

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

E4 : ÉTUDE DE PRÉINDUSTRIALISATION

SESSION 2015

DOSSIER SUJET

Sommaire :

Structure du sujet.....	p. 02
Mise en situation de la vanne DANAÏS 150	p. 03
Partie 1 : Analyse fonctionnelle	p. 05
Partie 2 : Analyse du matériau, du brut et du process du corps en phase 20.....	p. 07
Partie 3 : Analyse phase 30 du corps & définition d'une solution de bridage.....	p. 09
Partie 4 : Analyse phase 40 du corps	p. 12
Partie 5 : Étude de la prise de pièce du papillon en phase 20	p. 14

Organisation des documents associés au dossier sujet :

- ↗ un **Dossier Technique (DT)** contenant des documents spécifiques au support de l'étude.
- ↗ un **Dossier Ressources (DRS)** regroupant des documents extraits de catalogues fournisseurs, des dossiers de machines et autres...
- ↗ un **Dossier Réponses (DR)** à compléter et à rendre en fin d'épreuve inséré dans une feuille de copie EN.

STRUCTURE DU SUJET

Le sujet aborde 5 parties indépendantes, cependant il est conseillé de suivre la chronologie du sujet afin de mieux comprendre le sens.

Prise de connaissance du sujet	30 min
--------------------------------	--------

PARTIE 1 Analyse fonctionnelle	Problème 1 : Analyse "F.P et F.S.i"	35 min
	Problème 2 : Analyse & cotation du guidage de l'arbre	
	Problème 3 : Gamme d'assemblage de la vanne	20 min

PARTIE 2 Analyse du matériau, du brut et du process du corps en phase 20	Problème 4 : Choix du procédé d'obtention du brut	15 min
	Problème 5 : Étude du matériau du corps	15 min
	Problème 6 : Procédé d'élaboration du corps	15 min
	Problème 7 : Spécifier les moyens de productions	20 min

PARTIE 3 Analyse phase 30 du corps & définition d'une solution de bridage	Problème 8 : Étude du cycle d'usinage	15 min
	Problème 9 : Définition graphique d'un bridage	50 min

PARTIE 4 Analyse phase 40 du corps	Problème 10 : Interpréter une spécification géométrique	15 min
	Problème 11 : Étude de l'alésage inférieur	20 min
	Problème 12 : Étude des conditions d'utilisation du foret	40 min

PARTIE 5 Étude de la prise de pièce du papillon en phase 20	Problème 13 : Étude de la mise en position du papillon	30 min
	Problème 14 : Étude du maintien en position du papillon lors de l'opération de perçage (ébauche du diamètre 23)	40 min

MISE EN SITUATION DE LA VANNE DANAÏS 150

1. Le produit support de l'étude

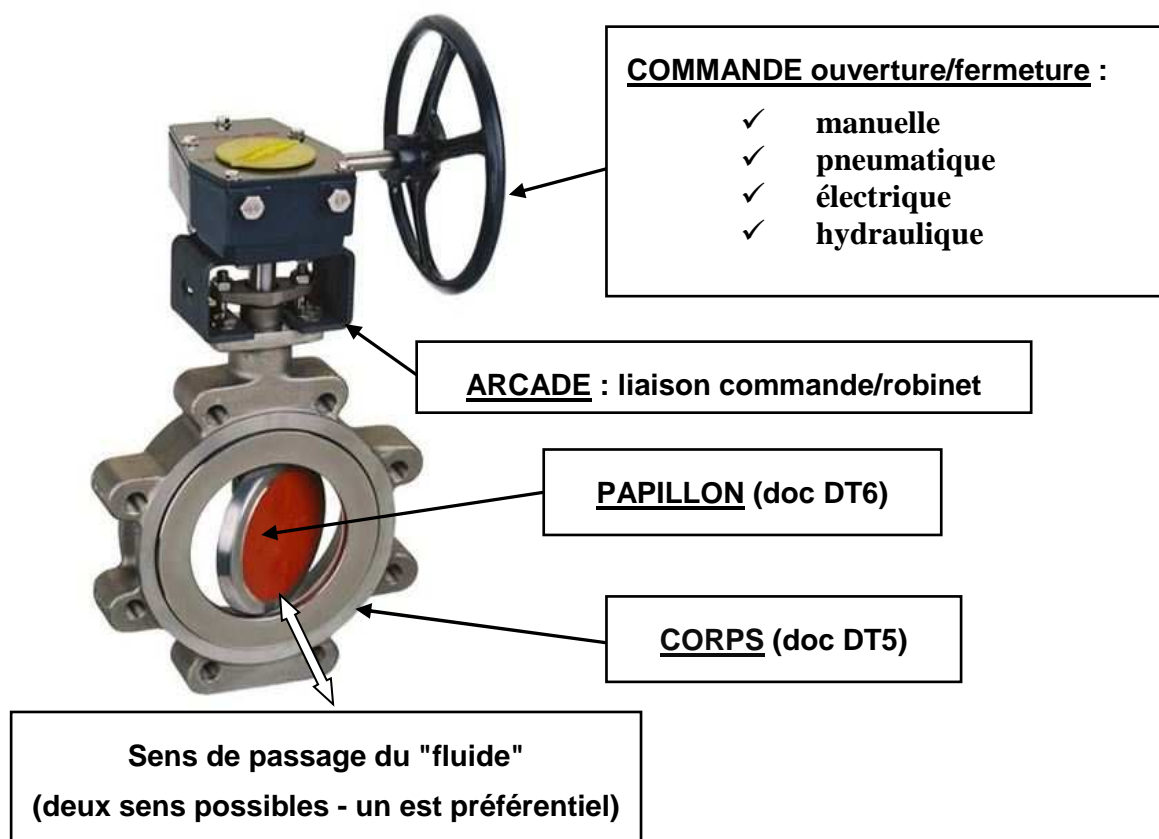
Il s'agit d'un "robinet à papillon excentré - **gamme DANAÏS 150** - de la marque AMRI de l'entreprise KSB. Cette entreprise est basée, pour son service Recherche et Développement (R&D), à Gradignan près de Bordeaux. KSB étudie, produit et commercialise des pompes, de la robinetterie, des systèmes de pompage, et fournit les services associés. L'entreprise est leader sur le marché français des pompes centrifuges et parmi les leaders au niveau européen et mondial.

Les produits KSB sont destinés aux secteurs du bâtiment, de l'industrie, de l'eau, de la marine, de l'énergie et des mines. Par ailleurs, ce groupe international propose des prestations de service étendues (réparation, maintenance).

2. Caractéristiques générales

Le robinet, sujet de cette étude, sert à véhiculer tout type de fluides, comme des carburants, des eaux chaudes ou brûlantes, des fluides corrosifs et/ou agressifs ou contenant des substances solides, des huiles minérales, etc.

Pour cela, les matériaux des différentes pièces sont adaptés à l'utilisation du produit dans son environnement. Il appartient alors au client de bien connaître les fluides véhiculés de façon à bien choisir la gamme du robinet adapté à son besoin réel. Ce choix se fait en partenariat avec la société **KSB**.



3. Application

Les domaines où ces types de robinets trouvent leurs applications sont :

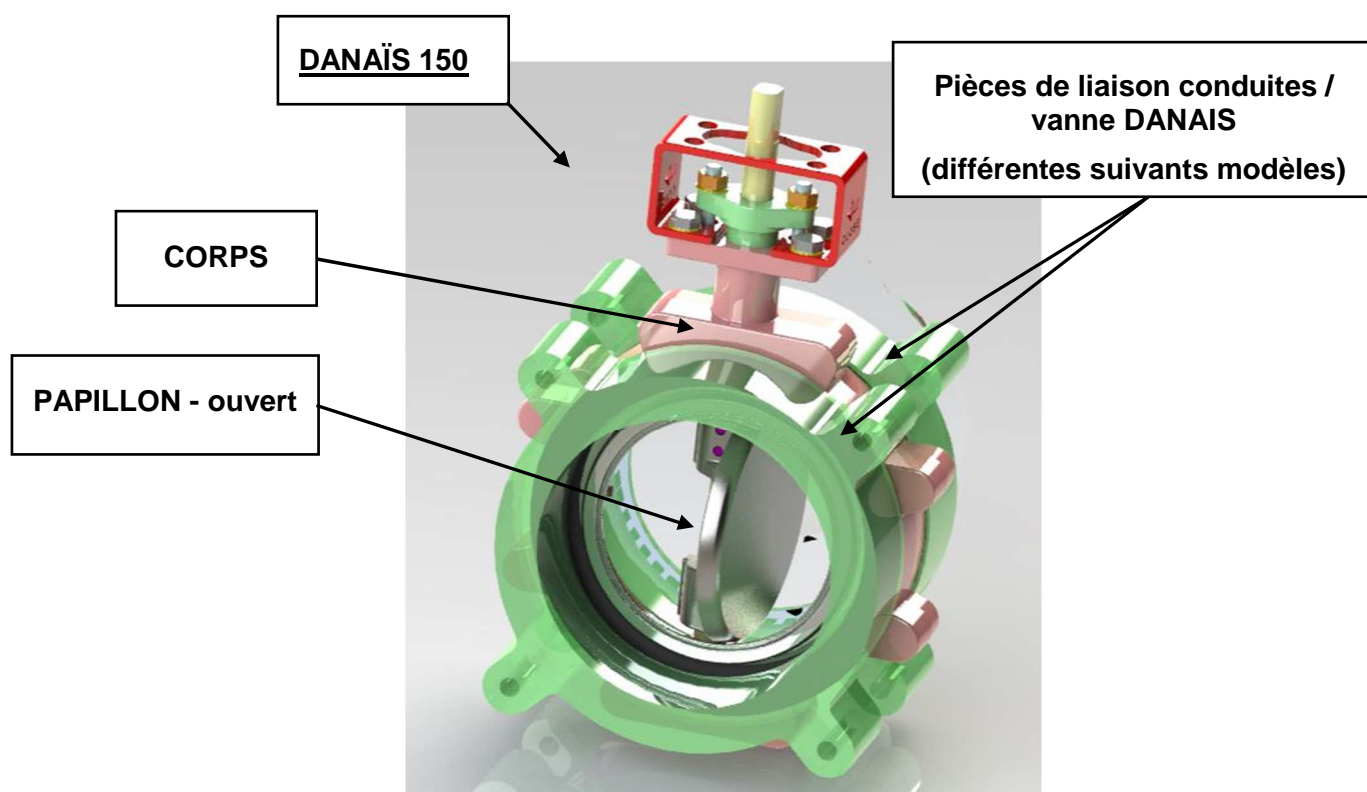
- Marine, navires, chimiquiers.
- Pétrole, gaz, chimie, pétrochimie.
- Vapeur basse pression, vide et de façon plus générale toute application nécessitant l'utilisation d'un robinet à papillon décalé (aussi appelé papillon à double excentration).
- Température d'utilisation de -50° à $+260^{\circ}$ (suivant le fluide véhiculé), avec des pressions d'utilisation de 1 bar à 25 bar.

4. Production

Les robinets à papillon de la marque AMRI sont fabriqués et assemblés à La Roche-Chalais, située à environ 80 km du service R&D* de Gradignan. Ces deux entités travaillent en étroite collaboration de façon à optimiser l'étude, le prototypage, puis la réalisation de ces produits.

Les bruts moulés ou forgés sont réalisés par des entreprises partenaires, qui sont quant à elles spécialisées dans ces domaines de réalisation et d'obtention.

La société KSB fait aussi appel à de la sous-traitance pour certaines fabrications auprès d'entreprises spécialisées.



(*) R&D : Recherche et Développement

5. Contexte de l'étude

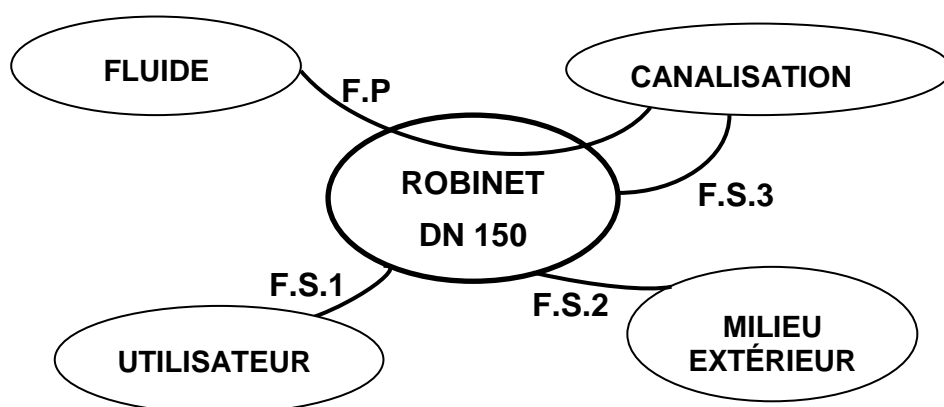
L'étude porte sur les problèmes concernant l'assemblage du produit final, ainsi que sur la réalisation/fabrication du corps et du papillon.

Le sujet est constitué de 5 parties indépendantes les unes des autres. On peut les traiter dans un ordre quelconque, mais il est cependant conseillé de commencer par la première de façon à s'approprier le support.

PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE

La fonction principale (F.P) du robinet est d'assurer ou d'interrompre le passage de fluides de différentes compositions (liquide - "semi-épais" - solide) et ce, à différentes températures (voir les caractéristiques générales page 3).

Pour assurer cette fonction, le mécanisme doit répondre à certaines fonctionnalités secondaires (F.S.i). Ces fonctionnalités sont classées en **3 catégories : F.S.1 - F.S.2 - F.S.3**.



F.P : réguler le débit d'un fluide au travers d'une canalisation.

F.S.1 : être manœuvrable par l'utilisateur.

F.S.2 : respecter le milieu extérieur.

F.S.3 : assurer la sécurité des produits véhiculés et assurer la fixation aux canalisations.

Problème 1 : Analyse "F.P et F.S.i"

(Docs. utiles : Dossier Sujet page 3/16 – DT1 – DT2 – DT3 – DT4 – DR1)

► **Répondre sur le document réponse DR1** ◀

Q 1.1 : Pour chaque fonction "**F.P** et **F.S.i**", on demande de définir quelle est la (ou les) pièce(s) du robinet remplissant cette fonction et d'associer la (ou les) forme(s) permettant de l'assurer. Répondre pour cela sur le tableau du document réponse **DR1**. Deux exemples sont proposés pour les fonctions **F.S.1** et **F.S.2** de façon à permettre de comprendre le principe.

Problème 2 : Analyse & cotation du guidage de l'arbre

(Docs. utiles : DT3 – DT5 – DR1)

► Répondre sur le document réponse DR1 ◀

Q 2.1 : Indiquer pour le corps, quelles sont la (ou les) cote(s) et/ou dimension(s) correspondante(s) à la fonction principale F.P du corps (guidage en rotation).

Q 2.2 : Quel constat faites-vous sur les dimensions nominales des diamètres ?

Q 2.3 : Qu'est-ce qui justifie selon vous ce choix du constructeur du point de vue fabrication ?

Problème 3 : Gamme d'assemblage de la vanne

(Docs. utiles : DT1 – DT3 – DT4 – DR2)






► Répondre sur le document réponse DR2 ◀

La société KSB assure elle même les assemblages de ses différents produits. Pour cela, elle dispose de fiches techniques (*notices*) structurant la démarche d'assemblage (*gamme d'assemblage*). Ces documents sont destinés en l'occurrence aux opérateurs ayant la charge de réaliser le montage des robinets.

On se propose dans cette partie de réfléchir à la mise en place de ce type de fiche servant à l'assemblage du robinet DANAÏS 150.

Pour cela, vous disposez sur le document réponse **DR2** du départ de cette gamme d'assemblage. Il s'agit de compléter ce document en utilisant les informations suivantes :

- **a** : une colonne pour le **NOM pièce**
- **b** : une colonne pour le **Rep** (repère de la pièce)
- **c** : une colonne pour le **Nbre** (nombre)
- **d** : l'**arborescence de l'assemblage (gamme de montage)**

NOM pièce	Rep	Nbre	
 CORPS	1	1	$S0=1+3 \quad S1=S0+5$
 PALIER LISSE INFÉRIEUR	3	1	emmancher 3 dans 1
 PALIER LISSE SUPÉRIEUR	5	1	emmancher 5 dans 1
 ARBRE DE COMMANDE	2	1	$S2=2+4$
 BUTÉE DE REGLAGE	4	2	engager 4 (2x) dans gorge de 2

évolution de l'assemblage

opération à effectuer lors de cette opération d'assemblage

évolution de l'assemblage

a

b

c

d

Nota : La mise en place des goupilles (rep. 17 - doc **DT3**) est effectuée après avoir réalisé une opération de contre perçage entre le papillon (16) et l'arbre de commande (2). Cette opération permet de positionner axialement le papillon sur l'arbre de commande. Cette opération est réalisée sur machine spéciale lors de l'assemblage, après que l'arbre a été emmanché dans le corps, suivi du montage du papillon sur l'arbre, puis fini par le contre perçage et la mise en place des goupilles.

Q 3.1 : À l'aide des documents proposés, compléter l'ensemble de cette gamme d'assemblage en prenant soin de bien indiquer quelle **opération** devra être **effectuée** pour réaliser la partie concernée de l'assemblage (voir texte encadré plus haut à droite).

Prévoir également dans la gamme d'assemblage le moment où cette opération de contre perçage doit être effectuée (entourer la zone où a lieu cette opération).

PARTIE 2 : ANALYSE DU MATERIAU, DU BRUT ET DU PROCESS DU CORPS EN PHASE 20

Nous allons dans cette partie nous intéresser à la réalisation du **CORPS**. Dans un premier temps, nous nous attacherons au matériau de cette pièce, puis à la partie procédé d'obtention du brut et enfin à la réalisation de la PHASE 20 (outils et cycle).

Problème 4 : Choix du procédé d'obtention du brut du corps

(Docs. utiles : DR3)

► Répondre sur le document réponse DR3 ◀

On se propose maintenant de rechercher un procédé d'obtention de brut le mieux adapté à la pièce. Pour cela, vous disposez sur le document réponse **DR3** de 2 graphes.

Contraintes :

- La production envisagée est de l'ordre de 85 unités par mois, sur 10 ans.
- Les tolérances dimensionnelles seront $\geq 1\text{mm}$.

Q 4.1 : Sur le graphique fourni sur le document réponse **DR3**, hachurer la zone des procédés de fabrication incompatibles avec les contraintes d'obtention du brut.

Q 4.2 : À l'aide du graphique fourni sur le document réponse **DR3**, entourer le procédé de fabrication le plus économique pour la réalisation du brut.

Problème 5 : Étude du matériau du corps

(Docs. utiles : DT3 – DT5 – DR4)

► Répondre sur le document réponse DR4 ◀

Le **CORPS**, tout comme le PAPILLON, sont deux pièces de **fonderie**. Les surépaisseurs d'usinage sont de 5 à 7 mm, les dépouilles de 6° à 8° et les congés de raccords de R4 mm mini.

Le matériau de la pièce est **X5 Cr Ni Mo 19-11-2**.

Q 5.1 : Préciser à quelle famille (nuance) de matériau appartient la pièce.

Q 5.2 : Indiquer pour ce matériau, quels sont les éléments d'addition qui rentrent dans sa composition, en précisant leur teneur respective.

Problème 6 : Procédé d'élaboration du corps

(Docs. utiles : DT5 – DR4)

► Répondre sur le document réponse DR4 ◀

Nous allons nous intéresser maintenant à l'obtention du brut de cette pièce (voir texte de présentation du problème 5).

Q 6.1 : Tracer les surépaisseurs de matière de la pièce en "accentuant" de façon significative les dépouilles. Hachurer ou noircir proprement ces zones de matière brute. Pour des raisons particulières, les diamètres Ø25, Ø26 et Ø37 ne sont pas ébauchés en fonderie.

Q 6.2 : Préciser et indiquer sur le dessin à l'aide de « flèche + texte », où sont situés les dépouilles et congés de raccordement, ainsi que toute autre indication jugée utile.

Problème 7 : Spécifier les moyens de productions de la Phase 20 du CORPS

(Docs. utiles : DT5 – DT7 – DRS1 – DRS2 – DR4)

► Répondre sur le document réponse DR4 ◀

Pour cette question, nous allons nous intéresser maintenant à la réalisation des alésages coaxiaux Ø185 à Ø246 exclusivement. Ces usinages sont réalisés sur un tour CN 2 axes, avec prise de pièce par l'intérieur, à l'aide de 3 mors à serrage concentrique (voir dessins sur **DT7** - PH20). L'entreprise qui réalise ces pièces usine les alésages avec des équipements appartenant à la famille des « *Unités de coupe Coromant Capto* » (voir document ressources **DRS1**).

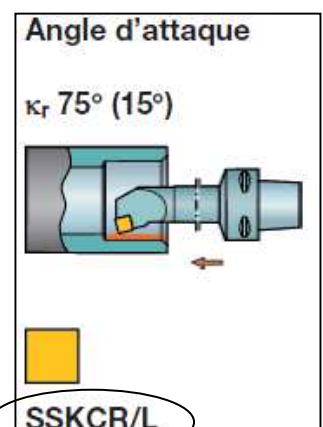
On demande de choisir le matériel permettant de réaliser cette ligne d'alésages, et plus particulièrement la **réalisation du profil intérieur**.

Q 7.1 : L'ébauche (sans la gorge) et la finition (avec la gorge) du profil intérieur sont réalisées en deux passes successives. À l'aide du document ressource **DRS1**, choisir pour ces opérations les barres d'alésage compatibles avec la réalisation du profil complet. Indiquer les références de chacune des barres comme précisé dans l'exemple ci-dessous.

Ces références correspondent à des extraits du catalogue SANDVIK COROMANT (**DRS1**).

Seules les indications de ces pages sont utiles pour cette question.

Exemple de référence



Q 7.2 : À l'aide du document ressources **DRS2**, en sachant qu'il faut exploiter les désignations de la colonne DIN, choisir la géométrie du brise copeaux de la plaquette adaptée à l'opération de finition de la ligne d'alésage et à la matière à usiner. Vous trouverez sur ce document **DRS2** la colonne concernant le codage à indiquer (**PF** ou **MF** ou **KF**).

Q 7.3 : Tracer le profil de la passe de finition que vous envisagez et indiquer l'ordre de votre cycle d'usinage avec les repères 0 - 1 - etc..., comme indiqué sur le document réponse **DR4** (voir avance travail (—) et rapide (- - -)).

Q 7.4 : Pour réaliser la gorge, tracer sur la vue de "**détail B – Ech. 5:1**" du DR4, la plaquette correspondant au choix effectué à la Q 7.1, tout en indiquant les angles significatifs qui ont orienté vers ce choix (respecter les proportions d'échelle 5:1). La gorge de rayon R2 sert au montage d'un joint spécial assurant l'étanchéité (pièce 23 sur **DT3**) et sa forme ne peut pas être modifiée.

PARTIE 3 : ANALYSE PHASE 30 DU CORPS & DEFINITION D'UNE SOLUTION DE BRIDAGE

Nous allons dans cette partie nous intéresser à la **PHASE 30 du CORPS**. Dans un premier temps, nous nous attacherons à déterminer le rayon de la plaquette en finition pour ce cycle d'usinage, puis nous nous intéresserons à la définition d'une solution de bridage (dessin).

L'étanchéité entre les conduites (tuyaux) et le DANAIS 150 est assurée par des joints en PTFE renforcé (ex : **pièce 22 sur DT3**). Pour assurer une parfaite étanchéité, l'usinage des surfaces planes de chaque coté du **CORPS** doit répondre à certaines exigences, dont une **forme spécifique de la surface plane du CORPS**.

L'usinage de cette surface doit permettre "d'accrocher" le joint (22) sur la face plane du **CORPS**. On se propose donc de réfléchir à la réalisation des faces planes du corps, **notamment la face en contact avec le joint rep. 22.**

Problème 8 : Étude du cycle d'usinage

(Docs. utiles : DT5 – DT7 – DR5)

► **Répondre sur le document réponse DR5** ◀

Dans un premier temps, nous allons nous attacher à définir la trajectoire en passe de finition permettant de générer la forme souhaitée. Puis dans un deuxième temps, nous nous attacherons à déterminer et choisir le rayon de plaquette le mieux adapté à cette opération.

Cette opération d'usinage permet de réaliser les opérations de **surfaçage** (dressage) de la face "arrière" du corps, face sur laquelle se monte le **joint rep. 22 (voir DT3)**. Cet usinage permet de réaliser la cote de **62 ± 0,2 (voir le détail C du dessin de définition DT5)**.

Cette face, dont la surépaisseur avant usinage est de 6 mm, est réalisée en tournage par quatre opérations successives de "surfaçage", à savoir une opération d'ébauche, suivie de deux passes de demi-finition et enfin d'une passe de finition.

La première passe, d'ébauche, est d'une profondeur de 3,5 mm. L'ébauche et la demi-finition sont réalisées avec le même outil. Un autre outil réalise la passe de finition.

Q 8.1 : Proposer et justifier la nature de la trajectoire permettant de générer en finition l'aspect de la forme du détail C sur le document technique **DT5**. S'agit-il d'un travail de forme, d'enveloppe, ou bien les deux ? Justifier la réponse.

Q 8.2 : Quelle que soit cette réponse, nous allons nous intéresser à la détermination du rayon de la plaquette. Pour cela, utiliser la figure ci-dessous.

On définit les relations suivantes :

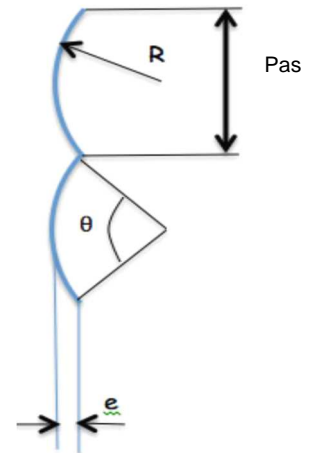
$$\tan\left(\frac{\theta}{4}\right) = \frac{2.e}{Pas} \quad R = \frac{Pas}{2.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

On donne : $e = 0,07 \text{ mm}$

$Pas = 0,8 \text{ mm}$

Déterminer l'angle θ à l'aide des données et des formules de calcul.

En déduire le rayon R théorique.



Q 8.3 : Choisir le rayon de plaquette adapté à partir du tableau ci-dessous extrait du catalogue outils "Sandvik".

7. RAYON DE BEC	
04	$r_\epsilon = 0,4$
08	$r_\epsilon = 0,8$
12	$r_\epsilon = 1,2$
16	$r_\epsilon = 1,6$
24	$r_\epsilon = 2,4$

Q 8.4 : Recalculer alors le pas réel.

Problème 9 : Définition graphique d'un bridage

(Docs. utiles : DT5 – DT8 – DT9 – DRS3 – DR6)

► **Répondre sur le document réponse DR6** ◀

En phase 30, le corps est mis en position à l'aide d'un centreur, qui réalise l'appui plan (3 points de M.I.P) et le centrage court (2 points de M.I.P). Le centrage court est effectué sur le diamètre $\varnothing 242$ H10 du **CORPS** (voir dessin DT5 et DT9).

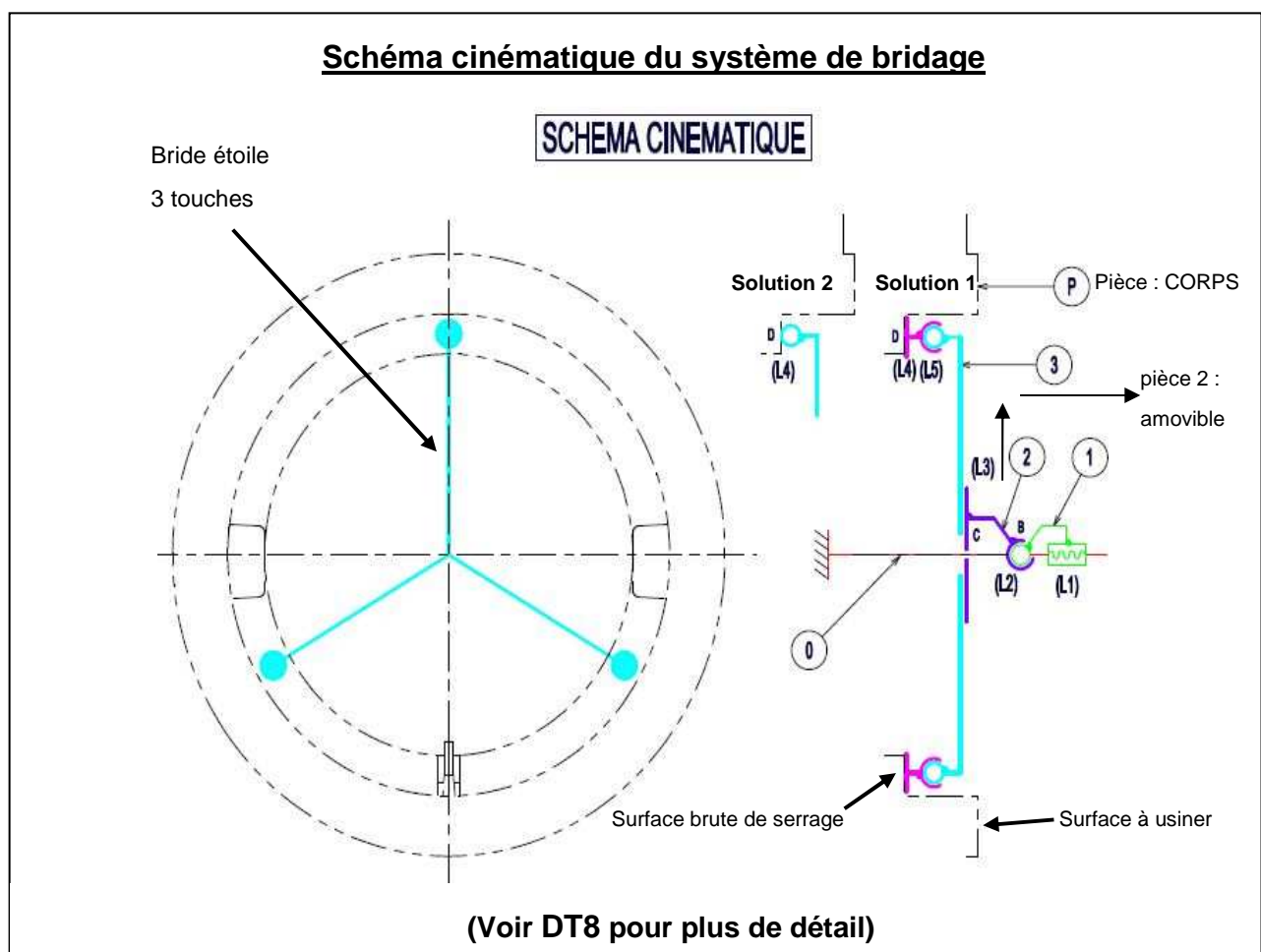
Nous allons nous intéresser à la définition du système de bridage pour la PHASE 30 du **CORPS**.

Cahier des charges :

- La bride devra effectuer un **serrage en trois points**.
- Le système de bridage ne doit pas gêner la mise en position de la pièce.
- La mise en place de la pièce doit être la plus facile possible.
- Le démontage du système de bridage, après usinage, doit se faire le plus facilement et rapidement possible.
- L'élément de serrage sera unique et facilement utilisable à l'aide de clés standards.

Q 9.1 : À l'aide du document ressource **DRS3** et des schémas ci-dessous, définir le système de bridage complet (bride + élément de serrage) du montage de la phase 30, en respectant les règles de représentation en vigueur.

Q 9.2 : Définir la **cotation précise** (\varnothing nominal et IT) du centreur servant à la mise en position de la pièce (voir \varnothing à coter sur **DR6**).

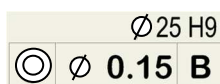


Problème 10 : Interpréter une spécification géométrique*(Docs. utiles : DT5 – DR7 – DR8 – DR9)***► Répondre sur le document réponse DR7 ◀**

Le guidage en rotation de l'arbre (**pièce 2 sur DT3**) est assuré par les paliers lisses supérieurs et inférieurs (**pièces 5 et 3 sur DT3**). Pour garantir un bon fonctionnement, l'usinage des lignes d'alésages B (Ø26 H9) et C (Ø25 H9) du **CORPS** doit répondre à certaines exigences dimensionnelles et géométriques. On se propose de réfléchir à la réalisation de ces perçages et alésages en PHASE 40.

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser au décodage d'une spécification du **CORPS (DT5)**, puis nous déterminerons les matériels (outils) adaptés à l'obtention des alésages Ø26 H9 et Ø25 H9. Enfin, nous définirons une solution de guidage de l'outil (dessin).

Q 10.1 : Étude d'une spécification du **CORPS (DT5)**.



Décoder la spécification suivante :

(Voir en bas à gauche sur le dessin de définition **DT5**)

Problème 11 : Étude de l'alésage inférieur*(Docs. utiles : DT5 – DRS4 – DR8 – DR9)*

Dans cette seconde partie, nous allons nous attacher à définir un outil spécifique pour obtenir l'**alésage inférieur Ø25 H9 (voir dessin de définition DT4)** et ses conditions d'utilisation.

► Répondre sur le document réponse DR8 ◀

Q 11.1 : Déterminer la profondeur L (cote nominale) permettant d'accéder et de réaliser le diamètre de l'alésage **Ø 25 H9**.

Q 11.2 : Sur le formulaire de demande d'outil spécifique GUHRING, compléter les dimensions de l'alésage à usiner (diamètre, tolérance, longueur L). Définir la longueur taillée et la longueur totale du foret à une lèvre de type EB 800 spécifique.

► Répondre sur le document réponse DR9 ◀

Q 11.3 : À partir de l'abaque du document réponse **DR9**, déterminer la pression et le débit minimaux nécessaire pour l'usinage avec le foret EB 800.

Q 11.4 : Quel est l'équipement (option 1 ou option 2) d'arrosage à choisir pour la machine HAAS EC-1600 YZT ? Justifier votre choix.

Problème 12 : Étude des conditions d'utilisation du foret

(Docs. utiles : DT5 – DT7 – DRS5 – DR10)

Dans cette partie, le fabricant d'outils de coupe GUHRING propose l'utilisation d'un foret de type 3/4 à une lèvre à plaquette carbure EB800 spécifique pour garantir les spécifications géométriques de l'alésage $\varnothing 25 \text{ H9}$. L'emploi de cet outil nécessite en général l'utilisation d'éléments de guidage (voir dessin de définition DT5). On demande de vérifier si ce foret est capable de respecter la spécification indiquée, d'effectuer le choix d'un élément de guidage et enfin de réaliser son adaptation sur le montage d'usinage.

La modélisation du foret de type 3/4 utilisé lors de cette opération est une poutre encastrée à une extrémité et libre à l'autre.

On notera que cet outil n'admet qu'une seule plaquette de coupe, ce qui engendre une dissymétrie des efforts.

On rappelle que dans ce cas, la flèche maximale de la poutre s'exprime à l'aide des relations données dans le tableau ci-dessous :

Données :

- Diamètre du foret : $d = 25 \text{ mm}$
- Effort radial en bout de l'outil : $F = 100 \text{ N}$
- Longueur libre du foret : $L = 450 \text{ mm}$
- Module d'élasticité longitudinal du foret : $E = 200\,000 \text{ MPa}$
- Moment quadratique de sa section droite : $I_{Gz} = 20\,000 \text{ mm}^4$

► Répondre sur le document réponse DR10 ◀

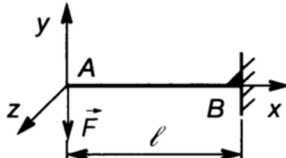
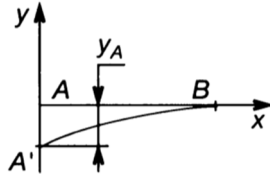
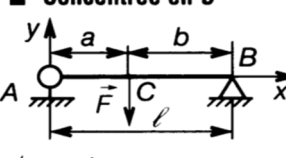
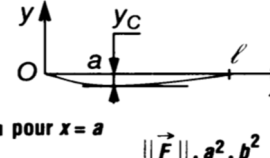
Q 12.1 : À partir du document DT5, relever la valeur de l'intervalle de tolérance de la spécification de coaxialité relative à l'alésage $\varnothing 25 \text{ H9}$.

Q 12.2 : À partir des hypothèses et du tableau ci-contre, calculer la valeur de la flèche maximale.

Q 12.3 : Quel constat faites-vous quant à la réalisation de cette spécification de coaxialité ?

Q 12.4 : Quelle solution permettrait d'améliorer le guidage du foret durant l'opération de perçage ?

Q 12.5 : À l'aide du document ressource DRS5, quelle est la désignation du modèle (code) à fournir pour commander un canon de perçage adapté à cet usinage ?

Charges - Appuis	Déformation
<p>■ Concentrée en A</p>  $\begin{cases} \vec{B} = -\vec{F} = \ \vec{F}\ \cdot \vec{y} \\ (\text{avec } F < 0) \\ \vec{M}_B = -\ \vec{F}\ \cdot l \cdot \vec{z} \end{cases}$	 <p>Flèche en A : $F < 0$ $y_A = -\frac{\ \vec{F}\ \cdot l^3}{3E \cdot I_{Gz}}$</p>
<p>■ Concentrée en C</p>  $\begin{cases} \vec{A} = \frac{\ \vec{F}\ \cdot b}{l} \cdot \vec{y} ; \vec{M}_A = \vec{0} \\ \vec{B} = \frac{\ \vec{F}\ \cdot a}{l} \cdot \vec{y} ; \vec{M}_B = \vec{0} \end{cases}$	 <p>■ pour $x = a$ $y_C = -\frac{\ \vec{F}\ \cdot a^2 \cdot b^2}{3E \cdot I_{Gz} \cdot l}$ ■ si $a = \frac{l}{2}$ $y_C = -\frac{\ \vec{F}\ \cdot l^3}{48E \cdot I_{Gz}}$</p>

PARTIE 5 : ÉTUDE DE LA PRISE DE PIÈCE DU PAPILLON EN PHASE 20

Les documents **DT10**, **DT11** et **DT12** décrivent le principe de la prise de pièce du papillon en phase 20. Cette opération est réalisée sur un tour fraiseur. Le dessin de définition est donné sur le document **DT6**. Le principe de mise en position du papillon (**DT11** et **DT12**) sur le montage se fait en trois étapes :

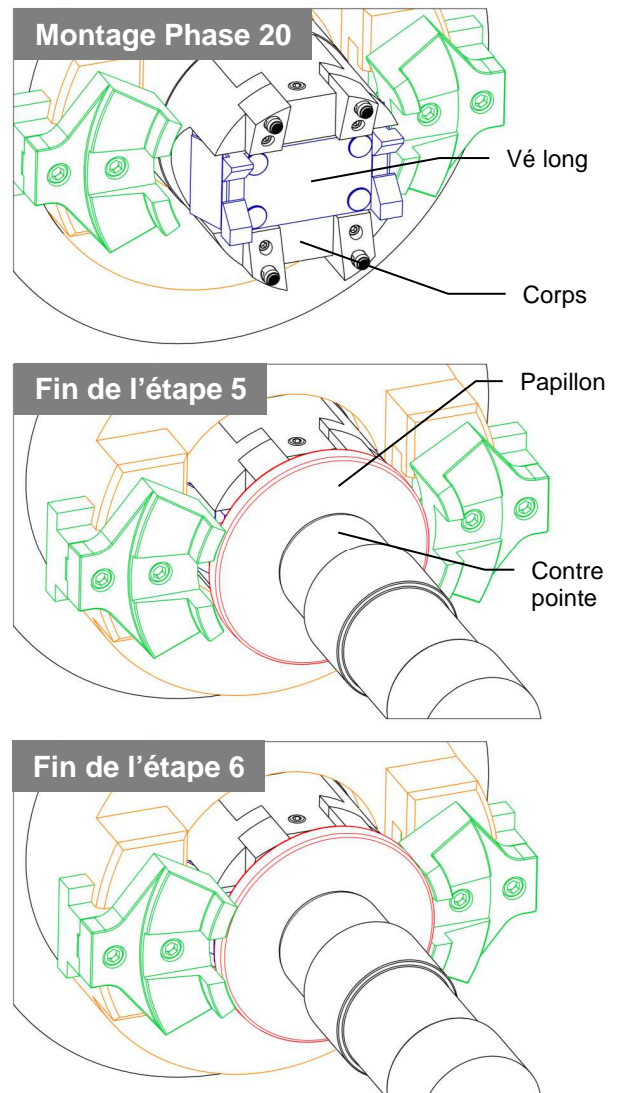
- Mise en place du papillon sur le vé long (début de l'étape 3)
- Mise en place du papillon sur l'appui plan (fin de l'étape 5)
- Centrage de l'axe du papillon avec l'axe de la broche (fin de l'étape 6)

Remarque : l'appui plan est réalisé à partir de 4 supports à bille oscillante. On considère pour la suite de l'étude que seuls 3 de ces appuis sont en contact avec le papillon (appui isostatique).

Pour permettre le déplacement du papillon par rapport au corps du montage lors des différentes phases de mise en position, la contre-pointe doit exercer un effort mini :

- suffisamment « élevé » pour maintenir les différents contacts entre le papillon et le montage ;
- suffisamment « faible » pour permettre le déplacement du papillon par glissement par rapport à ses appuis.

À partir de l'étape 8 (étape qui précède les opérations d'usinage), la contre-pointe exerce un effort bien plus élevé que dans les phases précédentes.



Problème 13 : Étude de la mise en position du papillon

(Docs. utiles : DT11 – DT12 – DRS6 – DR11)

► **Répondre sur le document réponse DR11** ◀

Q 13.1 : Compléter sur le document réponse **DR11** la symbolisation technologique utilisée pour assurer le pré-positionnement (effectué par l'appui sur le vé long et les supports à bille oscillante) et le maintien en position de la pièce lors de la fabrication du PAPILLON en phase 20 conformément au descriptif des étapes 3 et 4 de **DT11** et la coupe AA du document **DT12**.

► **Répondre sur le document réponse DR12** ◀

Q 13.2 : Compléter sur le document réponse **DR12** la symbolisation technologique utilisée pour assurer la mise en position et le maintien en position de la pièce lors de la fabrication du PAPILLON en phase 20 conformément au descriptif de l'étape 6 de **DT11**.

Problème 14 : Étude du maintien en position du papillon lors de l'opération de perçage (ébauche du diamètre 23)

(Docs. utiles : DT12 – DR13)

► **Répondre sur le document réponse DR13** ◀

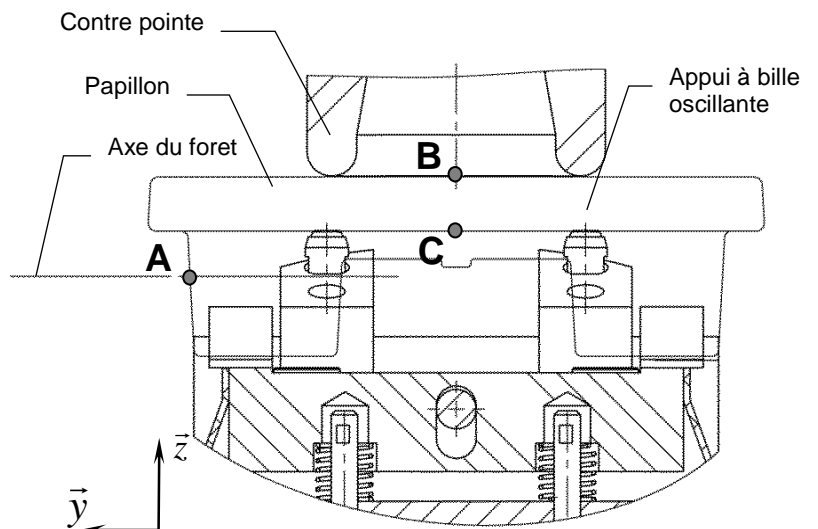
On se propose d'estimer l'effort maxi que doit appliquer la contre-pointe sur le papillon lors de l'opération de perçage.

Hypothèses :

- Le problème possède un plan de symétrie mécanique (B , \vec{y} , \vec{z})
- L'ensemble des contacts entre solide se fait avec adhérence. On prendra $\tan \varphi_0 = 0,1$.
- L'étude est menée à la « limite du glissement ».
- L'action de la pesanteur est négligée.
- Dans l'opération d'ébauche du perçage $\varnothing 23$, on néglige toutes les composantes de l'action mécanique qu'exerce l'outil sur le papillon à l'exception de l'effort de pénétration. Pour l'étude, l'effort de pénétration notée $\vec{A}_{f \rightarrow p}$ aura une intensité de

$\|\vec{A}_{f \rightarrow p}\| = 2000 \text{ N}$.

$$\text{On notera } \left\{ \mathbf{A}_{f \rightarrow p} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{A}_{f \rightarrow p} = -2000 \cdot \vec{y} \\ \vec{M}_A(f \rightarrow p) = \vec{0} \end{array} \right\}_R$$



- Concernant l'**action de posage**, on considère que la liaison entre les supports à bille oscillante et le papillon est une liaison appui plan. En l'absence de mouvement, le torseur modélisant l'action mécanique transmissible comporte 3 inconnues Y_c , Z_c et L_c . Comme la liaison est unilatérale, $Z_c > 0$.

$$\left\{ \begin{array}{c} \mathbf{C}_{pp \rightarrow papillon} \\ \mathbf{C} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & L_c \\ Y_c & 0 \\ Z_c & 0 \end{array} \right\} \text{ avec } Y_c = Z_c \cdot \tan \varphi_0$$

- Concernant l'**action de bridage**, on considère que la liaison entre la contre-pointe et le papillon est une liaison appui plan **avec frottement**. En l'absence de mouvement, le torseur modélisant l'action mécanique transmissible comporte 3 inconnues Y_B , Z_B et L_B . Comme la liaison est unilatérale, $Z_B < 0$.

$$\left\{ \begin{array}{c} \mathbf{B}_{\text{contre - pointe} \rightarrow papillon} \\ \mathbf{B} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & L_B \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{array} \right\} \text{ avec } Y_B = -Z_B \cdot \tan \varphi_0$$

On se propose d'évaluer l'effort mini, noté $Y_{B \text{ mini}}$, que doit exercer la contre-pointe pour que la pièce à usiner ne « recule » pas lors de l'opération de perçage.

Q 14.1 : Tracer (sans échelle) et repérer sur le document réponse **DR13** les différentes composantes des résultantes des actions de perçage, de posage et de bridage dans le plan (B, \vec{y}, \vec{z}) .

Q 14.2 : Dans le but de déterminer l'action de la contre pointe sur le papillon en B, écrire les deux équations de projection sur \vec{y} et sur \vec{z} du théorème de la résultante du PFS.

Q 14.3 : Déduire la composante sur \vec{y} de cette action en B. En déduire l'action mini, notée $Y_{B \text{ mini}}$, que doit exercer la contre-pointe. En déduire la valeur de $Z_{B \text{ mini}}$.

Au regard des caractéristiques mécaniques des supports à bille oscillant, on souhaite déterminer l'effort maxi que la contre-pointe doit exercer. Pour dimensionner les supports à bille on estime que le papillon ne porte que sur trois appuis à bille oscillante et non quatre. La charge admissible par un support à bille oscillante est de 10 000 N.

Q 14.4 : Calculer l'effort maxi, notée $Z_{B \text{ maxi}}$, que la contre-pointe ne doit pas dépasser afin que les supports à bille oscillante supportent une charge qui n'excède pas la **moitié** de leur charge admissible.

Q 14.5 : La valeur trouvée précédemment ($Z_{B \text{ mini}}$) est-elle compatible avec l'effort calculé précédemment $Z_{B \text{ maxi}}$?