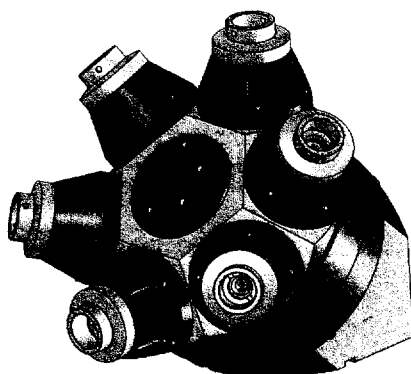


**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2009**

**ÉPREUVE U52
ANALYSE ET SPÉCIFICATION DE PRODUITS**

DOSSIER TRAVAIL



Ce dossier comporte 7 pages.

Il est conseillé de respecter les temps suivants :

Lecture Dossier Travail : 20 min maxi

Partie 1- 2h

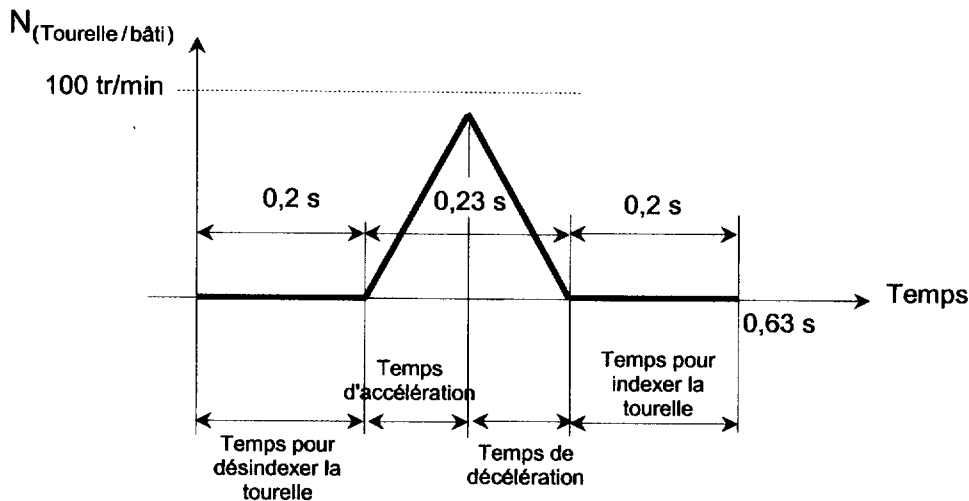
Partie 2- 1h 40 min

PARTIE 1 – ÉTUDE DE L'INERTIE DE LA TOURELLE

1.1 – PROBLÉMATIQUE.

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

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



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

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

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

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

1.2 – DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE.

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

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

1.3 – ÉTAPE 1 : ANALYSE DU MÉCANISME.

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

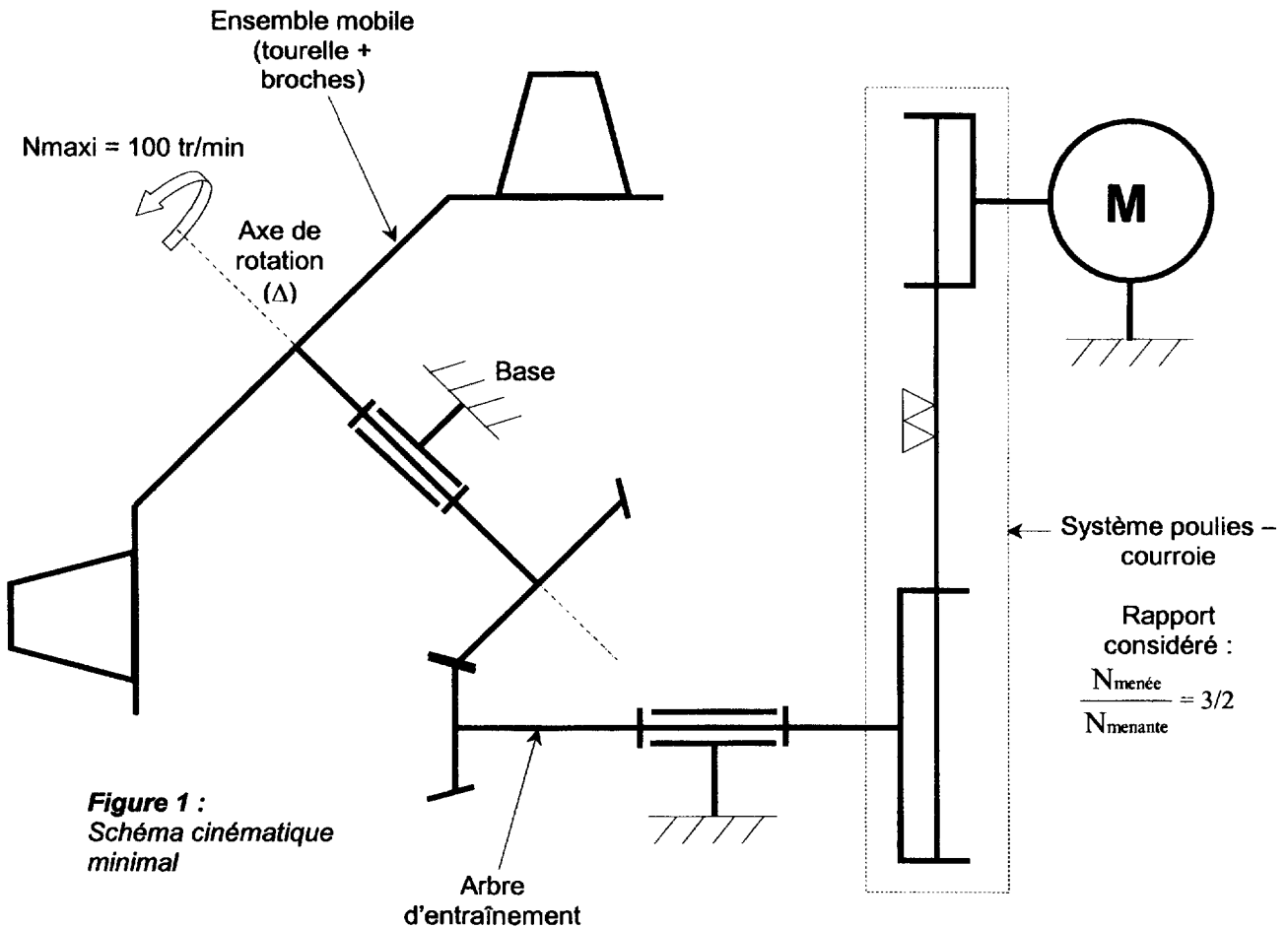


Figure 1 : Schéma cinématique minimal

Question 1 :
DT01 à DT05
DRep01

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

Question 2 :
DT01 à DT05
DRep01
Feuille de copie

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

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

Remarque :

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

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

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

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

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

Question 3 :
DT06
Feuille de copie

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

Question 4 :
Feuille de copie

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

1.4 – ÉTAPE 2 : MATÉRIAU DE LA TOURELLE.

La broche étant déjà optimisée sur le plan technico-économique, on envisage de modifier le matériau de la tourelle qui est la pièce la plus importante de l'ensemble mobile. Une étude mécanique a mis en évidence que pour obtenir une réduction des temps d'accélération et décélération d'au moins 10%, il faut réduire l'inertie de la tourelle d'au moins 60%. Ceci correspond, à géométrie constante, à une diminution de la masse volumique du matériau de la tourelle dans les mêmes proportions.

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

- OBJ1 : Diminuer l'inertie d'au moins 60%.
- OBJ2 : Rester dans le domaine élastique avec un coefficient de sécurité de 2.
- OBJ3 : Choisir un procédé d'obtention adapté à la forme de la pièce et à la production désirée (100 pièces / an).
- OBJ4 : Rester dans des déformations proches de celle de la tourelle actuelle.

Question 5 : 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.

DT07
Feuille de copie

Question 6 : 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.

DRep02
Feuille de copie

Question 7 : Calculer la valeur de la masse volumique maximum répondant à OBJ1.

DT07
Feuille de copie

Question 8 : 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.

DT08
Feuille de copie

Question 9 : Sur le graphe N°1 de **DRep02**, encadrer la zone de choix répondant à OBJ1 et OBJ2.

DRep02

Question 10 : Compte tenu de OBJ3 quel(s) procédé(s) d'obtention proposeriez-vous ? Justifiez votre réponse.

Feuille de copie

Question 11 : Identifier sur le graphe N°1 de **DRep02**, au moins deux matériaux situés dans la zone de choix. Justifier votre choix.

DRep02
Feuille de copie

Question 12 : Le document **DT08** présente les déplacements maxi de la tourelle, dans le cas du chargement le plus défavorable, pour :

DT08
Feuille de copie

- 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.

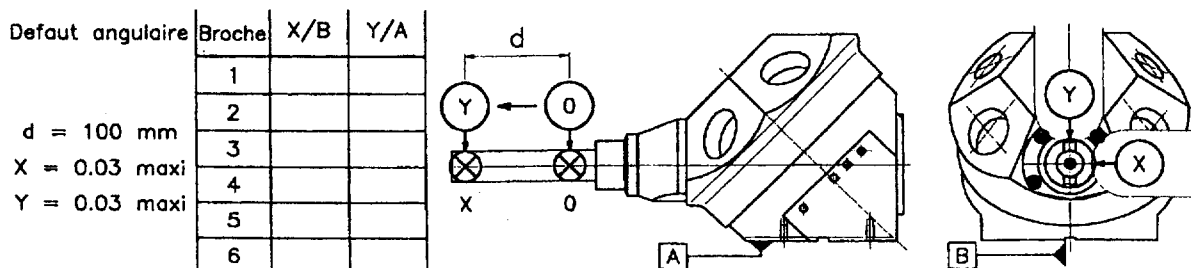


Figure 2 : Extrait du document de contrôle géométrique de la tête revolver ETR 36

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.

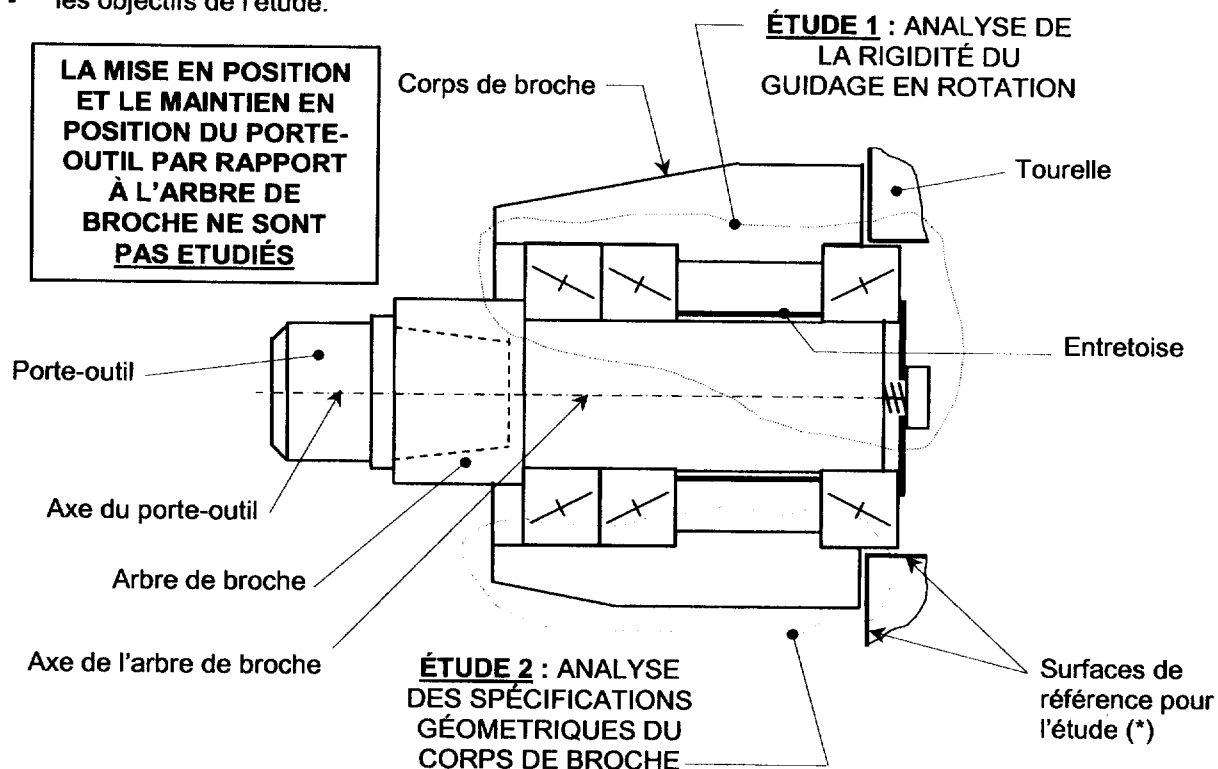


Figure 3 : Schéma de principe du guidage en rotation de l'arbre de broche par rapport à la tourelle.

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 considérera, 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.

C.R.D.P.

75, cours Alsace et Lorraine
33075 BORDEAUX CEDEX

Tél. : 05 56 01 56 70

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.
DT02 à DT04
DT09, DT10
DRep03
Sur la vue en coupe du montage de roulements **avec entretoise** (document **DRep03**), indiquer ces conditions.

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 : $20^0_{-0,021}$.

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

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

Feuille de copie

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

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

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

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

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

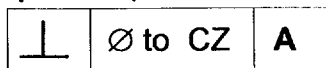
Question 25 : Rechercher, dans le tableau d'analyse des antériorités du corps de broche (**DRep07**) la fonction technique qui décrit le positionnement du corps de broche par rapport à la tourelle et colorier chacune des lignes concernées. Sur le document **DRep08** (dessin de définition du corps de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

DRep07, DRep08

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

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

DRep09



Question 27 : Déterminer le diamètre t de la zone de tolérance disponible telle que le défaut d'orientation de GC1 soit égale à α 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

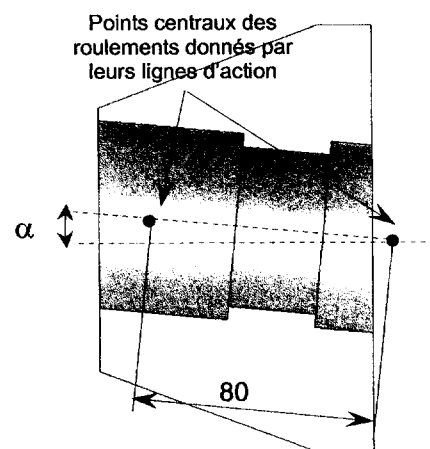


Figure 4 :
Défaut d'orientation dans un plan