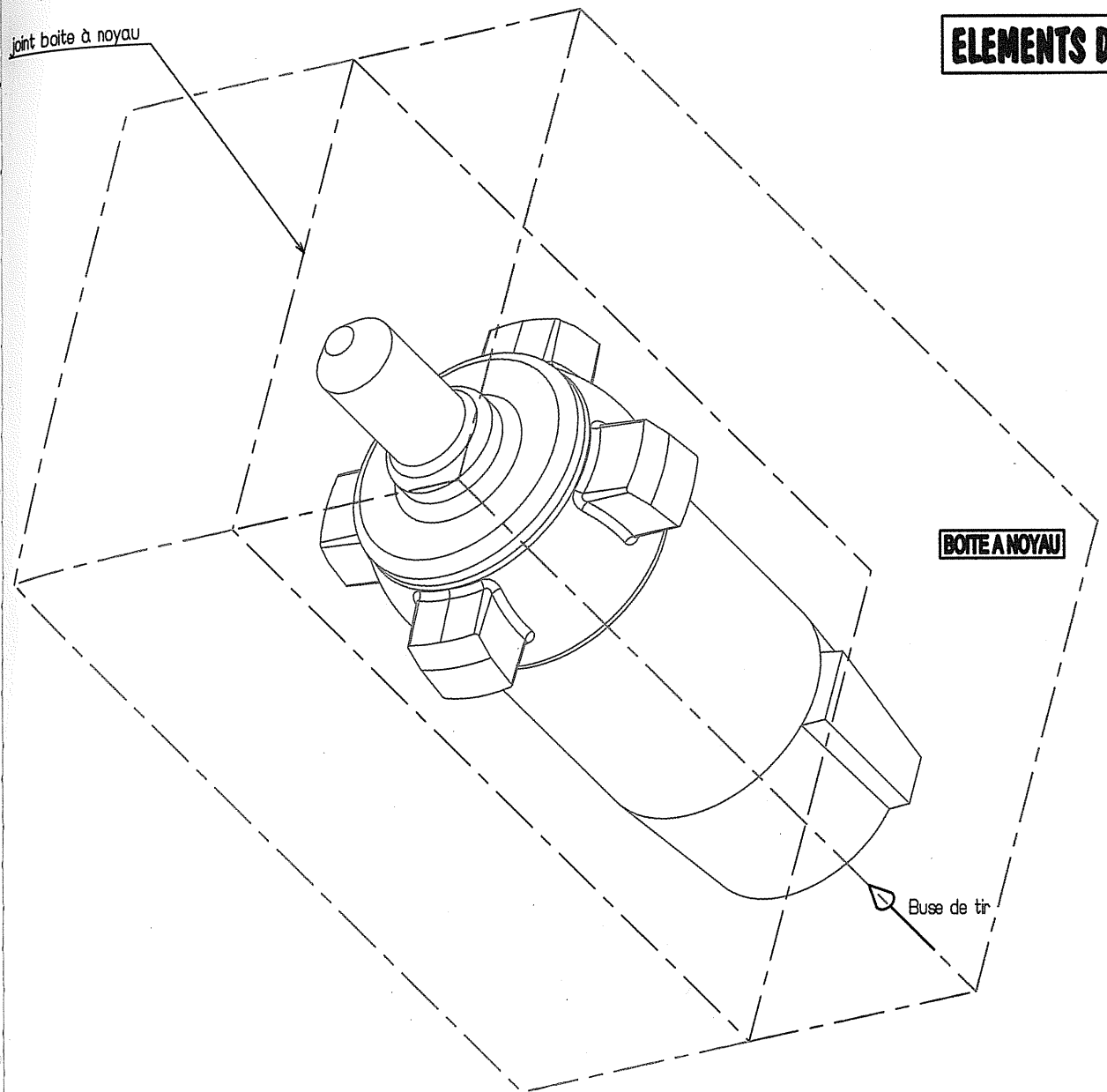
Exemple de fonte GS
avec présence de
pseudo-lamelles

DESSUS

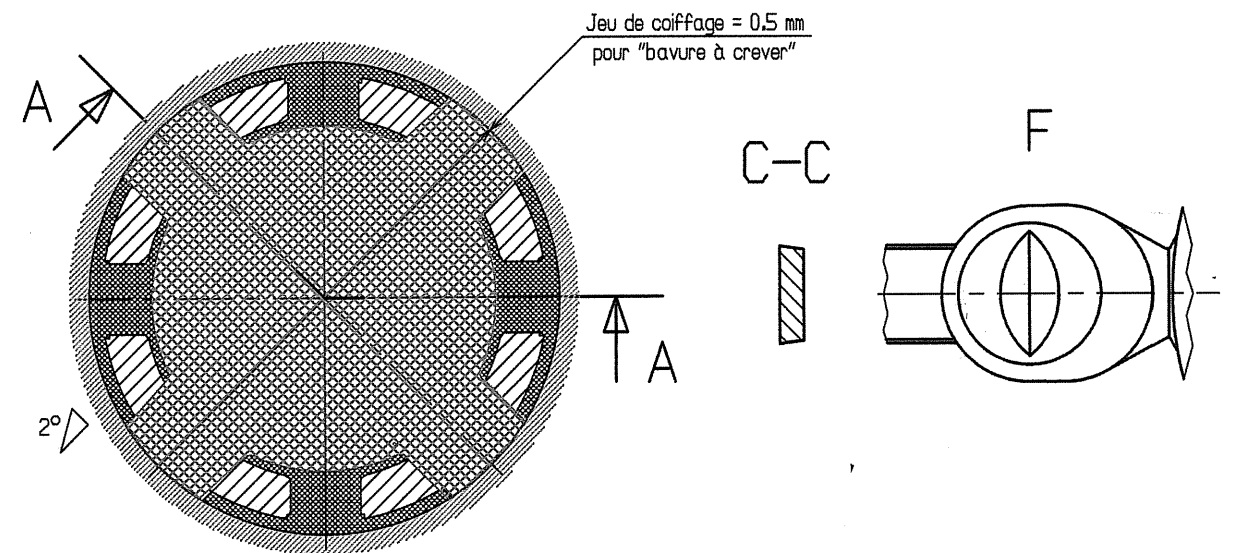


DESSOUS

Plan de joint boîte à noyau



B-B



La nodularité doit être ~ 85 % pour les pièces de sécurité (bras de suspension automobile, porte-fusée, etc.).

Ce contrôle est généralement réalisé par **ultrason** .

Ce n'est pas la nodularité qui est mesurée directement mais la vitesse du son dans la fonte G.S. .

Il existe une relation entre la nodularité et la vitesse du son , ce contrôle est donc indirect.

Cette grandeur est influencée par la forme du graphite, donc par la nodularité.

Il faut que la section examinée présente des faces parallèles.

Sur la micrographie, la présence de pseudo-lamelles de graphite est quasi inexistante .

Donc **le taux GS est proche de 100%** .

La seconde micrographie (*échantillon attaqué, grossissement 350*) montre la présence de **ferrite** (couleur crème) autour du graphite ainsi que de la **perlite** (couleur sombre) .

La matrice de cette fonte est à structure **perlito-ferritique** à dominance **perlitique** .

La troisième micrographie (*échantillon attaqué, grossissement 875*) montre la **forme lamellaire de la perlite**

(voir **Eléments de corrigé** *document réponse DTB2*)

Question 5.

(voir **Eléments de corrigé** *document réponse DRB2*)

	Valeurs théoriques	Résultats essais	Conformité
Rm	700 MPa	722 MPa	oui
Rp0,2	420 MPa	428 MPa	oui
E	176000 MPa	176770 MPa	oui
A%	2%	2,09 %	oui

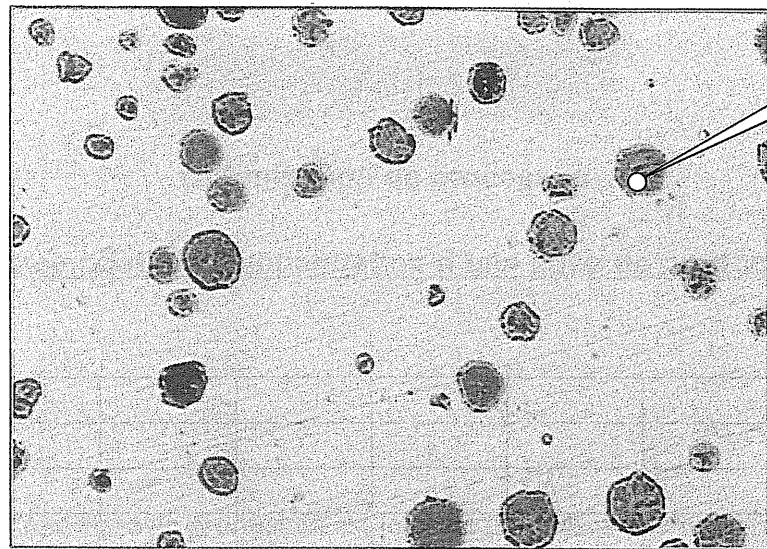
Question 6.

Les défauts inhérents au procédé sont essentiellement les retassures et les criques.

- Les retassures feront l'objet d'un contrôle à 100% par pesée et d'un contrôle par échantillonnage avec un système de détection par ultrason. (le second contrôle impose de définir une procédure de prélèvement des échantillons et du traitement des résultats du contrôle à l'aide de cartes de contrôle aux attributs).

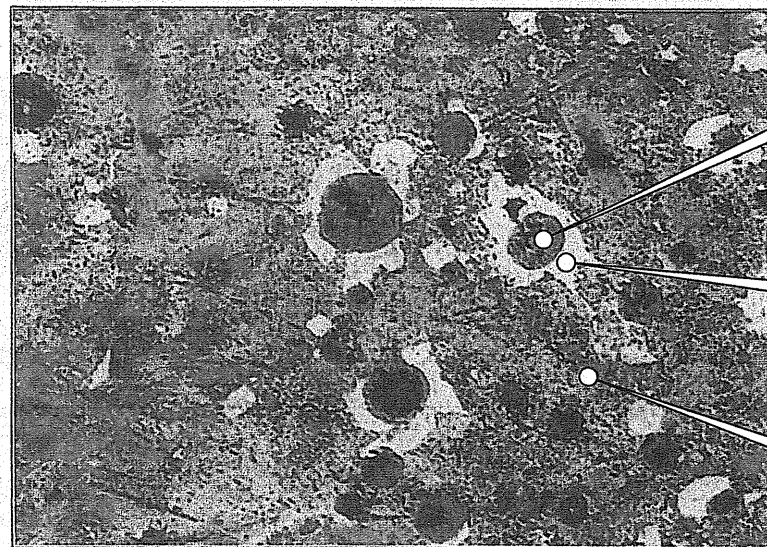
- Les criques seront détectées en réalisant un contrôle par échantillonnage avec un système de détection exploitant un rayonnement Ultra Violet après imprégnation des pièces.

MICROGRAPHIES



Graphite sphéroïdal

Fig. 1 : Echantillon non attaqué, grossissement 175



Graphite sphéroïdal

Ferrite

Perlite

Fig. 2 : Echantillon attaqué, grossissement 350



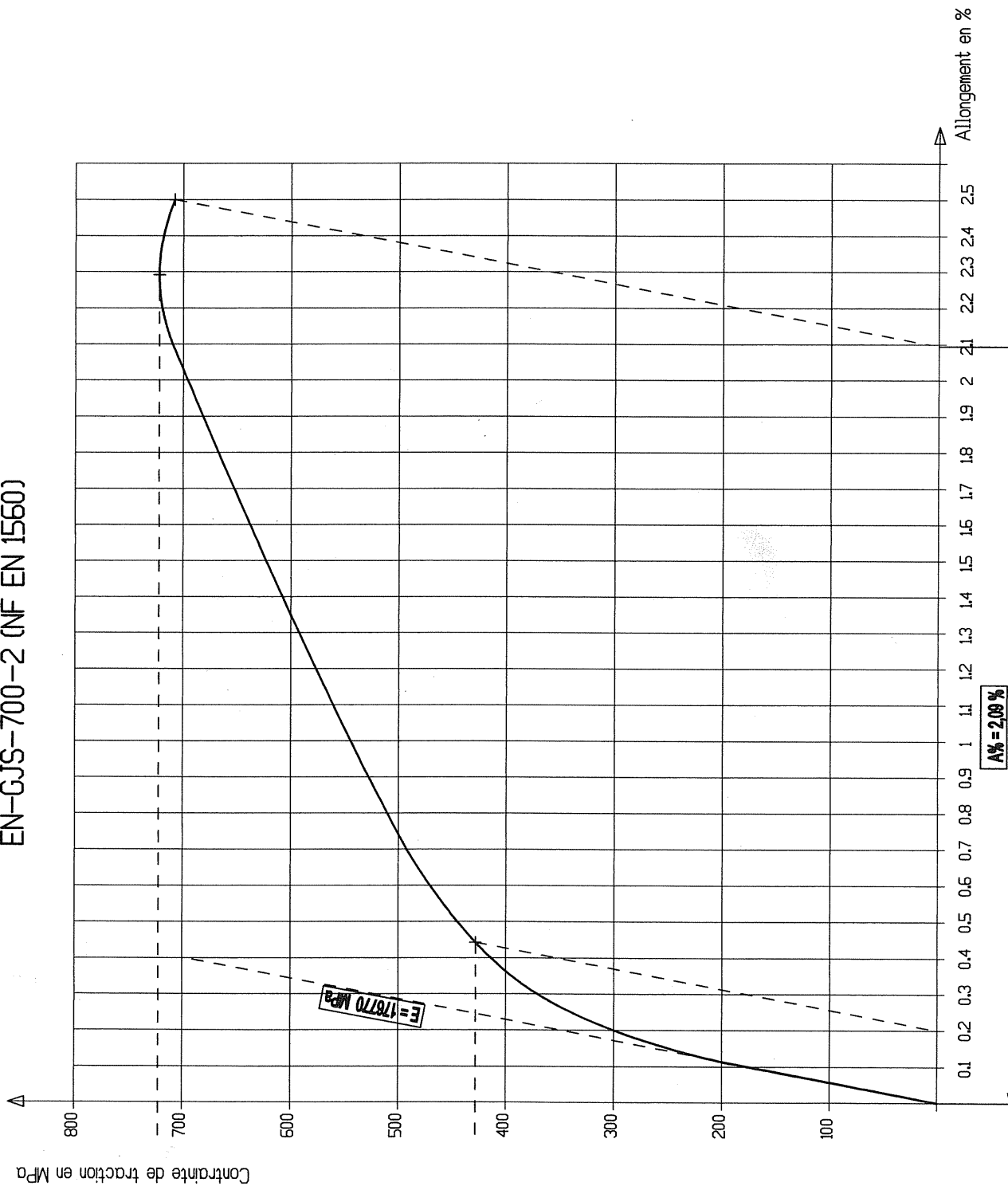
Graphite sphéroïdal

Perlite lamellaire

Fig. 3 : Echantillon attaqué, grossissement 875

DIAGRAMME CONTRAINTE-ALLONGEMENT

EN-GJS-700-2 (NF EN 1560)



ELEMENTS DE CORRIGE

Document réponse DRB2

PARTIE C

Optimisation de processus.

Etude de problèmes relatifs à l'implantation d'une ligne de production

Question 7.

Le point bouchon d'une ligne de production est le poste qui présente le temps de cycle le plus élevé ; c'est en se basant sur ce dernier que l'on effectue les calculs de capacité de production de la ligne. Sur le document technique DTC1 on voit qu'il s'agit du poste où se réalise la phase 150 (perçage/taroudage/alésage du boîtier sur centre d'usinage grande vitesse).

Notons C la capacité moyenne hebdomadaire de production de boîtiers.

En prenant en compte le temps d'exécution de la phase 150, ainsi que le temps d'ouverture hebdomadaire et le rendement opérationnel (le produit de ces 2 données donnant le temps effectif d'usinage), il vient :

$$C = \frac{153.5 * 0.8 * 60}{2.51} = 2935 \text{ boîtiers/semaine.}$$

Question 8.

Le fait d'installer un second centre d'usinage grande vitesse pour la réalisation de la phase 150 devrait permettre de diminuer le temps de cycle par 2 de ce poste.

Ceci entraîne un déplacement du point bouchon au niveau de la phase 160 (tournage, temps de cycle de 1.47 minute).

D'où la capacité moyenne hebdomadaire de production de cette nouvelle variante :

$$C = \frac{153.5 * 0.8 * 60}{1.47} = 5012 \text{ boîtiers/semaine.}$$

Les objectifs de 4900 pièces par semaine peuvent être atteints, à la condition que le temps d'exécution de la phase 150 soit effectivement divisé par 2 (vérifier que le robot d'alimentation de la cellule travaille bien en temps masqué).

Phase 130 - Usinage sur centre de tournage

Question 9.

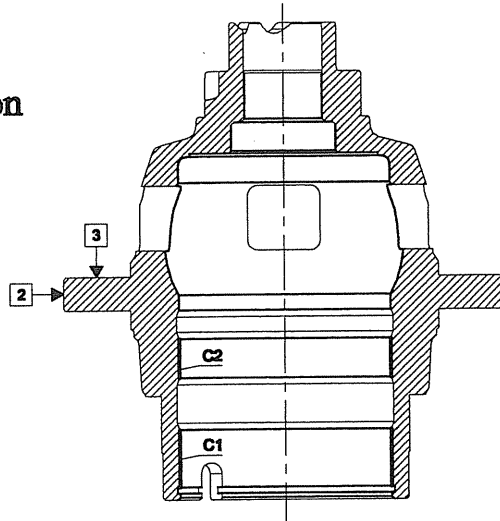
Voir document DRC1

Question 10.

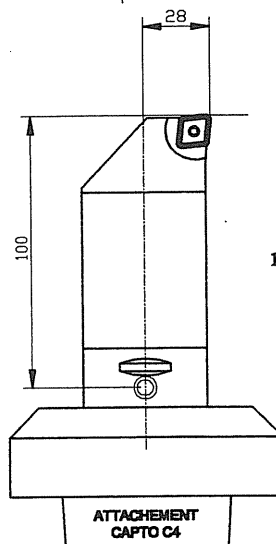
Voir document DRC1

TOURNAGE PHASE 130

Éléments de correction



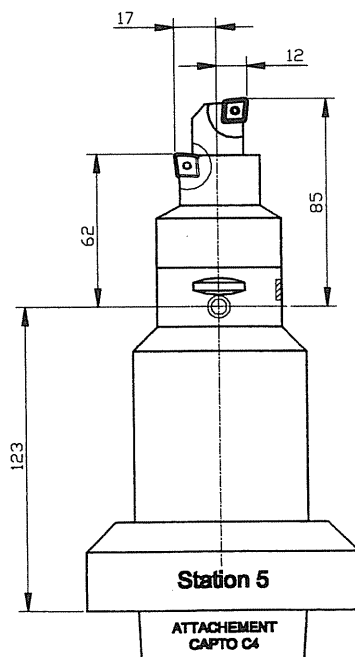
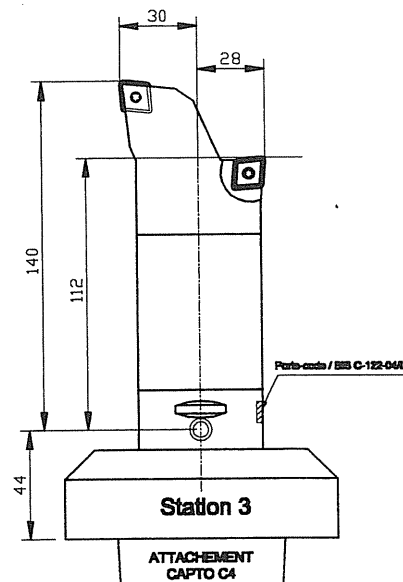
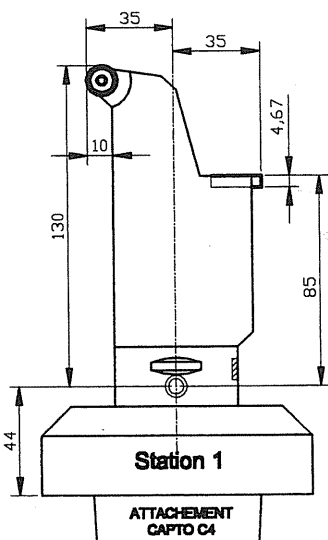
Question 9: Seules les surfaces C1 et C2 sont réalisées en 1/2 finition dans la phase 130 (la finition est réalisée en phase 180).



Question 10: la réalisation de l'usinage de la surface C1 impose une plaquette capable de résister à une coupe discontinue donc avoir une bonne tenacité.

Choix possible d'un grade 20 en tenacité (norme NFE 66-304) ou grade 3015 Sandvik

Solution industrielle pour l'ensemble des opérations de la phase 130 (donnée pour information)



DOCUMENT REPONSE DRC1

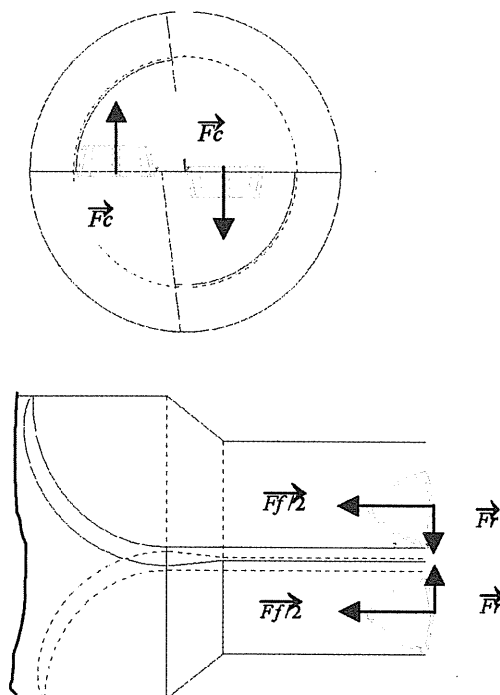
Phase 150 – Usinage sur cellule d'usinage grande vitesse URANE 20C.

Analyse du fonctionnement du poste.

Question 11. (voir document DRC2)

Vérification de la déformation d'un outil.

Question 12. Calcul des efforts de coupe et d'avance.



- Calcul du module de l'effort d'avance $\overline{F_f}$:

Le document ressource DRSC1 nous donne : $\|\overline{F_f}\| = 0.5 * a_p * f_n * k_{cfz} * \sin \kappa_r$

On obtient aussi la force de coupe spécifique $k_{c0.4} = 1800 N/mm^2$ (fonte nodulaire perlitique, HB=250).

D'après le document technique DTC3 on a :

- $V_c = 165 m/min.$
- $N = 2984 tr/min.$
- $f_n = 0.13 mm/tr$
- $f_z = 0.065 mm/z$
- $a_p = 8.8 mm = \varnothing/2$

On voit que $f_z = 0.065 mm/z$ ce qui nous amène à calculer la force de coupe spécifique corrigée :

$$k_{cfz} = k_{c0.4} * \left(\frac{0.4}{f_z * \sin \kappa_r} \right)^{0.29} = 1800 * \left(\frac{0.4}{0.065 * \sin 80} \right)^{0.29} = 3062 N/mm^2.$$

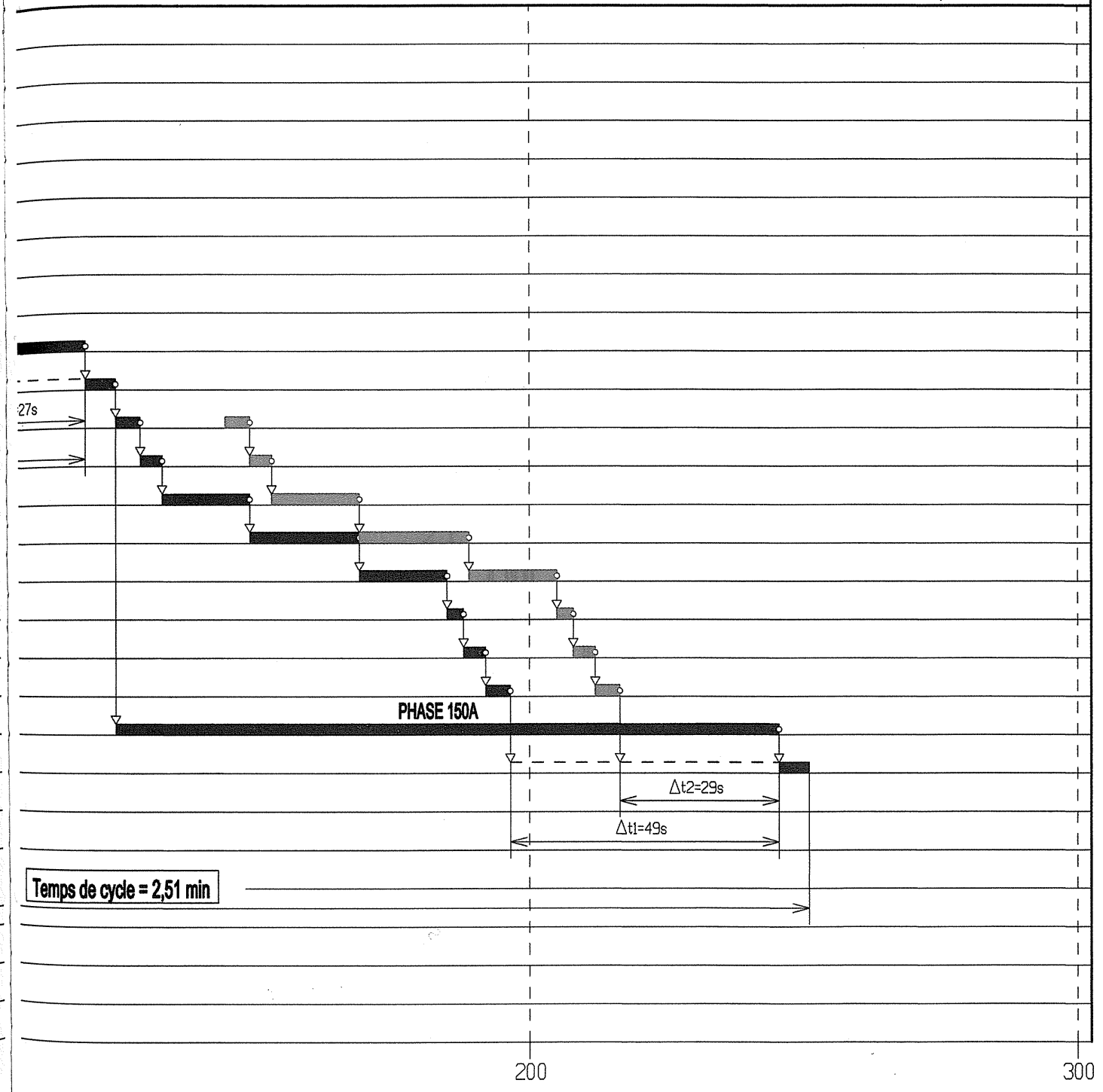
SCHEMA DE SEQUENCES

N°	Séquences	Temps
1	Connection palette au poste de chargement	4.5
2	Débridage vérin pivotant et retour mors mandrin	4
3	Déchargement pièce par robot	16
4	Lavage surfaces de mise en position pièce	20
5	Chargement pièce par robot	16
6	Avance mors mandrin	3
7	Bridage vérin pivotant	4
8	Déconnection palette au poste de chargement	4.5
9	Usinage axes satellites (porte-pièce B)	119
10	Rotation palettiseur 180°	5.5
11	Connection palette au poste de chargement	4.5
12	Débridage vérin pivotant et retour mors mandrin	4
13	Déchargement pièce par robot	16
14	Lavage surfaces de mise en position pièce	20
15	Chargement pièce par robot	16
16	Avance mors mandrin	3
17	Bridage vérin pivotant	4
18	Déconnection palette au poste de chargement	4.5
19	Usinage trous de fixation (porte-pièce A)	121
20	Rotation palettiseur 180°	5.5
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		

Machine 1
 Machine 2

Temps en 1/100 min :
 Débridage vérin pivotant et retour mors mandrin (hydraulique) : 4
 Chargement / Déchargement pièce par robot : 16
 Lavage surfaces de mise en position pièce : 20
 Bridage vérin pivotant : 4
 Avance mors mandrin (ressort) : 3
 Connection / déconnection au poste de chargement : 4.5
 Rotation palettiseur 180° : 5.5
 Usinage trous de fixation (porte-pièce A) : 121
 Usinage axes satellites (porte-pièce B) : 119

Représentation graphique Echelle : 1mm pour 1/100 min



ELEMENTS DE CORRIGE

Il vient donc : $\|\vec{F}_f\| = 1725\text{N}$

- Calcul du module de l'effort de coupe \vec{F}_c :

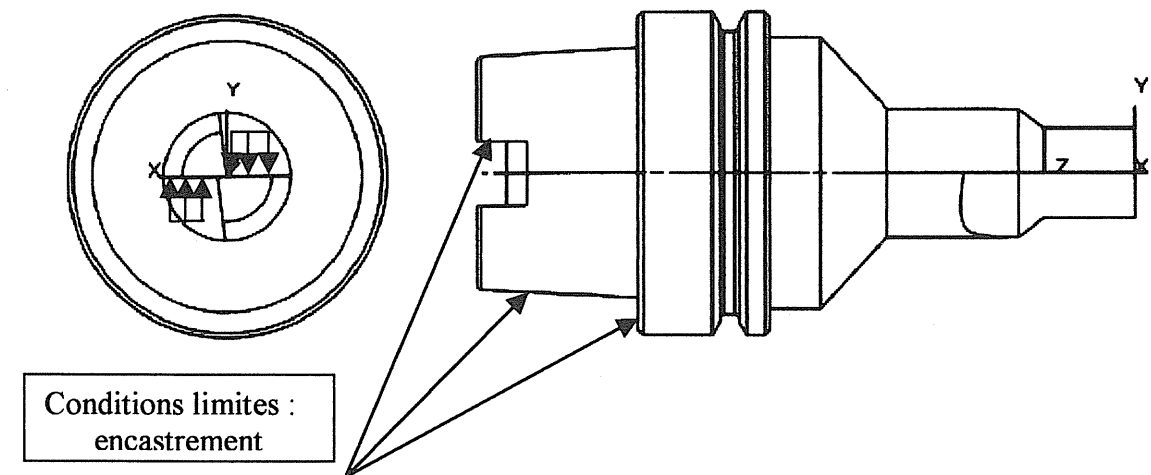
Le document ressource DRSB1 nous donne : $\|\vec{M}_c\| = \frac{D_c * f_n * k_{cfz} * a_p}{2000} * \left(1 - \frac{a_p}{D_c}\right)$

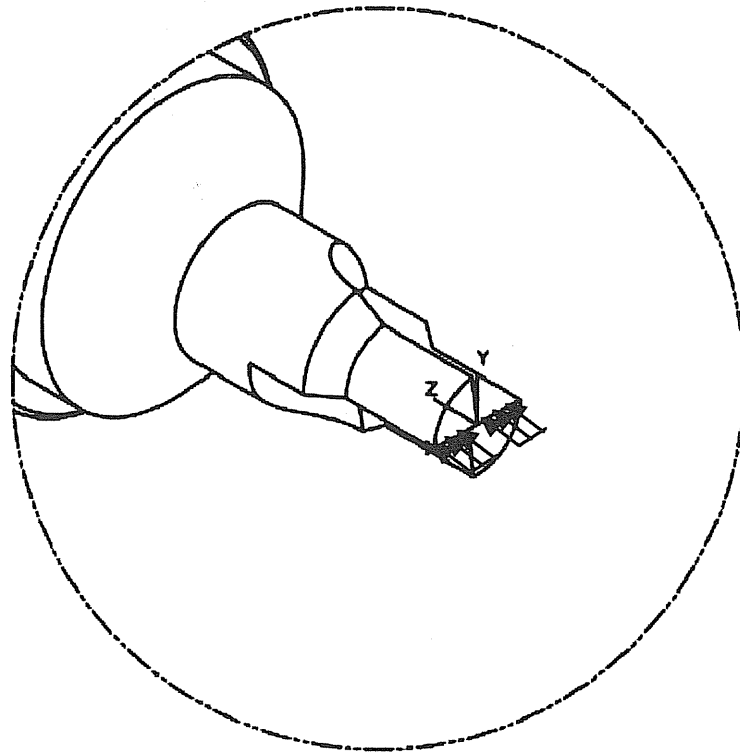
Application numérique : $\|\vec{M}_c\| = 15.4\text{Nm}$

Or, on a : $\|\vec{F}_c\| = \frac{\|\vec{M}_c\|}{\varnothing/2}$

Il vient donc $\|\vec{F}_c\| = 1750\text{N}$

Question 13. Influence des actions mécaniques exercées par la pièce sur l'outil : modèle éléments finis.





Conditions limites :

L'étude de la mise et du maintien en position porte-outil/broche fait apparaître un contact de type cône – face (cf. document technique DTC6) et un arrêt en rotation sur le tenon. Ceci peut se traduire par un encastrement.

Cas de charge :

Les efforts radiaux s'équilibrent et ne sont pas pris en compte.

Déclarer une charge uniformément répartie entre les points de coordonnées (2.3,0,0) et (8.8,0,0) représentant la position de la plaquette périphérique (la longueur de 6.5mm correspond à la longueur d'une plaquette).

Déclarer une charge uniformément répartie entre les points de coordonnées (0,0,0) et (-6.5,0,0) représentant la position de la plaquette centrale.

Question 14.

L'analyse de la figure 1 du document technique DTC5, montre, au niveau des déplacements résultants de l'ensemble outil/porte-outil, que seules les sections sur lesquelles ont été réalisées les goujures, subissent des déplacements. Il est donc inutile de réaliser un maillage sur l'ensemble. On préférera réaliser un raffinement de maillage au niveau des sections soumises à des déplacements de façon à tendre vers un résultat plus précis des déplacements.

On peut supposer (une fois l'outil engagé dans la matière) que la déformation sera constante sur toute la longueur usinée.

Le point (8.8, 0) subit donc un déplacement constant, ce qui entraîne un défaut dimensionnel sur le diamètre réalisé.

Soit δR la variation de rayon obtenue, on a :

$$\delta R = \sqrt{(R + Dx)^2 + Dy^2} - R = 1.68 * 10^{-3} \text{ mm}$$

Cette variation est négligeable au vu de l'opération considérée.

Etude de l'équilibrage des porte-outils.

Question 15.

Equilibre statique : seul le poids de l'ensemble étudié engendrerait un moment autour de l'axe de

$$\text{rotation } (O, \vec{z}_s) : \vec{M}_{O, \vec{P}} = \vec{OG} \wedge \vec{P} = \begin{vmatrix} 0 & -M * g * \sin\theta & M * g * b * \cos\theta \\ a & -M * g * \cos\theta & -M * g * b * \sin\theta \\ b & 0 & M * g * a * \sin\theta \end{vmatrix} . \text{ D'après l'hypothèse,}$$

on néglige le poids propre de l'ensemble, il y a donc équilibre statique.

Equilibre dynamique : l'axe de rotation (O, \vec{z}_s) n'est pas principal d'inertie pour le porte-outil

($D \neq 0$, $E \neq 0$ au niveau de la matrice d'inertie), il n'y a donc pas équilibre dynamique. Ceci génèrera des efforts et des couples tournants (voir question 16).

Question 16.

Appliquons le principe fondamental de la dynamique au porte-outil, au point O :

- Résultante dynamique :

Notons $\vec{R} = X * \vec{x}_s + Y * \vec{y}_s + Z * \vec{z}_s$ la résultante du torseur des efforts (exprimé en O) transmis par la liaison pivot sur (S) et $\vec{\Gamma}_{G/Rg}$ l'accélération du centre de gravité G de l'ensemble outil/porte-outil.

On a : $\vec{R} = M * \vec{\Gamma}_{G/Rg}$ (d'après les hypothèses, on néglige le poids propre de l'ensemble étudié).

$$\text{Or, } \vec{\Gamma}_{G/Rg} = -a * \dot{\theta}^2 * \vec{y}_s - a * \ddot{\theta} * \vec{x}_s$$

D'ou, en projection sur $\vec{x}_s, \vec{y}_s, \vec{z}_s$, il vient :

$$\begin{cases} X = -M * a * \ddot{\theta} \\ Y = -M * a * \dot{\theta}^2 \\ Z = 0 \end{cases}$$

• Moment dynamique en O :

Notons $\vec{M} = L * \vec{x}_s + M * \vec{y}_s + Ne * \vec{z}_s$ le moment du torseur des efforts (exprimé en O) transmis par la liaison pivot sur (S) et $\vec{\sigma}_{O,S/Rg}$ le moment cinétique de (S) au point O, exprimé dans Rs.

On a : $\vec{M} = \frac{d}{dt} \vec{\sigma}_{O,S/Rg}$

$$\text{Or : } \vec{\sigma}_{O,S/Rg} = \{I_{(O,S)}\}_{O,Rs} \vec{\Omega}_{S/Rg} = \begin{bmatrix} A & -F & -E \\ -F & B & -D \\ -E & -D & C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = -E * \dot{\theta} \vec{x}_s - D * \dot{\theta} \vec{y}_s + C * \dot{\theta} \vec{z}_s$$

D'ou : $\frac{d}{dt} \vec{\sigma}_{O,S/Rg} = C * \ddot{\theta} \vec{z}_s - E * \dot{\theta}^2 \vec{y}_s - E * \ddot{\theta} \vec{x}_s + D * \dot{\theta}^2 \vec{x}_s - D * \ddot{\theta} \vec{y}_s$

D'ou, en projection sur $\vec{x}_s, \vec{y}_s, \vec{z}_s$, il vient :

$$\begin{cases} L = -E * \ddot{\theta} + D * \dot{\theta}^2 \\ M = -D * \ddot{\theta} - E * \dot{\theta}^2 \\ Ne = C * \ddot{\theta} \text{ (équation du mouvement)} \end{cases}$$

D'ou, les composantes des efforts tournants :

Le constructeur garantit un balourd maximum $U=3g.mm$; ce qui correspond en fait au produit $M * a$ (masse par excentration du centre de gravité) dans les équations de la résultante.

Donc, en prenant une vitesse de rotation constante $N=2984tr/min.$, il vient :

$$M * a * \ddot{\theta} = 0 \text{ N}$$

et

$$M * a * \dot{\theta}^2 = 3 * 10^{-6} * \left(\frac{2984 * 2 * \pi}{60} \right)^2 = 0,3 \text{ N}$$

De même, les composantes des couples tournants :

$$\begin{aligned} \text{suivant } \vec{x}_s : & -E * \ddot{\theta} + D * \dot{\theta}^2 = 0 + 300 * 10^{-9} * \left(\frac{2984 * 2 * \pi}{60} \right)^2 = 0,03 \text{ Nm} \\ \text{suivant } \vec{y}_s : & -D * \ddot{\theta} - E * \dot{\theta}^2 = 0 + 2600 * 10^{-9} * \left(\frac{2984 * 2 * \pi}{60} \right)^2 = 0,25 \text{ Nm} \end{aligned}$$

L'opération a consisté en la réalisation d'un équilibrage statique (dit « 1 plan »).

La réalisation d'un équilibrage dynamique nécessiterait des enlèvements de matière dans un autre plan mais est parfaitement inutile. En effet, les efforts et couples tournants sont, pour ces vitesses de rotation, très faibles et n'occasionneront aucun déplacement radial de l'axe broche (d'un point de vue statique, avec une rigidité statique radiale de $200\text{N}/\mu\text{m}$ de la broche, on obtient un déplacement radial inférieur à $0,3/200\mu\text{m}$). Pour ces vitesses de rotation, aucun phénomène vibratoire dû à ce défaut d'équilibrage ne sera observé.

La méthode d'équilibrage n'est donc pas à remettre en cause dans le cas présent.

Note : L'équilibrage de porte-outil est recommandé pour des vitesses de rotation supérieures à $14000\text{tr}/\text{min}$. Dans ces situations, les efforts étant proportionnels au carré de l'amplitude de la fréquence de rotation, une analyse vibratoire peut être nécessaire pour vérifier qu'un balourd de $3\text{g}\cdot\text{mm}$ ne génèrera pas de vibrations néfaste à l'usinage et à la tenue de la broche.

Question 17. Calcul de degré d'équilibrage.

Pour calculer les degrés de qualité d'équilibrage G , il nous suffit d'utiliser la relation explicitant G et de faire apparaître les paramètres U , M et N , soit :

$$G = e \cdot \omega = \frac{U \cdot \omega}{M} = \frac{U \cdot \pi \cdot N}{M \cdot 30}$$

- Pour l'ensemble de masse $m=1045\text{g}$, on obtient $G \approx 0.9$ à $N=2984\text{tr}/\text{min}$.
- Pour l'ensemble de masse $m=1000\text{g}$, on obtient $G=2.36$ à $N=7528\text{tr}/\text{min}$.

Question 18. Contraintes liées à la durée de vie de l'outil.

Pour l'ensemble outil/porte-outil étudié, on a une masse $m=1000\text{g}$ et une vitesse de rotation $N=7528\text{tr}/\text{min}$.

Si l'on s'impose un degré de qualité d'équilibrage $G=1.6$ à cette vitesse de rotation, il vient, en utilisant la relation établie à la question précédente :

$$U = \frac{30 \cdot M \cdot G}{\pi \cdot N} = 2.03\text{g}\cdot\text{mm}$$

On doit associer le degré de qualité d'équilibrage à la notion de durée de vie de broche et donc aux efforts admissibles au niveau des paliers. Les efforts centrifuges, générés par un déséquilibre, sont proportionnels au carré de la fréquence de rotation (cf. question 17). Il faut définir G associé à une vitesse de rotation de broche, de façon à ne pas poser des contraintes là où elles n'ont pas lieu d'être.

Etude d'outillage pour la cellule d'usinage grande vitesse URANE 20C.

Question 19. (voir document DRC3a et DRC3b)

Question 20 et 21. (voir document DRC4)

Question 22. (voir document DRC6)

Phase 200 – Contrôle

Analyse et interprétation des spécifications.

Question 23.

Les spécifications les plus restrictives associées à la fonction "Entrainer le boitier de différentiel" sont les suivantes:

\oplus	$\varnothing 0,03$	C	X-Y
----------	--------------------	---	-----

\oplus	$\varnothing 0,3$	(P)	C	B
----------	-------------------	-----	---	---

\perp	0,02	X-Y
---------	------	-----

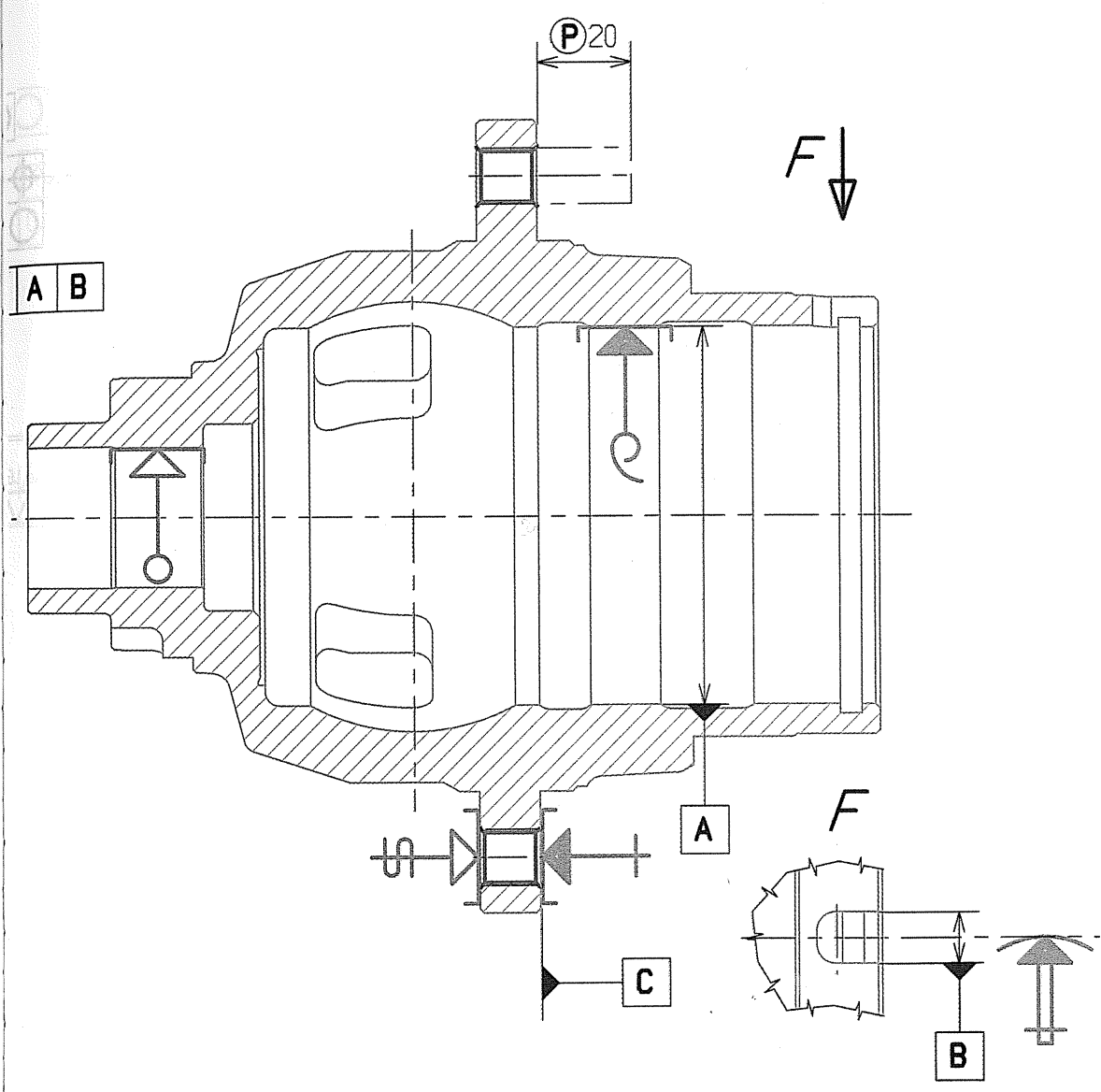
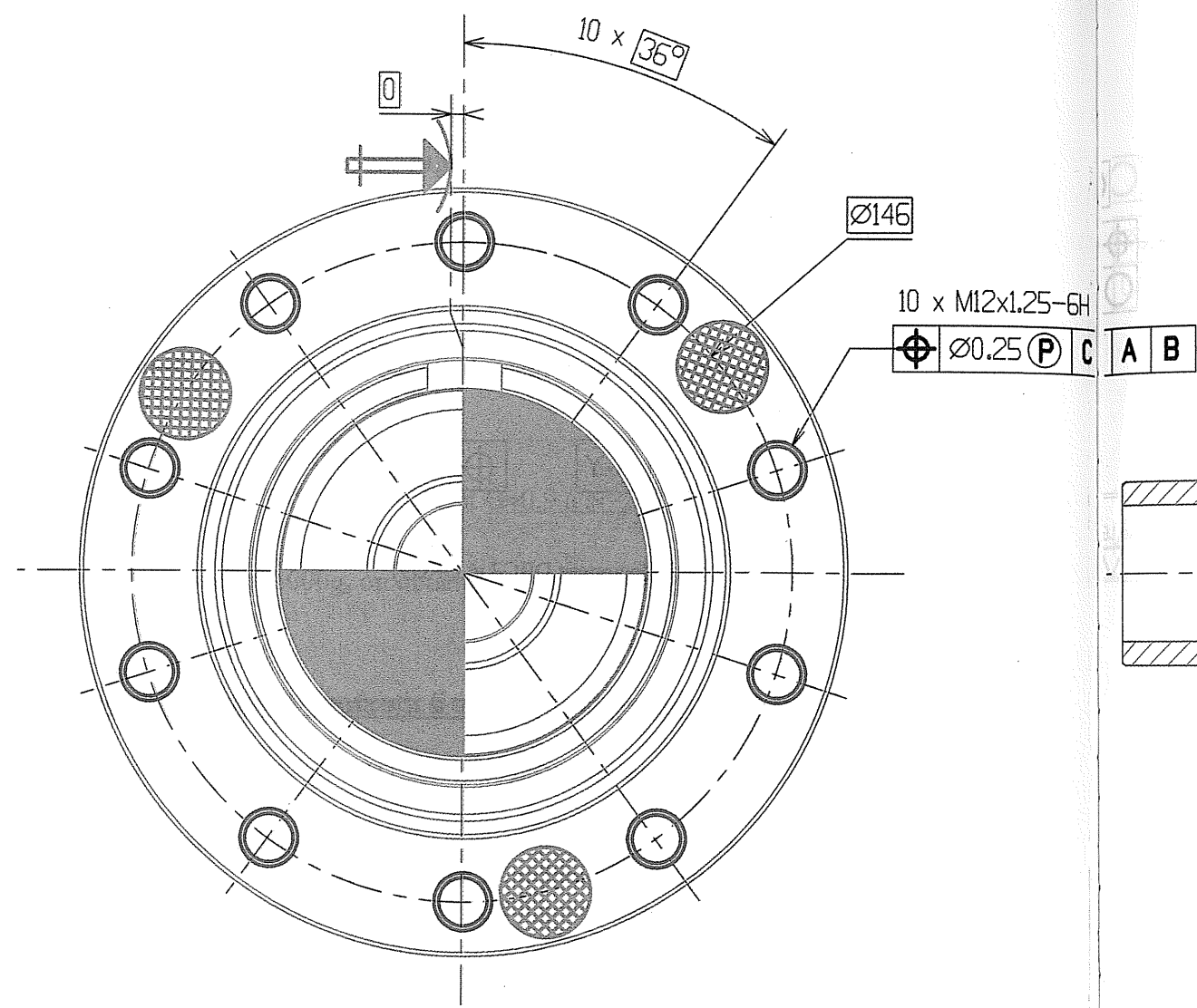
Question 24. (voir document DRC7 et DRC9)

Etude de l'exploitation de la machine à mesurer tridimensionnelle.

Question 25. (voir document DRC10 et DRC11)

Question 26. (voir document DRC12 à DRC16)

CONTRAT DE PHASE PHASE N°150 A	Ensemble: BOITE DE VITESSE MECANIQUE	Date:	DDMIT
	Pièce: BOITIER DE DIFFERENTIEL	BUREAU DES METHODES	1 1
	Matière: FGS 700-2 Y20		
NOM:	Programme:		
Désignation: PERCAGE - CHANFREINAGE - TARAUDAGE			
Machine-Outil: Centre d'Usinage Horizontal URANE 20			
Porte-Pièce : Montage d'usinage spécifique (Porte-Pièce A)			

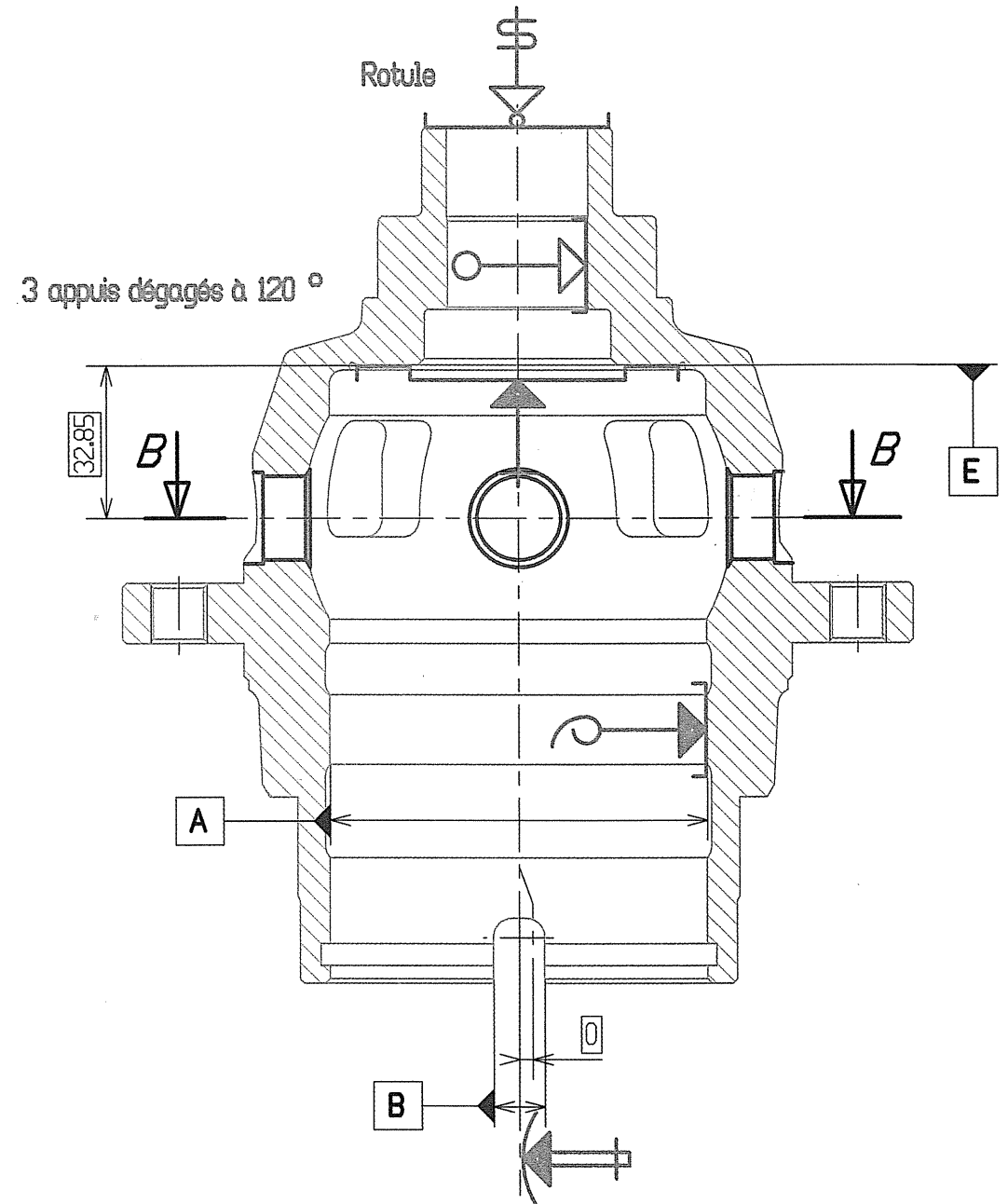


ELEMENTS DE CORRIGE

DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	V m/mn	n tr/mn	f mm/ét mm/tr	Vf mm/mn	σ mm
Opération 1 : PERCAGE-CHANFREINAGE 10 trous	Outil 1 : Foret étagé Ø10.75/Ø14 CARBURE	100	2961	0.15	888	
Opération 2 : CHANFREINAGE arrière 10 trous	Outil 2 : Outil à chanfreiner spécial DCMT 11 T3 08	250	6052	0.10	1210	
Opération 3 : TARAUDAGE 10 trous M12x1.25	Outil 3 : Taraud machine M12x1.25 AR	30	796	1.25	995	

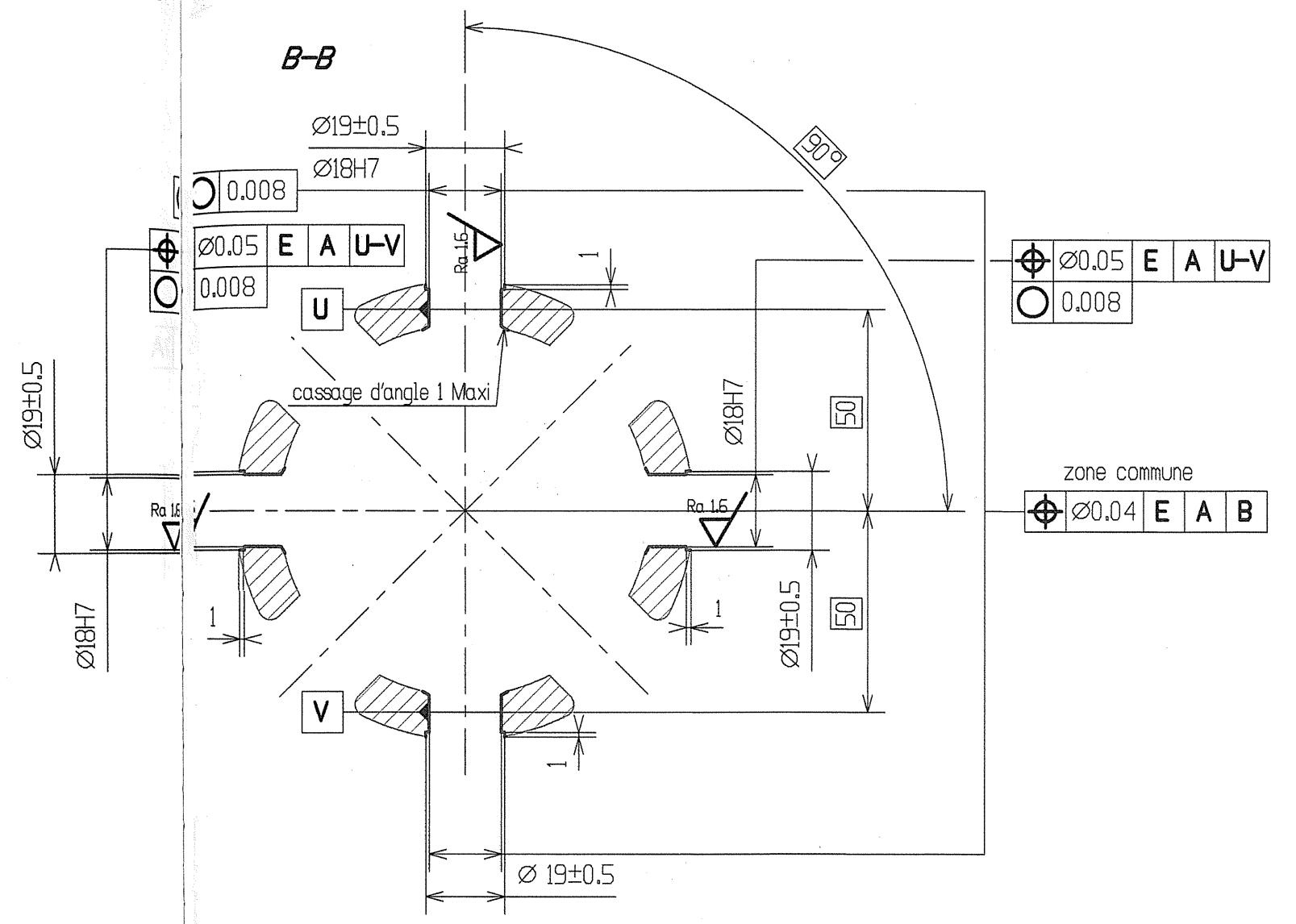
Document réponse DRC3a

CONTRAT DE PHASE PHASE N°150 B	Ensemble: BOITE DE VITESSE MECANIQUE	Date: DDMT
	Pièce: BOITIER DE DIFFERENTIEL	BUREAU DES METHODES
	Matière: FGS 700-2 Y20	
NOM:	Programme:	1 1
Désignation: PERCAGE - LAMAGE - CHANFREINAGE - ALESAGE		
Machine-Outil: Centre d'Usinage Horizontal URANE 20		
Porte-Pièce: Montage d'usinage spécifique (Porte-Pièce B)		



DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	V m/mn	n tr/mn	f mm/gt mm/tr	Vf mm/mn	□ mm
Opération 1 : PERCAGE - LAMAGE Ø17.5/Ø19	Outil 1 : Foret à plaquettes spécial CCMT 06 02 04 / WCMX 03 02 04	165	2984	0.13	388	
Opération 2 : CHANFREINAGE arrière	Outil 2 : Outil à chanfreiner spécial TCMT 06 T1 04	350	7528	0.13	3011	
Opération 3 : ALESAGE finition Ø18H7	Outil 3 : Outil d'alésage spécial Type "MAPAL"	100	1768	0.12	212	

ELEMENTS DE CORRIGE



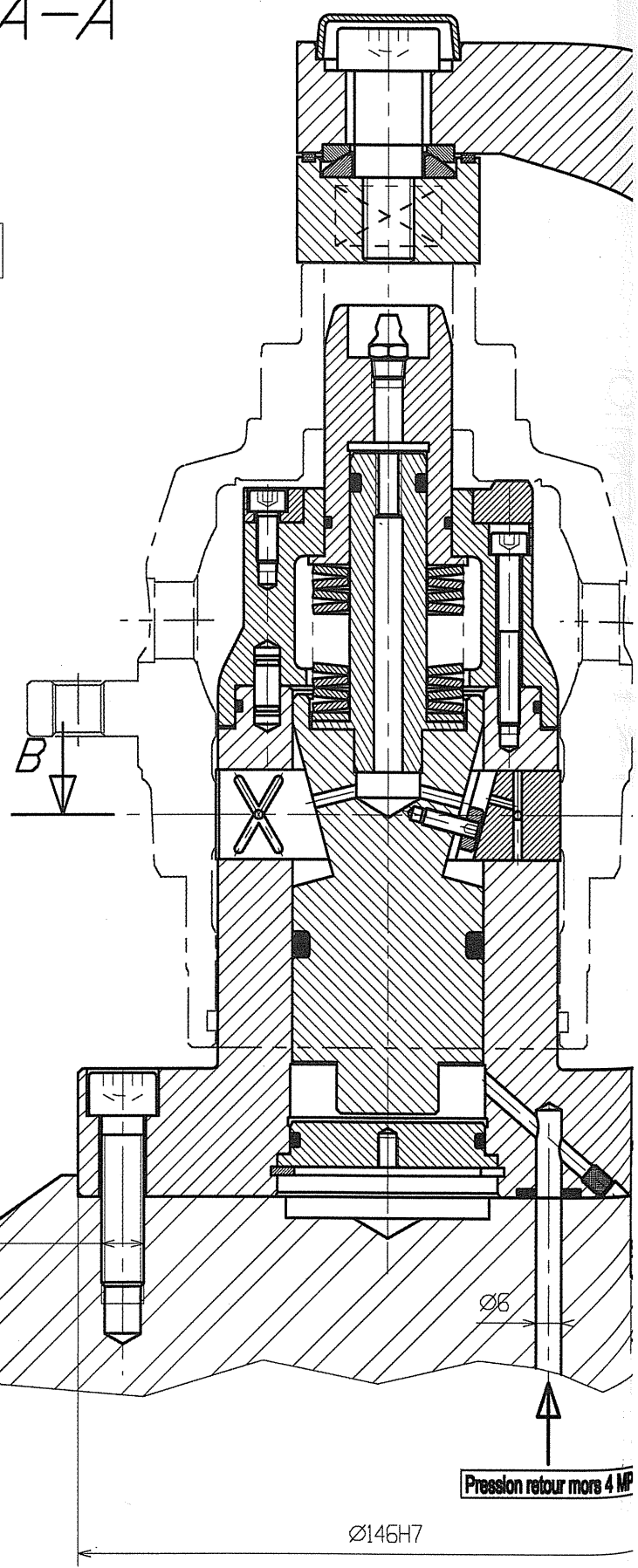
18 H7	+0.018 0
-------	-------------

Document réponse DRC3b

ELEMENTS DE CORRIGE

A-A

Porte-pièce en position SERRAGE



4 trous M10

Pression retour max 4 MP

Ø146H7

Ø6

Ø8H7

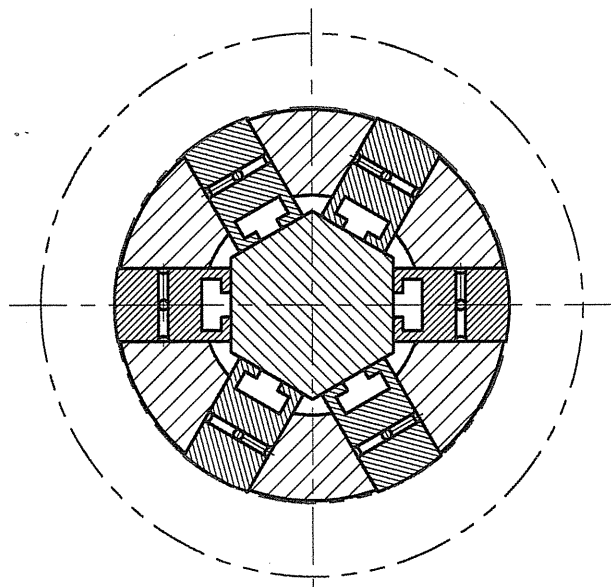
Vérin pivotant QUIRI
PF 41 D 90°

course 10 (vérin 12)

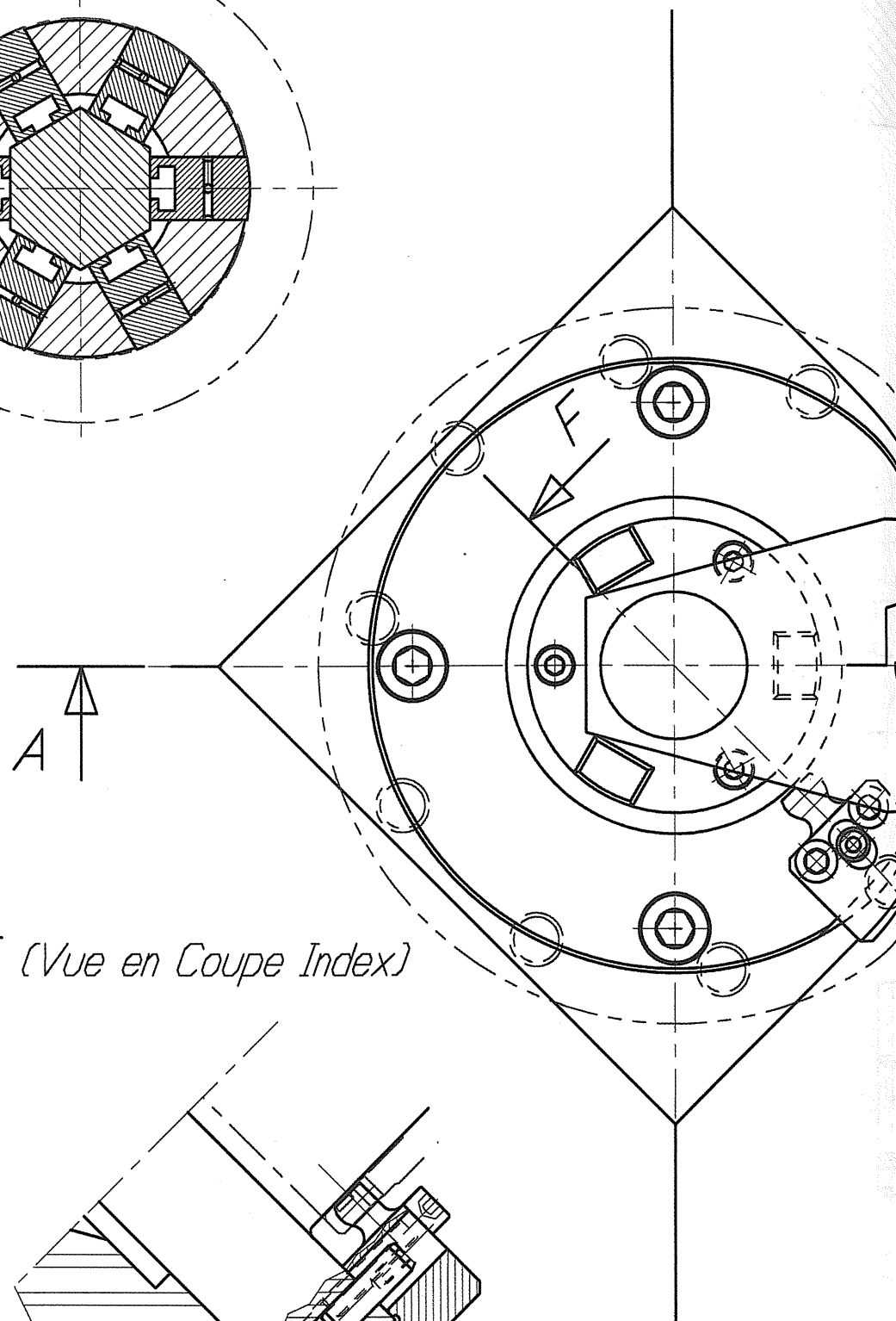
Document réponse DRC4

1	1	BOTTIER DE DIFFERENTIEL	FCS 700-2	Y20	
Rep	Nb	Désignation	Matériau	Observation	Référence
1	1	BOTTIER DE DIFFERENTIEL			
ETUDE D'OUTILLAGE					
BOTTIER DE DIFFERENTIEL					
Format: A1					
Ech. 1:1					
Dessiné par:					
					N°
					Le

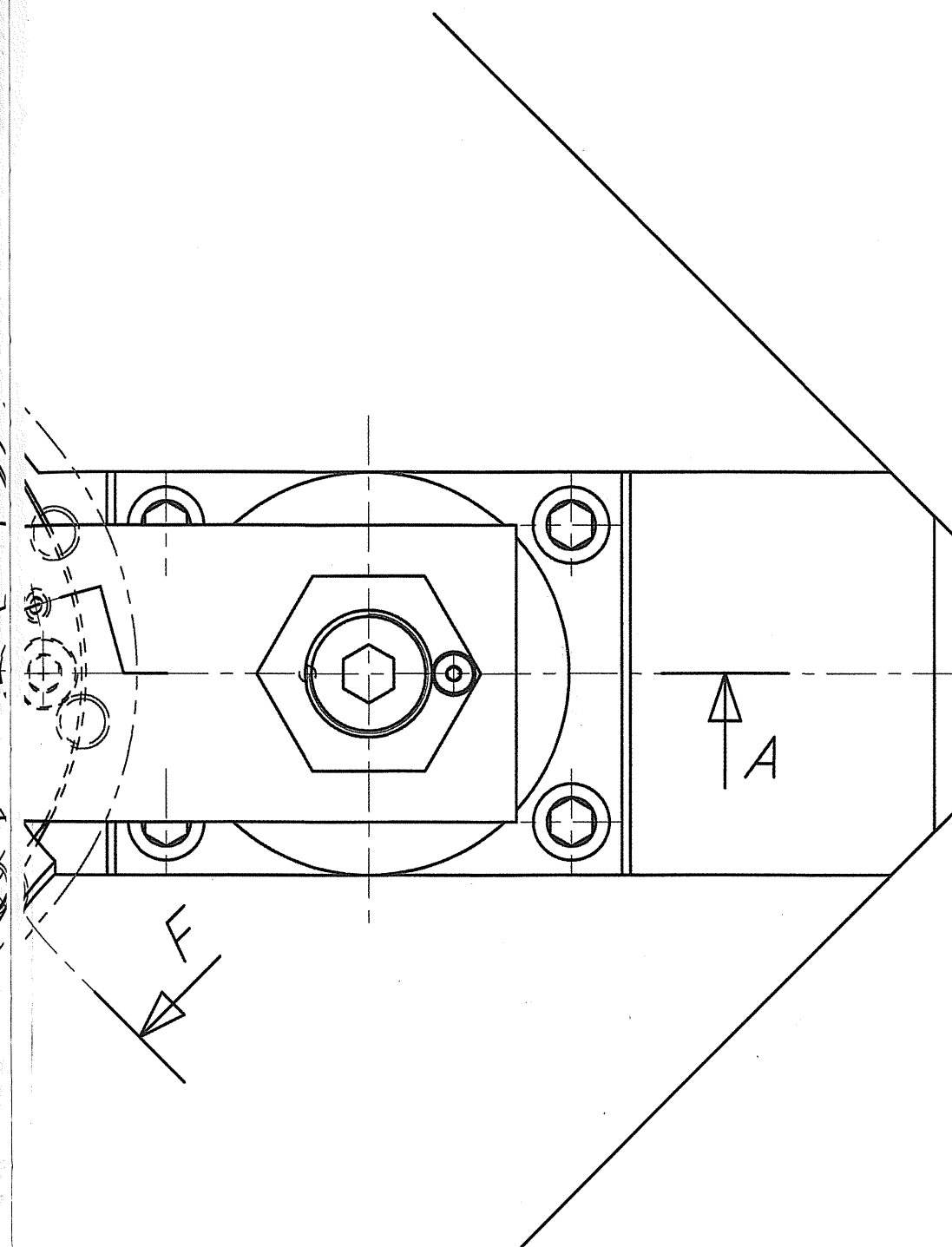
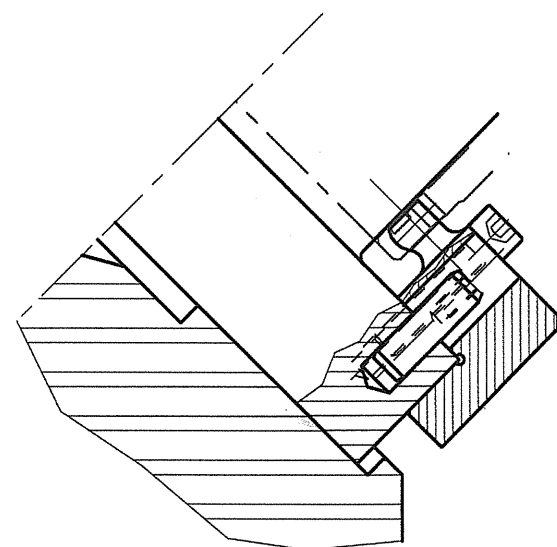
B-B (Section Mandrin)



ELEMENTS DE CORRIGE



F-F (Vue en Coupe Index)



Document réponse DRC5

1	1	BOITIER DE DIFFERENTIEL	FGS 700-2	Y20		
Rep	Nb	Désignation	Matériau	Observation	Observation	Référence
ETUDE D'OUTILLAGE						
BOITIER DE DIFFERENTIEL						
Format: A1						
Ech. 1:1						
Dessiné par:						
Le						N°

TOLERANCEMENT NORMALISE

Symbole de la spécification



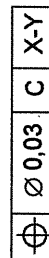
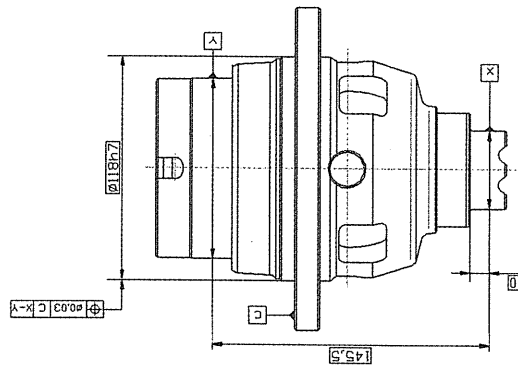
Type de spécification

Position

Condition de conformité :
L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.


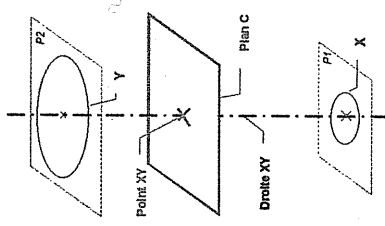
Schéma

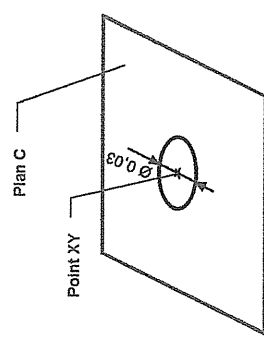
extrait du dessin de définition



Analyse d'une spécification par zone de tolérance

Eléments Idéaux

Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
unique groupe	unique multiples	Simple commune système	simple composée
Ligne réputée circulaire dans une section d'un arbre réputé "cylindre court"	<p>Référence primaire: Surface C réputée plane.</p> <p>Référence secondaire: Deux lignes (X et Y) réputées circulaires, appartenant à des arbres réputés "cylindre court".</p> 	<p>Référence primaire: Plan tangent extérieur à la matière et minimisant la plus grande des distances à l'élément de référence C.</p> <p>Référence secondaire: Point XY défini par l'intersection du plan C et de la droite XY défini par les centres de chacun des plus petits cercles circonscrits aux éléments de référence X et Y</p> 	Cercle de diamètre 0,03
			Cercle de tolérance situé dans le plan C



TOLERANCEMENT NORMALISE

Symbole de la spécification



Type de spécification

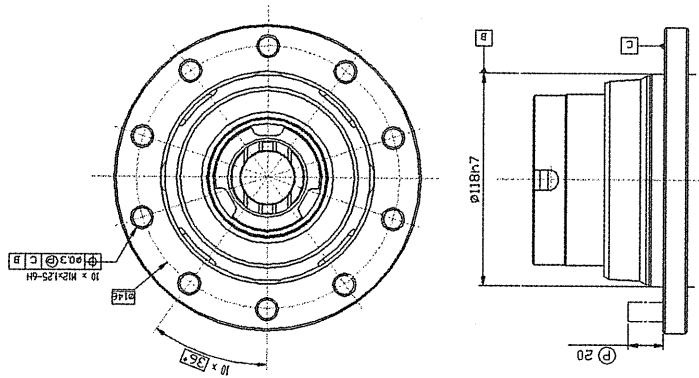
Position

Condition de conformité :

L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.

Schéma

extrait du dessin de définition



Analyse d'une spécification par zone de tolérance

Eléments non idéaux
extraits du « Skin Modèle »

Eléments Idéaux

Elément(s) tolérancé(s)

unique
groupe

Elément(s)
de référence

unique
multiples

Référence(s)
spécifiées(s)

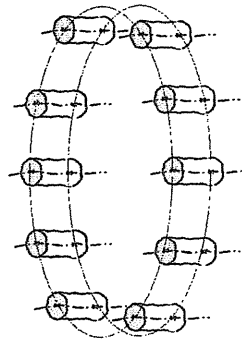
Simple commune
système

Zone de tolérance

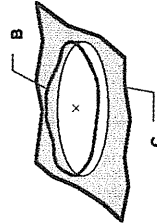
Simple
composée

Contraintes
orientation position
par rapport à
la référence spécifiée

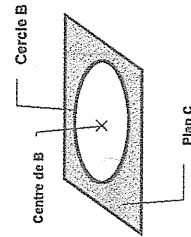
Ensemble de 10 lignes
réputées rectilignes qui sont
les axes de surfaces réputées
cylindriques associées à des
arbres cylindriques réputés
"cylindre long "



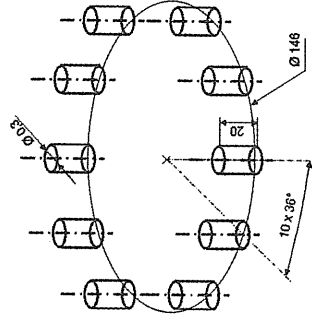
Référence primaire:
Surface C réputée
plane.
**Référence
secondaire:**
Une ligne B réputée
circulaires,
appartenant à un
arbre réputé "cylindre
court".



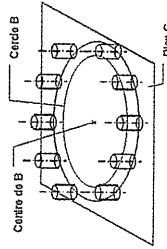
**Référence
primaire:**
Plan tangent
extérieur à la matière
et minimisant la plus
grande des distances
à l'élément de
référence C
**Référence
secondaire:**
Centre du plus petit
cercle circonscrit à
l'élément de
référence B (centre
projeté dans le plan
C)




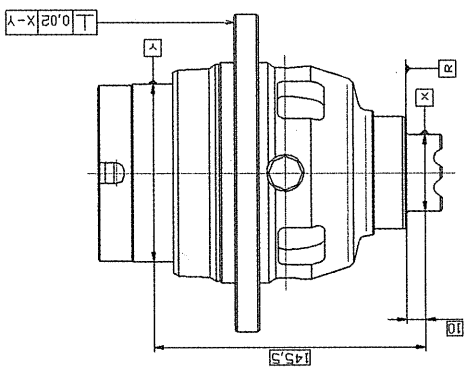

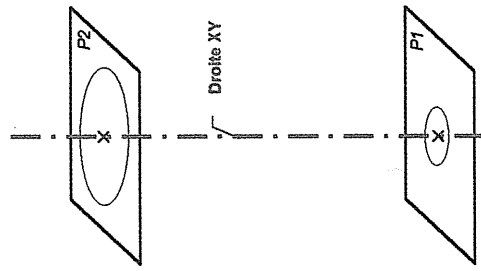
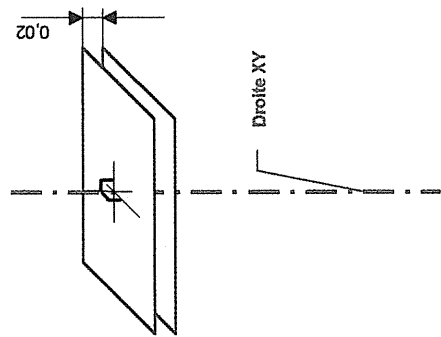
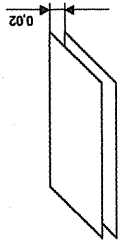
Espace de tolérance
composé de 10 zones
cylindriques de diamètre 0,3
de longueur 20 et répartis
uniformément sur un cercle
de rayon 73 (positions
relatives théoriques exactes)



Les axes des zones de
tolérances sont
perpendiculaires au
plan C et sont
positionnées par
rapport au centre de B.



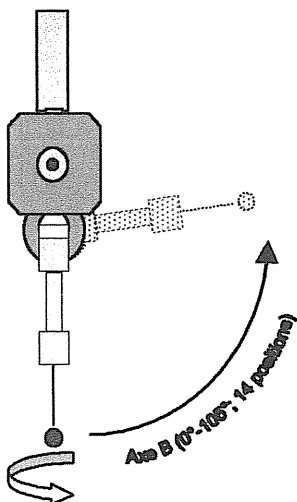
DOCUMENT REPOSE DRC8 (ELEMENTS de CORRIGE)

TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance	
Symbole de la spécification ┴		Éléments Idéaux	
Type de spécification Orientation	Éléments non idéaux extraits du « Skin Modèle »	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
<p>Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.</p>	<p>Élément(s) tolérancé(s) unique groupe</p> 	<p>Élément(s) de référence unique multiples</p>	<p>simple composée</p>
<p>Schéma extrait du dessin de définition</p> 	<p>Surface réputée plane</p> 	<p>-simple commune système</p> <p>Droite X Y passant par les centres des deux plus petits cercles circonscrits aux éléments de référence X et Y</p> 	<p>Les 2 plans parallèles sont perpendiculaires à la droite XY</p> 
			<p>Volume simple limité par deux plans parallèles et distants de 0,02</p> 

DOCUMENT REPOSE DRC9 (ELEMENTS de CORRIGE)

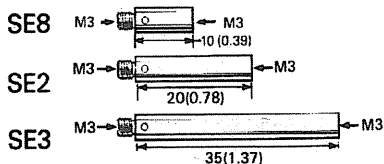
CONTRÔLE RECEPTION du PRODUIT FINI
EXPLOITATION d'une MMT / Éléments de corrigé

Capteur motorisé



Axe C (± 180°; 48 positions)

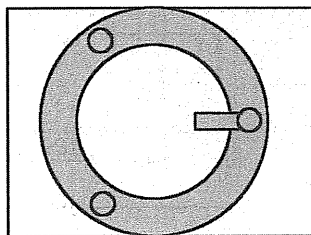
Rallonges disponibles
mm (in)



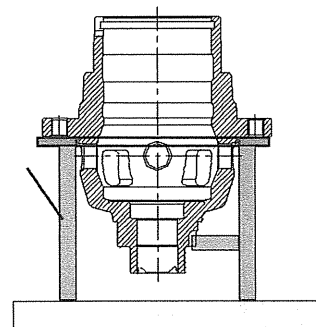
Maintien en position de la pièce

(à compléter)

Vue de dessus du support

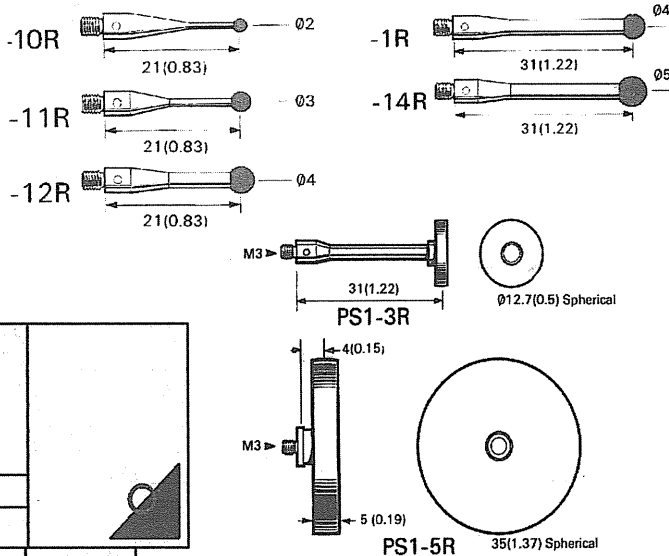


3 pieds à 120°



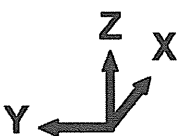
Stylets et disques PS1 disponibles

mm (in)

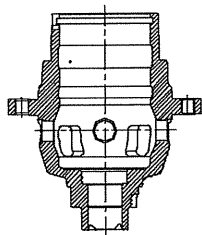


MMT

Course: Suivant X=750 mm
 Suivant Y= 1000 mm
 Suivant Z= 400 mm



(à compléter)



MARBRE

Posage de la pièce dans l'espace de mesure

Configuration du palpeur
(à compléter)

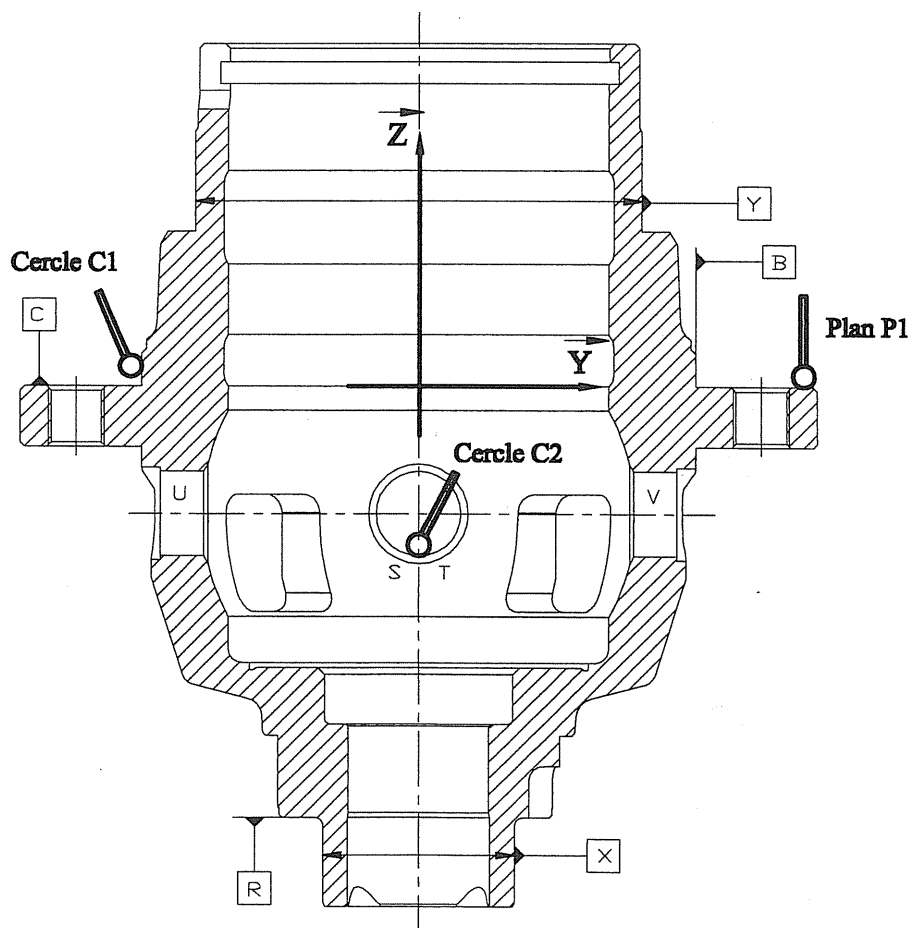
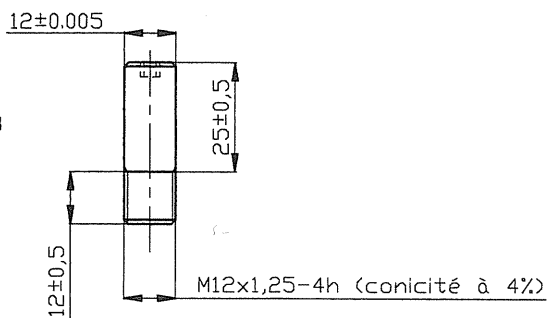
N° Stylet	Composition du stylet	Position	Angle /Axe B	Angle /Axe C
1	(2 x SE3) + 1R	A	0°	0°
		B	90°	0°
		C	90°	-90°
		D	90°	-180°
		E	90°	90°

Exploiter les silhouettes du document ressource DRSC1

MMT1.ppt

DOCUMENT REPOSE DRC10

Fourniture de 10 centreurs
pour les trous M12x1,25



→ → →
Définition du référentiel de dégauchissage (X, Y, Z)
(Palper P1, C1, C2)

ELEMENTS de CORRIGE

DOCUMENT REponse DRC11

Gamme de mesurage sur MMT



Définitions des opérations de détermination de la spécification

Repère élément palpé	N° op	Opération de mesure	Repère élément construit	Opération de construction	N° op	Croquis et explications
CE1 PL1 CE3 CE2	1A 2 3 4 1E	Mesurer le cercle Y Mesurer le plan C Mesurer le cercle B Mesurer le cercle X				<p>Posage de la pièce (suivant document DRC10) Dégauchissage de la pièce (suivant document DRC11) Exploitation des possibilités du logiciel MESTRID</p> <p>Calculer la distance d de PT2 à PT1 d = PT2/PT1 Vérification: d ≤ 0,015</p>
			DR1	Construire la droite passant par les centres de CE1 et de CE2 (DR1=CE1UCE2)	5	
			PT1	Point d'intersection de DR1 et de PL1	6	
			PT2	Projection du centre de CE3 dans PL1	7	

Gamme de mesurage sur MMT



Définitions des opérations de détermination de la spécification

Repère élément palpé	N° palpeur	Opération de mesure
PL1 CE1 CE2 CY1 CY2 - CY10	1A	Mesurer le plan C Mesurer le cercle B Palper le cylindre du centreur T1 Palper le cylindre du centreur T2 Palper le cylindre du centreur T10
		<p>Calculer la distance $d1 = PT6/PT5$ Calculer la distance $d2 = PT7/PT4$</p> <p><i>Nota: On peut estimer à $E_c = 0,02$ l'incertitude de localisation d'un centreur</i></p> <p>Tolérance sur $d = (0,3/2) - E_c - IT$ sur le diamètre du centreur = $0,15 - 0,01 - 0,01 = 0,13$</p> <p>Vérification: $d1 \leq 0,13$ $d2 \leq 0,13$</p>

Repère élément construit	Opération de construction	N° op
PT1 DR1	Projection du centre de CE1 dans PL1 Construire une droite perpendiculaire à PL1 passant par PT1	14 15
PT2 DR2	Projection du centre de CE2 dans PL1 Construire une droite passant par PT1 et PT2 <i>Construction d'un repère</i> Direction principale confondue avec DR1 (Z) Direction secondaire confondue avec DR2 (Y) Origine PT1	16 17 18
PT3 PL2 PT4 DR3 PT5 PT6 PT7	Construction d'un point théorique PT3 = (0,0,20) PL2 parallèle à PL1 passant PT3 Construction d'un point théorique PT4 = (0,-73,0) Droite perpendiculaire à PL1 passant par PT4 Intersection de DR3 avec PL2 Intersection de CY1 avec PL2 Intersection de CY1 avec PL1	19 20 21 22 23 24 25
PT8	<i>Vérification des trous suivants</i> Cas du trou T2 Construction d'un point théorique PT8 = (x2,-y2,0) Puis répéter les opérations 22 à 25 adapté au trou T2 Cas du trou Tn Construction d'un point théorique PTn = (xn,-yn,0) Puis répéter les opérations 22 à 25 adapté au trou Tn	26

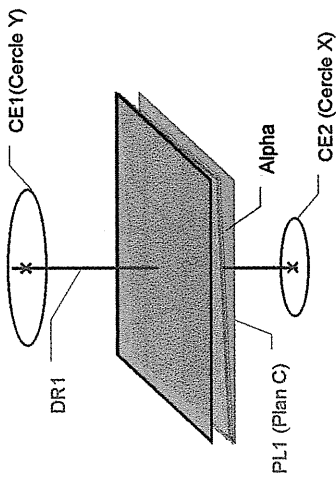
Croquis et explications

Posage de la pièce (suivant document DRC10)
Dégauchissage de la pièce (suivant document DRC11)
Exploitation des possibilités du logiciel MESTRID
Mise en place des 10 centreurs (document DRC1)

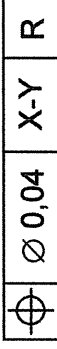
Gamme de mesurage sur MMT

⊥	0,02	X-Y
---	------	-----

Définitions des opérations de détermination de la spécification

Repère élément palpé	N° Palpeur	Opération de mesure	N° op	Repère élément construit	Opération de construction	N° op	Croquis et explications
CE1 PL1 CE2	1A 1E	Mesurer le cercle Y Mesurer le plan C Mesurer le cercle X	1 2 3	DR1	Construire la droite DR1 passant par le centre de CE1 et CE2 (DR1=CE1 U CE2)	4	<p>Posage de la pièce (suivant document DRC10) Dégauchissage de la pièce (suivant document DRC11) Exploitation des possibilités du logiciel MESTRID</p>  <p>Calcul de l'angle Alpha compris entre la droite DR1 et le plan PL1</p> <p>Alpha = DR1/PL1</p> <p>Vérification: Alpha ≤ 0,117x10⁻³ rad</p>

Gamme de mesurage sur MMT



Définitions des opérations de détermination de la spécification

Repère élément palpé	N° palpeur	Opération de mesure	N° op	Repère élément construit	Opération de construction	N° op	Croquis et explications
CE1	1A	Mesurer le cercle Y	1				<p>Posage de la pièce (suivant document DRC10) Dégauchissage de la pièce (suivant document DRC11) Exploitation des possibilités du logiciel MESTRID</p>
CE2	1E	Mesurer le cercle U	2				
CE4		Mesurer le cercle X	3				
PL1		Mesurer le plan R	4				
CE5	1C	Mesurer le cercle V	5				
				DR1	Droite passant par le centre de CE1 et CE4	6	
				DR2	Droite passant par le centre de CE2 et CE5	7	
				PL2	Plan perpendiculaire à DR1 et passant par CE5	8	
				PL3	Plan perpendiculaire à DR1 et passant par CE2	9	
				PT1	Point d'intersection de DR1 avec PL1	10	
				PT2	Point d'intersection de DR1 avec PL2	11	
				PT3	Point d'intersection de DR1 avec PL3	12	

Calculer la distance **d1** de PT2/PT1
Vérification: $64,48 \leq d1 \leq 64,52$

Calculer la distance **d2** de PT3/PT1
Vérification: $64,48 \leq d2 \leq 64,52$

Gamme de mesurage sur MMT



Définitions des opérations de détermination de la spécification

Repère élément palpé	N° palpeur	Opération de mesure	N° op	Repère élément construit	Opération de construction	N° op	Croquis et explications
CE1	1A	Mesurer le cercle Y	1				<p align="center">Posage de la pièce (suivant document DRC10) Dégauchissage de la pièce (suivant document DRC11) Exploitation des possibilités du logiciel MESTRID</p>
CE2	1E	Mesurer le cercle U	2				
CE4		Mesurer le cercle X	3				
PL1		Mesurer le plan R	4				
CE5	1C	Mesurer le cercle V	5				
CE6	1B	Mesurer le cercle T	6				
CE7	1D	Mesurer le cercle S	7				
			8	DR1	Droite passant par le centre de CE1 et CE4		
			9	DR2	Droite passant par le centre de CE2 et CE5		
			10	PL2	Plan perpendiculaire à DR1 et passant par CE5		
			11	DR3 PL3	Projection de la droite DR2 dans PL2 Plan perpendiculaire à PL2 et passant par DR3		
			12	PT1	Point d'intersection de DR1 avec PL1		
			13		<i>Construction d'un repère</i> Direction principale confondue avec DR1 (Z) Direction secondaire confondue avec DR3 (Y)		
			14	PT2	Construction d'un point théorique PT2 = (0,0,64,5)		
			15	DR4	Construction d'une droite perpendiculaire passant par PT2		
					Calculer la distance d1 de CE6/DR4 Vérification: d1 ≤ 0,1		
					Calculer la distance d2 de CE7/DR4 Vérification: d2 ≤ 0,1		

Commentaires du jury sur l'épreuve de composition des technologies de fabrication

Commentaire relatif à la première partie

Cette partie traitait du choix des matériaux et de son traitement ainsi que du procédé d'obtention du brut et du processus de fabrication d'un pignon satellite.

Cette première partie a été traitée par 111 candidats.

Il est à noter un manque de connaissance dans le domaine des traitements superficiels, du positionnement de ces traitements dans la gamme de fabrication et du choix des procédés d'obtention des pièces brutes dans la fabrication d'engrenages.

Commentaire relatif à la deuxième partie

La question traitant de l'étude de moulage d'un boîtier de différentiel a été abordée par l'ensemble des candidats mais peu ont trouvé une solution cohérente. Il fallait d'abord choisir le plan de joint puis concevoir un noyau démoulable et facile à mettre en place dans le moule avec un indexage permettant de positionner l'encoche et les fenêtres. Il fallait ensuite prévoir le système d'alimentation, de masselottage et de coulée, sans les calculer.

Concernant l'étude de structure métallurgique du matériau, trois candidats seulement connaissaient la signification du taux GS et 50% ont pu définir une matrice ferrito-perlitique d'une fonte GS. Sur l'interprétation de l'essai de traction, la détermination de la limite conventionnelle d'élasticité et l'allongement A% a posé des problèmes pour 60% des candidats.

On demandait ensuite de décrire les défauts inhérents au procédé et de proposer des moyens de contrôle à mettre en place. Seuls les défauts d'ordre métallurgique ont été évoqués par la majorité des candidats, peu ont abordé les défauts dimensionnels.

Commentaire relatif à la troisième partie

Les questions concernant les capacités de production d'une ligne ont été abordées dans plus de 90% des copies. Il est dommage que 30 à 40% des candidats ne portent pas un regard critique sur leurs résultats et formulent des conclusions peu en adéquation avec une solution industrielle. Il est à noter que les candidats ayant consacré du temps au choix des outils coupants ont correctement traité cette partie.

Le tracé du schéma de séquence a été traité par la majorité des candidats, 50% ont compris le fonctionnement de la cellule.

Le calcul des efforts de coupe donne de mauvais résultats, notamment avec des problèmes d'ordre de grandeur. Très souvent les candidats font un mauvais choix de la force spécifique de coupe, dû à la méconnaissance du matériau usiné.

Pour ce qui est de l'étude de déformation d'un outil, 30% des candidats donnent des réponses et interprétations logiques, pour le reste on cumule des erreurs dues à une mauvaise vision du comportement d'un outil et à une méconnaissance des notions élémentaires sur les éléments finis.

Les questions relatives à l'équilibrage des porte-outils n'ont été abordées dans leur ensemble que par 20% des candidats. On constate beaucoup d'erreurs et de difficultés pour appliquer le principe fondamental de la dynamique à une situation concrète mais très simple.

Concernant la modélisation de l'installation isostatique de la pièce, il apparaît qu'un nombre important de réponses ne correspondent pas aux attentes.

La question concernant l'adéquation de la solution du porte pièce proposé et le respect de la cotation de fabrication a été traitée par la majorité des candidats, la justification manque parfois de rigueur et d'argumentation solide.

La conception de solutions constructives concernant le montage d'usinage a été abordée par 50% des candidats. Les solutions proposées sont très éloignées de celles utilisées en conception d'outillage.

Exemples :

- la liaison rotule limitée angulairement est réalisée par une sphère complète souvent impossible à monter,
- le positionnement angulaire des pièces d'appui est souvent surabondant ou omis,
- les trous d'arrivée d'huile sont irréalisables,
- la fonction étanchéité du mandrin hydraulique a souvent été oubliée,

Peu de candidats ont tenu compte de l'accessibilité des outils, 16 candidats ont essayé d'établir la cotation nécessaire à la réception du montage.

Les candidats (20%) qui ont consacré du temps à la partie interprétation et contrôle des spécifications de définition ont réalisé des compositions très satisfaisantes. Il est à noter que seuls les candidats qui "savaient faire" ont composé sur cette partie.

Commentaire sur l'ensemble de l'épreuve

Beaucoup de candidats ont traité le sujet de manière séquentielle, en consacrant trop de temps aux premières questions. De ce fait certaines parties n'ont pas été (ou que très superficiellement) abordées alors qu'elles faisaient appel à des connaissances minimales exigées pour cette épreuve (niveau Bac+2 dans le domaine de la productique).

Dans l'ensemble beaucoup de temps a été consacré au tracé du moule prêt à couler pour des solutions d'emblée fausses (plan de joint mal positionné, trou de coulée, noyaux non réalisables).

Le dessin du montage d'usinage a fait apparaître un manque de réalisme par rapport aux solutions technologiques. Il serait bon d'avoir, avant de dessiner, une approche plus fonctionnelle.

Un contact avec la réalité industrielle, au moyen, par exemple, de visites d'entreprises de petites et moyennes séries, permettrait d'améliorer le réalisme des solutions proposées par les candidats.

La moyenne de l'épreuve est de 6,94/20.

