



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**Campagne 2009**

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

Session 2009

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR****INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MECANIQUES****E4: ETUDE DE PRE-INDUSTRIALISATION***Partie 1 : Etude de la relation « produit – procédé - processus prévisionnel »**Partie 2 : Spécification technique*

Durée : 6 heures

Coefficient : 4

**Aucun document autorisé****Contenu du dossier:**

Texte du sujet : pages 1/10 à 10/10  
Documents techniques : DT1 à DT 6  
Documents ressources : DRS1 à DRS14  
Documents réponse : DR1 à DR6

**Cette sous-épreuve a pour objectif de valider les compétences :**

- C 01 : Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C 03 : Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C 04 : Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05 : Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...)
- C06 : Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

**CALCULATRICE AUTORISEE**

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machine entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR****INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MECANIQUES****E4 : ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION****DOSSIER TECHNIQUE**

**Contenu du dossier : 8 documents dont 2 formats A3**

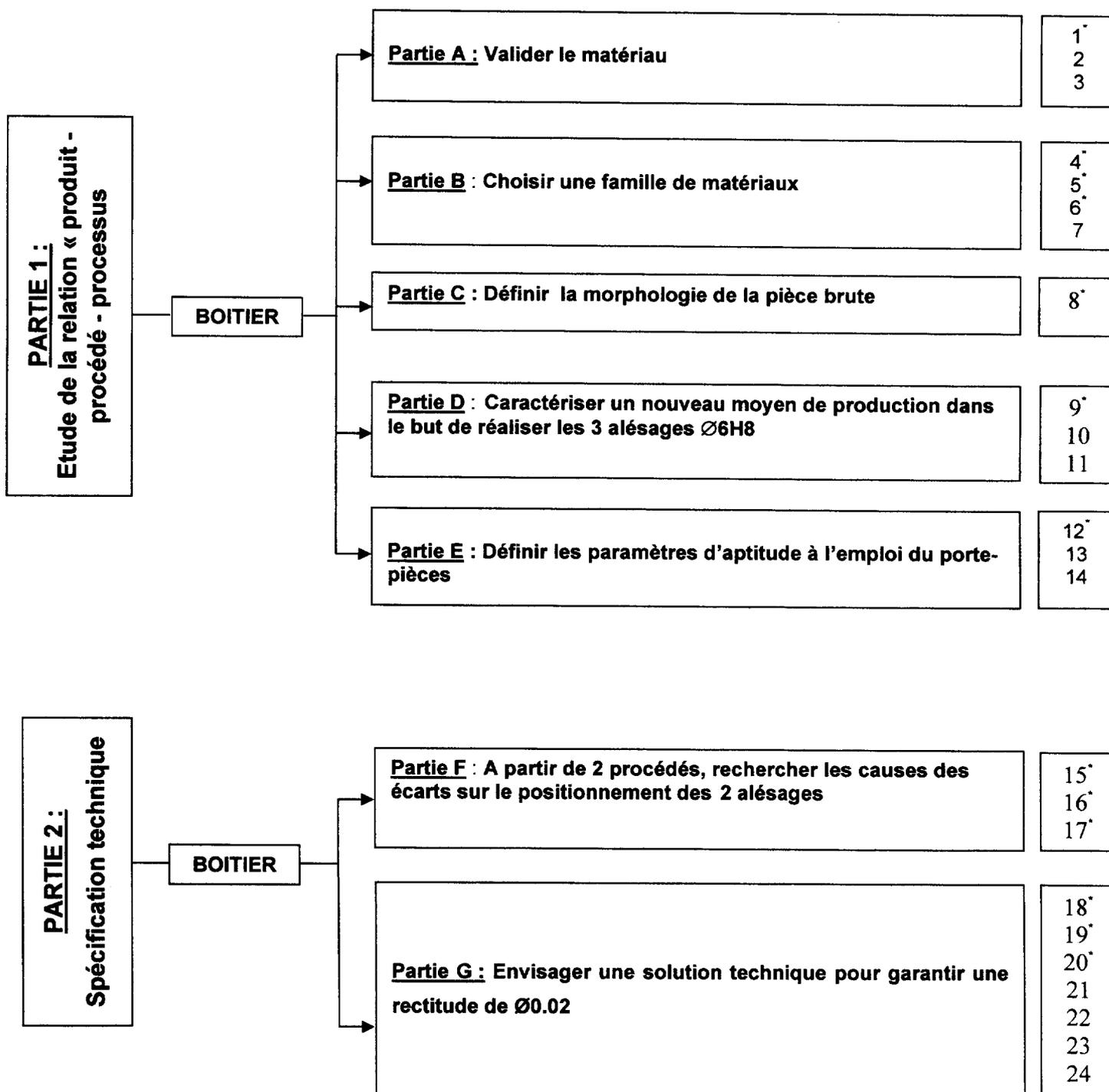
<b>DT</b>	<b>Intitulé</b>
DT1	Contexte de l'étude
DT2	Dessin d'ensemble du système d'irréversibilité
DT3	Nomenclature
DT4	Dessin de définition du Boîtier d'irréversibilité
DT5	Processus prévisionnel (1/3-2/3-3/3)
DT6	Obtention du brut – Nomenclature des phases

La structure du sujet est schématisée ci-dessous :

Support :

Activités :

Questions :



Toutes les parties sont indépendantes.

Les questions repérées par le symbole \* sont indépendantes.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR****INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MECANIQUES****E4 : ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION****Dossier sujet****Sommaire:**

**Partie 1** - Etude de la relation "produit – procédé - processus prévisionnel" **Page 1 à 5**

**Partie 2** - Spécification technique. **Page 6 à 10**

**L'organisation générale du sujet est décrite ci-dessous :**

- 1 chemise DOSSIER SUJET dans laquelle se trouve le texte du sujet écrit sur 10 pages ;
- 1 chemise DOSSIER TECHNIQUE dans laquelle des documents spécifiques au support de l'étude, sont identifiés "Document technique DT..." ;
- 1 chemise DOSSIER "RESSOURCES" dans laquelle des documents extraits de catalogues fournisseurs, dossiers de machines et autres, sont identifiés "Document ressource DRS...." ;
- 1 chemise DOSSIER "REponses" dans laquelle les documents réponses sont identifiés "Document réponse DR...".

Tournez la page s.v.p

## Partie 1 : Produit - Procédé – Matériaux

### Partie A : Valider le matériau

Le matériau de ce boîtier d'irréversibilité est en **36 NiCrMo 10**, acier très couramment utilisé dans l'industrie aéronautique pour des pièces de moyennes à grosses sections devant avoir des caractéristiques mécaniques élevées et très durantes.

A ce stade de l'étude, ce choix a été dicté essentiellement par les connaissances capitalisées par l'entreprise en ce qui concerne la tenue en service de ce matériau, son élaboration en forgeage, la connaissance des traitements thermiques nécessaires ainsi que la reproductibilité de ces résultats depuis de nombreuses années.

Dans le cadre de la démarche d'amélioration du produit, on envisage de le remplacer ou de conforter ce choix en s'assurant de ses performances d'un point de vue fonctionnel.

Soumis à des efforts dynamiques importants, le cahier des charges pour le choix du matériau est le suivant :

**.Résistance à la rupture  $R_m$**  (également nommée  $R$  ou  $\sigma_R$ ) :  **$900 \text{ MPa} \leq R_m \leq 1155 \text{ MPa}$**

**.Résistance élastique  $R_e$**  (également nommée  $\sigma_e$ ) :  **$R_e \geq 830 \text{ MPa}$**

**.Allongement à la rupture :  $A\% = 10$**  <sub>mini</sub>

Compte tenu du fait qu'à l'état recuit, cet acier présente une dureté de **260 HB** soit environ **26 HRc** (ou encore 870 MPa en équivalence avec la Résistance à la rupture), une étude de pré-industrialisation confirme la nécessité de pratiquer des traitements d'amélioration de durcissement par trempe suivi d'un revenu pour garantir la ductilité nécessaire.

**Question 1 :**                    *Répondre sur feuille de copie*

En vous aidant du Document Ressources DRS1, relever la température de revenu nécessaire à l'obtention de l'allongement à la rupture  $A\%$  minimale du cahier des charges.

**Question 2 :**                    *Répondre sur feuille de copie*

En utilisant la courbe présentant la perte de dureté en % en fonction de la température de revenu (Document Ressources DRS2), **déterminer** la perte de dureté en % induite par le revenu.

En vous servant du tableau d'équivalence Dureté – Résistance à la rupture (Document Ressources DRS3) et sachant que l'on vise la borne supérieure de  $R_m$ , **en déduire** la dureté HRc à l'issue de la trempe.

**Question 3 :** *Répondre sur feuille de copie*

Par expérience, la société assimile la morphologie de cette pièce à une pièce cylindrique pleine de diamètre équivalent  $\varnothing 80$ .

En reportant schématiquement la courbe de refroidissement relative à ce diamètre  $\varnothing 80$  (Document Ressources DRS2) sur le diagramme de Trempe en Refroidissement Continu (DRS4) :

**Relever** la dureté finale obtenue.

**Comparer** avec l'objectif de dureté obtenue à la question 2.

**Préciser** l'impact des traitements thermiques sur le processus d'industrialisation.

**Partie B : Choisir une famille de matériaux**

Devant l'importance du surcoût induit par ces traitements thermiques, il a été décidé une remise en cause éventuelle du choix du matériau au profit de références qui ne nécessiteraient pas de traitements thermiques d'amélioration et qui permettraient également un allègement de cette pièce.

Le choix d'un matériau (et plus généralement d'une famille de matériaux) est établi à partir de renseignements regroupés dans des bases de données, qui permettent de réaliser des graphes montrant l'évolution des caractéristiques mécaniques, physiques et technico-économiques.

Ces graphes nous offrent une comparaison entre les différentes familles au regard de critères définis.

**Question 4 :** *Répondre sur feuille de copie*

**Définir** la composition chimique normalisée du 36 Ni Cr Mo 10.

**Question 5 :** *Répondre sur feuille de copie*

Compte tenu de l'objectif de performances mécaniques du cahier des charges et des voies de progrès fixées en termes d'allègement :

**Justifier** le choix de l'abscisse et de l'ordonnée du graphe. (Document Réponse DR1)

**Question 6 :**

*Répondre sur le Document Réponse DR1*

**Hachurer** la zone de validité répondant au cahier des charges.

*Pour rappel : On s'intéressera à la borne supérieure de  $R_m$ .*

**Question 7 :**

*Répondre sur feuille de copie*

**Commenter** la position du matériau actuellement utilisé.

**Proposer** un classement des familles de matériaux répondant aux objectifs de cette remise en cause en les classant par ordre de performance décroissante.

**Partie C : Définir la morphologie de la pièce brute**

**Rappel :** *La pièce brute est obtenue par le procédé d'estampage.*

**Question 8 :**

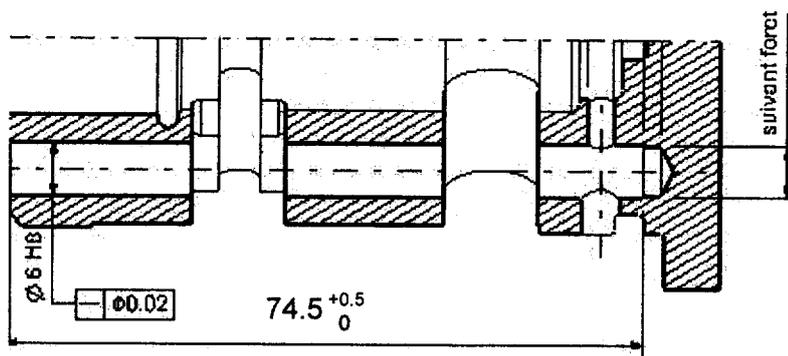
*Répondre sur le Document Réponse DR2*

En vous référant à la nomenclature des phases (Document Technique DT6) et plus précisément à l'issue des opérations d'estampage, sur les deux silhouettes :

**Esquisser** à main levée le brut du boîtier en respectant les contraintes liées au procédé d'obtention en indiquant clairement les dépouilles, rayons de raccordement et surépaisseurs d'usinage (voir Document Ressource DRS 5).

**Partie D : Caractériser un nouveau moyen de production dans le but de réaliser les 3 alésages  $\varnothing 6H8$**

La réduction des coûts et des délais de fabrication conduisent le technicien de pré-industrialisation à remettre en cause ou confirmer la nécessité technique d'utiliser une phase spécifique 50 pour la réalisation des alésages  $\varnothing 6H8$  définis notamment dans le détail E du dessin de définition. (voir DT4)



La rectitude concerne le trou  $\varnothing 6H8$  sur toute sa longueur. ( $74.5^{+0.5}_0$ )

Les procédures adoptées pour ces alésages de faible diamètre et de grande longueur conduisent à utiliser des forets  $\frac{3}{4}$ .

Nous utiliserons dans ce cas un foret  $\frac{3}{4}$  de  $\varnothing 6$ .

En vous aidant des Documents Ressources concernant les outils coupants utilisés (DRS6 à DRS7) :

**Question 9 :**

*Répondre sur feuille de copie*

Relever les valeurs des facteurs permettant l'utilisation de ce foret.

**Question 10 :**

*Répondre sur feuille de copie*

Parmi les valeurs relevées, **valider** l'aptitude de cet outil à réaliser la spécification géométrique de ces alésages.

L'entreprise envisage l'achat d'un nouveau Centre d'Usinage Horizontal CN **DMC 55H duoBLOCK** (Document Ressources DRS8 et DRS9) pour augmenter sa productivité. Cet achat accueillera la production de la phase 60 (sous-phase 610 et sous-phase 620).

**Question 11 :**

*Répondre sur feuille de copie*

En vous aidant du cahier des charges de ce CUHCN (Centre d'Usinage Horizontal à Commande Numérique) et en tenant compte des quantités relevées ci-dessus :

**Relever** sur le Document Ressources DRS9 l'option répondant au besoin lié au perçage  $\varnothing 6$ .

## **Partie E : Définir les paramètres d'aptitude à l'emploi du porte-pièces**

Le processus prévisionnel décrit sur les Documents Techniques DT5 (APEF boîtier) doit répondre à un certain nombre de contraintes concernant les exigences fonctionnelles du produit, à savoir :

- la position des 6 lumières oblongues permet un indexage des cliquets (repérés 27) sur la roue à rochets (repérée 16) équilibré, ce qui impose la mise en position de la phase 60 (4 normales dans l'alésage étagé, 1 normale d'appui et 1 normale dans le perçage  $\varnothing 6H8$ ).

### **Question 12 :**

*Répondre sur le Document Réponse DR3*

A l'aide du Document Ressources DRS10 :

**Esquisser** le principe d'outillage de la phase 60 en respectant :

- \* Eléments assurant la mise en position :
  - esquisse du centreur étagé (pivot glissant)
  - esquisse de la ponctuelle sur la surface Repère « B »
  - esquisse du locating (dans  $\varnothing 6 H8$ )
- \* Autres éléments :
  - esquisse de la semelle du montage

### **Question 13 :**

*Répondre sur le Document Réponse DR3 et sur feuille de copie*

A l'aide des Documents Ressources DRS11 et DRS12 :

**Choisir** les éléments permettant le maintien en position de la pièce.

**Représenter** sous forme de schémas (cinématique, technologique, de principe...) les éléments assurant le maintien en position.

### **Question 14 :**

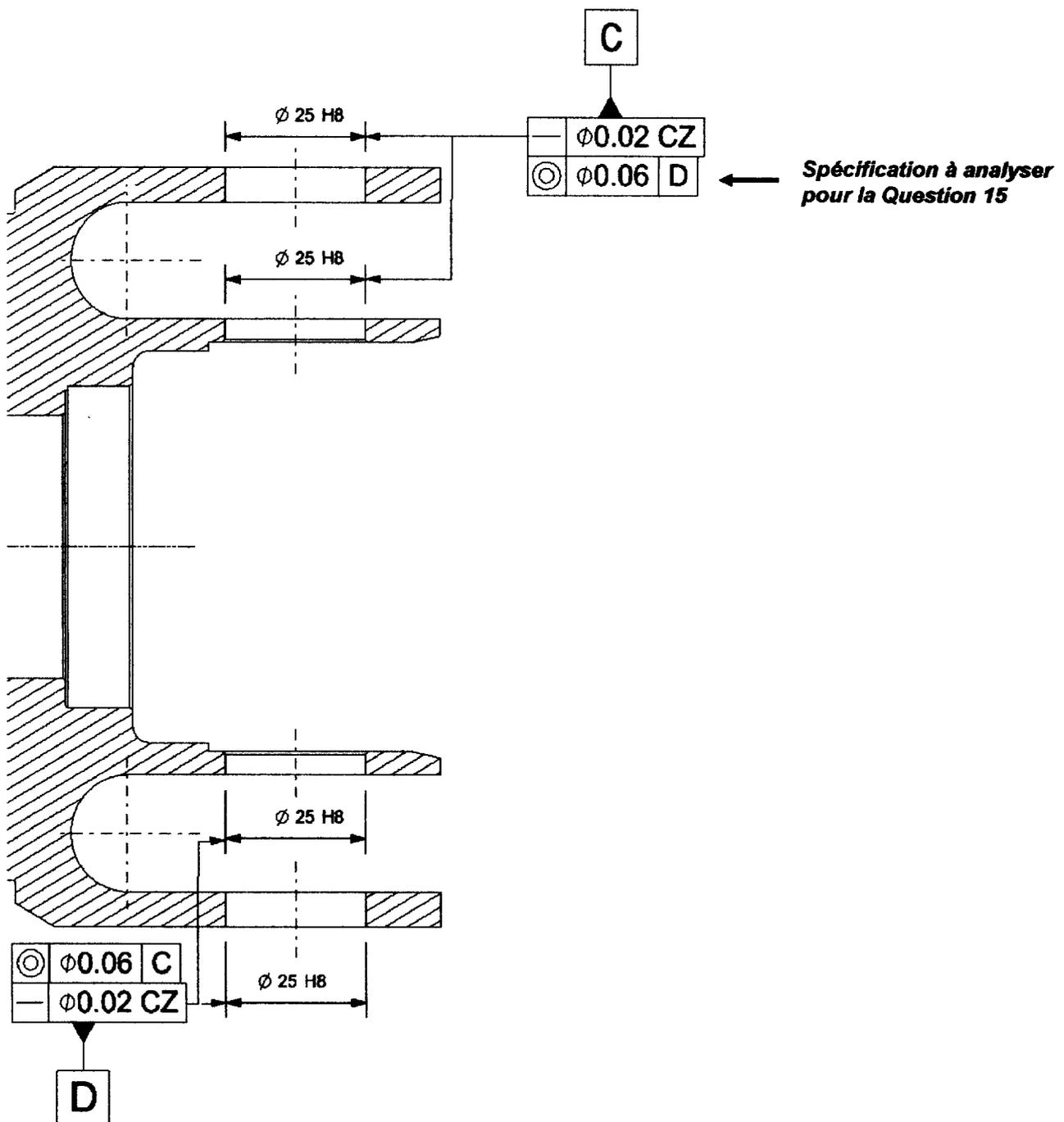
*Répondre sur le Document Réponse DR3*

**Indiquer** sur votre dessin la cotation d'aptitude à l'emploi du montage (sans quantifier les spécifications).

Remarque : Vous prendrez comme **éléments de référence** le plan entre la table NORELEM et la fausse table ainsi que l'axe des broches de centrage

## Partie 2 : Spécification technique

La forme en chape est une difficulté majeure de réalisation de ce type de pièce et notamment en ce qui concerne le respect des spécifications.



## **Partie F : A partir de 2 procédés, rechercher les causes des écarts sur le positionnement des 2 alésages**

**Question 15 :** *Répondre sur le Document Réponse DR4*

En vous aidant du dessin de définition DT4 :

**Analyser**, au sens strict de la norme, la spécification mise en évidence ci-avant.

### **Etude de l'obtention des 4 portées Ø25 H8 en phase 60**

*Pour rappel : les chapes sont ébauchées en phase 40.*

L'entreprise a utilisé, pour des productions antérieures, 2 procédés différents en ce qui concerne l'usinage de ce type de chape. Ceux-ci peuvent être schématisés par :

#### **Procédé 1 :**

- Usinage du 1<sup>er</sup> côté (référence C)
- Rotation palette Axe B
- Usinage du 2<sup>ème</sup> côté (référence D)

#### **Procédé 2 :**

- Usinage des alésages (référence C et référence D) en ligne (sans rotation palette)

**Question 16 :** *Répondre sur le Document Réponse DR5*

**Proposer** pour chaque procédé les opérations d'usinage en précisant les outils et les trajectoires associées permettant de satisfaire les spécifications dimensionnelles et géométriques relatives aux alésages Ø25H8.

*Remarque : Vous suivrez l'exemple proposé pour la 1<sup>ère</sup> opération.*

**Question 17 :** *Répondre sur le Document Réponse DR6*

**Cocher et justifier** pour chaque procédé les causes pouvant créer des écarts sur le positionnement relatif des alésages entre eux.

*Remarque : Les opérations réalisées dans cette phase imposent que la pièce soit centrée sur la palette.*

**Partie G : Envisager une solution technique en ébauche pour garantir une rectitude de  $\varnothing 0.02$  en finition.**

Hypothèses de départ :

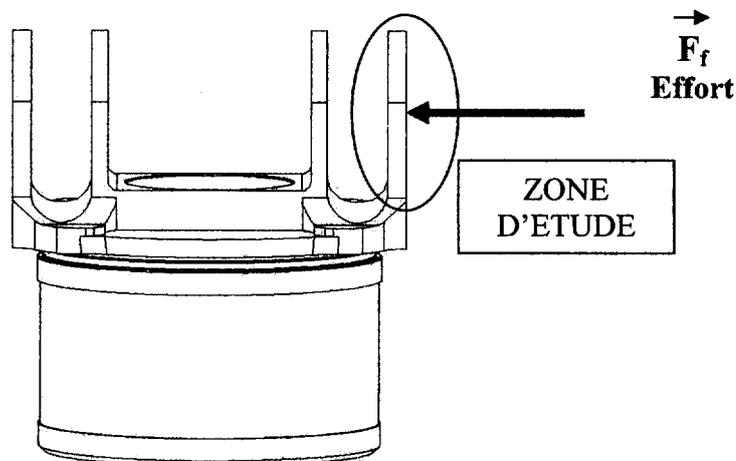
On se place dans le cas du perçage sans avant trou (perçage en pleine matière).

Foret utilisé (SANDVIK Coromant ) Type CORODRILL 880 (foret à plaquettes carbure préconisé pour le perçage général dans les alliages de titane), en se plaçant dans le cas le plus défavorable :

- $V_c = 50 \text{ m/min.}$
- $f = 0.18 \text{ mm/tr}$
- $K_{c0.4} = 3000 \text{ N/mm}^2$
- Diamètre de perçage  $\varnothing 24$

La société désire vérifier si la déformation de la pièce n'est pas trop importante lors de l'usinage du perçage en phase 60, sous-phase 610.

L'expérience a montré que pour ce type d'usinage le défaut de rectitude en ébauche devra rester inférieur à 0.2mm pour respecter les contraintes liées à la finition.

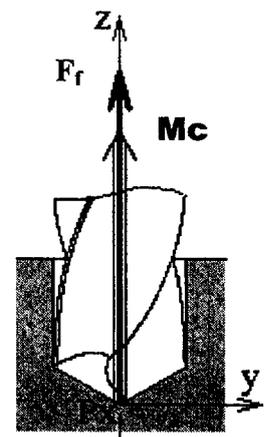


**Question 18 :**

*Répondre sur feuille de copie*

En utilisant les documents DRS13 , **déterminer :**

- La valeur de la profondeur de coupe  $a_p$
- La valeur de l'angle d'attaque  $\kappa_r$
- La valeur de la force de coupe spécifique corrigée  $K_{cfz}$
- la valeur de la force d'avance  $F_f$  appliquée par le foret sur la pièce en cours d'usinage.



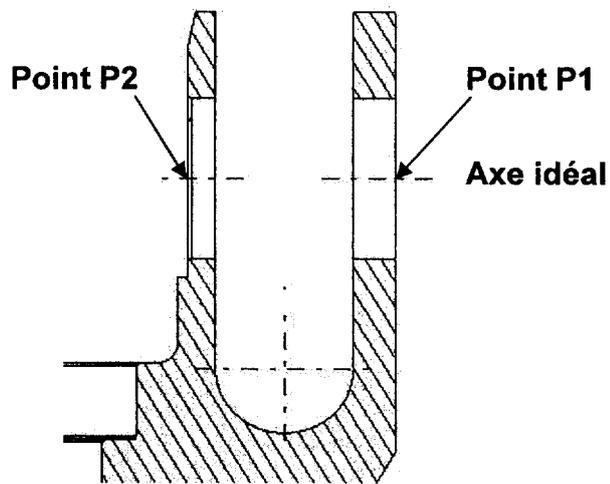
$$\{T(\text{foret} \rightarrow \text{pièce})\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ F_f & M_c \end{Bmatrix}_{xyz}$$

**Question 19 :** Répondre sur feuille de copie

A quel type de sollicitation la zone étudiée est-elle soumise ?

L'objectif est d'identifier le comportement géométrique de la zone d'étude au cours du perçage.

**Modélisation de la zone d'étude**



**Question 20 :** Répondre sur feuille de copie

Dessiner sur le « modèle » autour de l'axe idéal, la zone de tolérance **amplifiée** due à la spécification de rectitude de  $\varnothing 0.2$  mm. (à l'ébauche)

Remarque : Vous redessinez le modèle sur votre copie.

**Question 21 :** Répondre sur feuille de copie

Dessiner sur le « modèle » l'axe du perçage **acceptable** (en rouge) après l'opération de perçage.

**Question 22 :** Répondre sur feuille de copie

En déduire l'angle maximum entre l'axe idéal et l'axe après perçage.

**Question 23:***Répondre sur feuille de copie*

Après lecture du Document Ressources DRS14, **relever** la valeur de la déformée au point P1 durant la phase de perçage.

Au regard des faibles déplacements, le modèle retenu est celui proposé sur le Document Ressources DRS14.

**En déduire par le calcul** l'angle  $\alpha$ .

**En déduire** si la déformée lors du perçage est acceptable.

**Question 24:***Répondre sur feuille de copie*

Dans l'hypothèse où l'on utilise le procédé 2 :

Quelles solutions peut-on **envisager** pour rester dans l'intervalle de tolérance de rectitude de  $\emptyset 0.02$  (en finition) ?