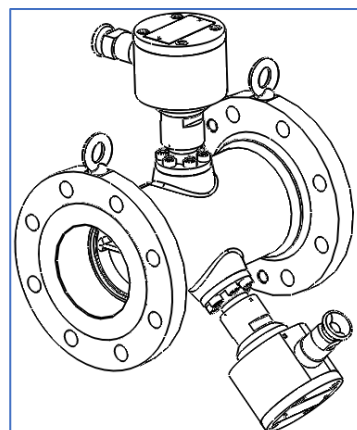
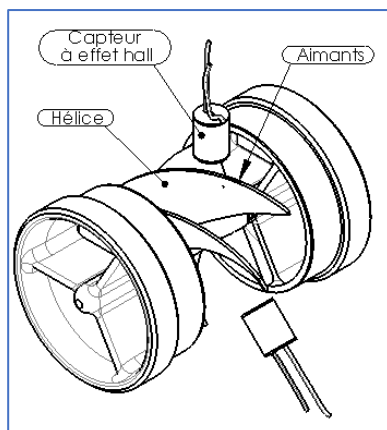


Débitmètre à turbine

Le débitmètre s'installe sur une canalisation.

Il comporte une hélice que le fluide fera tourner. Des aimants placés à sa périphérie génèrent des impulsions électriques à chaque tour, permettant ainsi le comptage de débit, de volume... L'hélice est guidée en rotation par 2 paliers lisses.



1) **Production** : DN 80-100-150-200-250

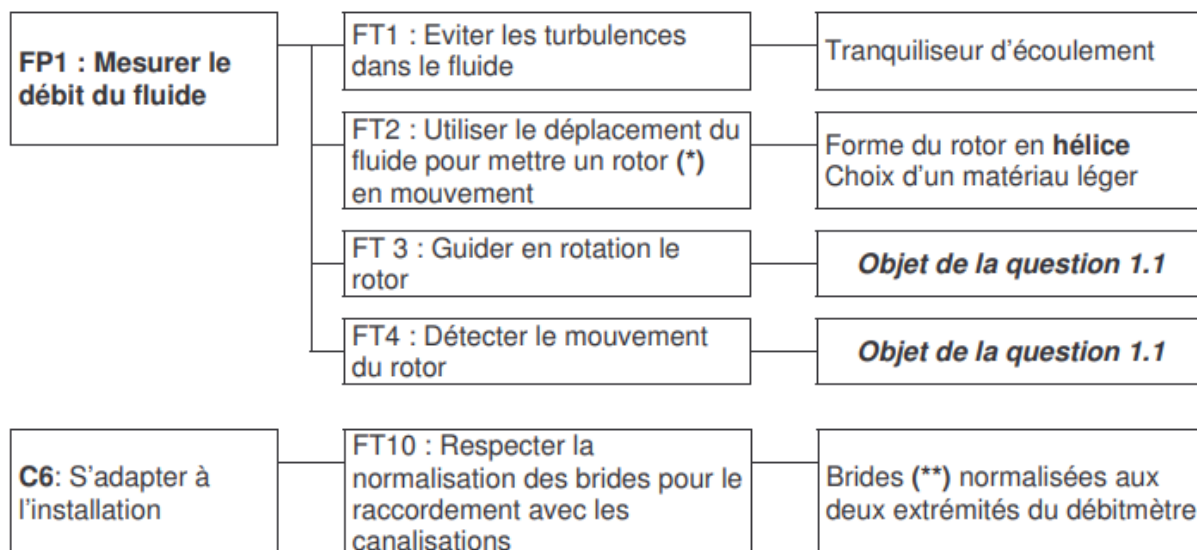
Le produit est conçu, fabriqué, assemblé et étalonné sur le site de l'entreprise.

Production annuelle prévue par référence : 250 débitmètres / par an / sur 10 ans

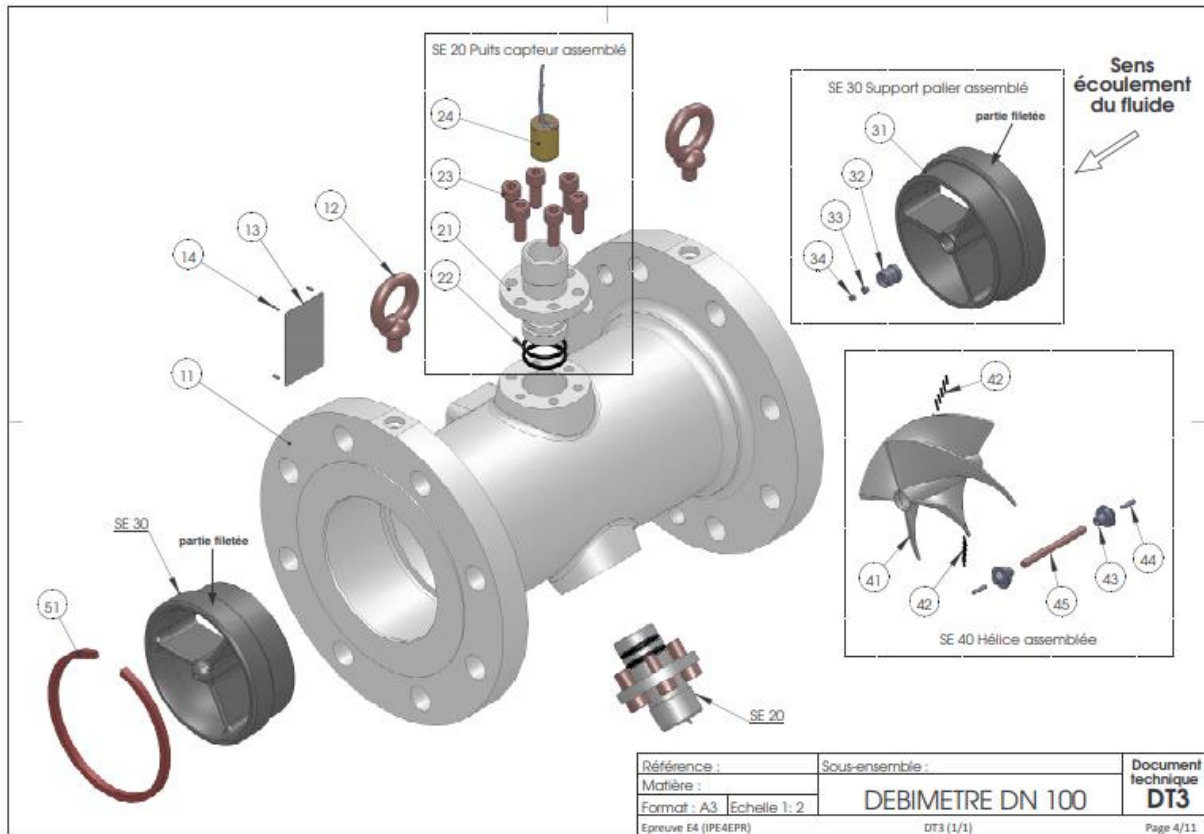
1. Identifier les éléments et les fonctions du produit

Question 1.1 : Identifier les pièces et les sous-ensembles qui participent aux fonctions techniques FT2, FT3 et FT4. On se limitera aux éléments qui participent directement à ces fonctions. Compléter le tableau.

DT1 :



Débitmètre à turbine



Fonctions techniques	Pièces - Repère	Sous-ensembles - Repère
FT1	Tranquilliseur d'écoulement	
FT2	(1x) Hélice – 41	Hélice assemblée – SE40
FT3	(2x) Coussinet – 33 (2x) Butée – 34 (2x) Axe de pivot – 44	Support palier assemblé – SE30 Hélice assemblée - SE40
FT4	(2x) Capteur à effet hall – 24 (10x) Aimant – 42	Puits capteur assemblé - SE20 Hélice assemblée - SE40
FT10	Corps – Repère 11	

Remarque : les listes de pièces peuvent être plus complètes pour certaines fonctions.

Question 1.2 : Pour la fonction technique FT3, justifier le choix du matériau des coussinets (repère 33) et des axes de pivots (repère 44).

Sur DT1 :

33	2	Coussinet	carbure de tungstène	ø3-ø4,5-3
34	2	Butée	carbure de tungstène	ø3,5-3
41	1	Hélice		
42	10	Aimant		ø1,4 lg 8,8
43	2	Moyeu de pivot	X6CrNiMo19-11-2	
44	2	Axe de pivot	carbure de tungstène	ø3-12

Coussinet 33 et axe de pivot 44 : carbure de tungstène

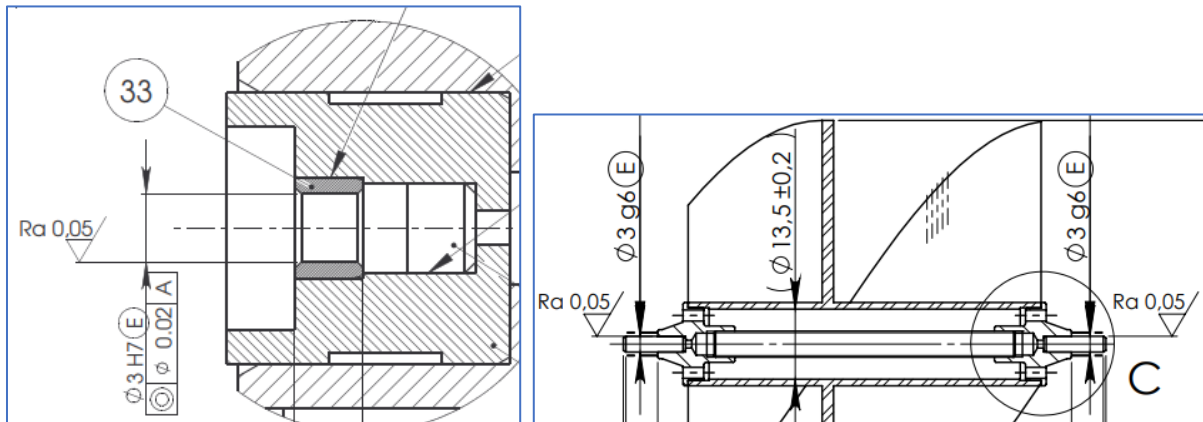
- **Matériau de dureté élevée.**

Résistance à l'usure de la liaison pivot.

Question 1.3 : Pour la fonction technique FT3, justifier l'état de surface pour l'alésage $\varnothing 3$ H7 des coussinets (repère 33) et pour l'arbre $\varnothing 3$ g6 des axes de pivots (repère 44).

DT5

DT6



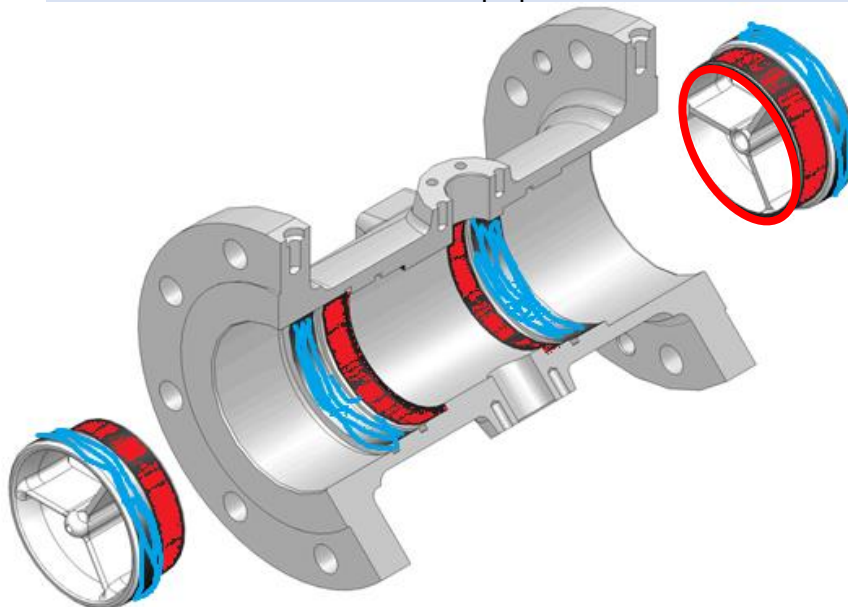
L'alésage $\varnothing 3$ H7 des coussinets 33 et de l'arbre $\varnothing 3$ g6 des axes de pivots 44 :

- **Etat de surface : Ra 0,05 (très bon état de surface).**

Limiter le frottement dans la liaison pivot

Question 1.4 : A l'aide des documents techniques DT3, DT4, DT5 et DT9, identifier les surfaces fonctionnelles assurant les liaisons entre les 2 supports palier (repère 31) et le corps (repère 11) :

- colorier en rouge les surfaces qui permettent la mise en position,
- colorier en bleu les surfaces qui permettent le maintien en position.



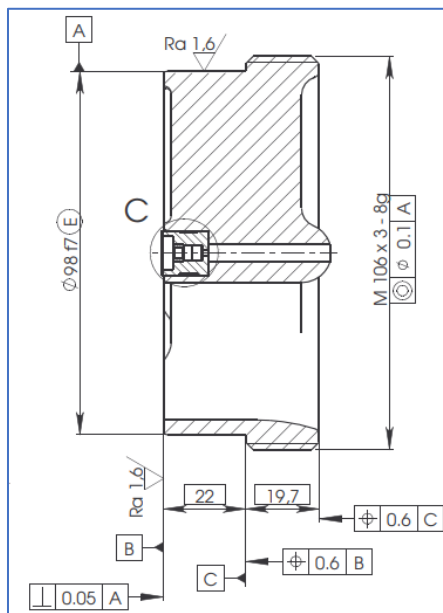
MIP : surfaces cylindriques + surfaces planes

MAP : surfaces filetées + gorge pour mise en place de l'anneau élastique (51)

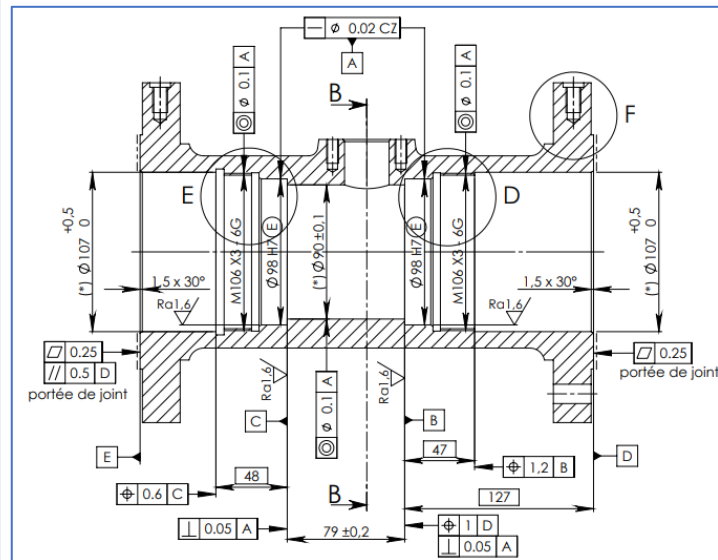
Question 1.5 : Identifier les spécifications dimensionnelles et géométriques caractérisant ces surfaces, compléter le tableau.

Débitmètre à turbine

DT5 support (31)



Corps (11)



	Spécifications dimensionnelles	Spécifications géométriques
Support de palier (repère 31)	S1 : A Ø98 f7 (E) S2 : surface plane : B S3 : M106x3 - 8g M: pas métrique 106: diameter nominal 3 : pas du filetage (distance entre 2 sommets) 8g : qualité (prise normale, qualité grossière)	S2 : perpendicularité 0,05 / A S3 : coaxialité Ø0,1 / A
Corps (repère 11)	S1: (2x) A Ø98 H7 (E) S2: (2x) B S3: (2x) M106x3 – 6G	S1 : rectitude Ø0,02 CZ S2 : (2x) perpendicularité 0,05 / A S3 : (2x) coaxialité Ø0,1 / A

Remarque : pour le corps on peut compléter par les spécifications concernant la gorge de l'anneau élastique.

Question 1.6 : En examinant le sens de parcours du fluide, justifier la présence de l'anneau élastique (repère 51). Pourquoi est-il présent d'un seul côté ?

- **Eviter un dysfonctionnement du débitmètre en cas de desserrage du support palier assemblé – SE30.**

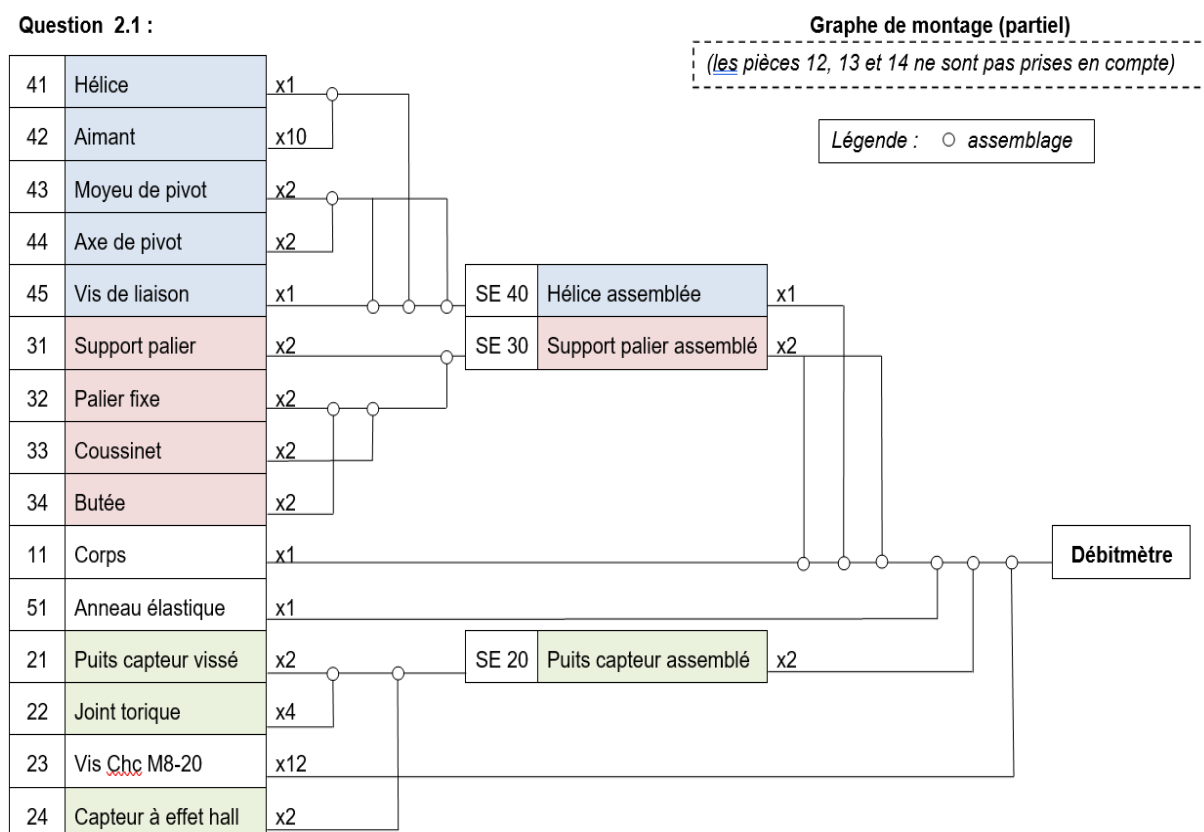
Débitmètre à turbine

- **A cause du sens d'écoulement du fluide.**
- **Filetage : il n'y a pas de risque de desserrage en amont, par contre le risque existe coté aval, d'où la présence de l'anneau élastique.**

2. Décrire le processus d'assemblage

Question 2.1 : A l'aide des documents techniques DT1, DT4, DT5, DT6 et **plus particulièrement DT3**, compléter le graphe de montage afin de décrire le processus d'assemblage du débitmètre. Identifier les assemblages entre les différentes pièces ou sous-ensembles en respectant la légende proposée.

Question 2.1 :



3. Choisir un moyen d'assemblage

Eléments à assembler :

Support de palier (SE30) sur corps 1

Référence	DN80	DN100	DN150	DN200	DN250
Filetage	M82x2	M106x3	M158x3	M210x3	M260x3
Couple de serrage appliqué	120 N.m	150 N.m	210 N.m	260 N.m	330 N.m

Vis CHC M8-20, classe 80 (repère 23), en Inox, sur puits de capteur assemblé :

23	12	Vis Chc M8-20	(Inox)	Classe 80	DT1
----	----	---------------	--------	-----------	-----

Débitmètre à turbine

VIS OU BOULONS ACIER							VIS OU BOULONS INOX		
Diamètre de vis mm	Pas ISO mm	Classe ISO					Classe de propriété		
		4 . 6	5 . 8	8 . 8	10 . 9	12 . 9	50	70	80
		Couple Nm (Coefficient de frottement moyen $\mu = 0,20$) Serrage à 50% de la limite élastique							
M 1,6	0,35	0,07	0,12	0,19	0,24	0,29	0,12	0,16	0,19
M 2	0,40	0,15	0,24	0,38	0,49	0,58	0,24	0,32	0,40
M 2,5	0,45	0,28	0,48	0,77	0,98	1,20	0,48	0,72	0,77
M 3	0,50	0,51	0,85	1,40	1,90	2,30	0,88	1,28	1,41
M 3,5	0,60	0,80	1,34	2,20	3,00	3,60	-	-	-
M 4	0,70	1,20	2,00	3,20	4,50	5,40	1,30	2,60	3,50
M 5	0,80	2,40	4,00	6,40	9,00	10,70	2,40	5,10	6,90
M 6	1,00	4,10	6,80	10,90	15,30	18,30	4,10	8,80	11,80
M 8	1,25	9,80	16,30	26,10	36,80	44,00	10,10	21,50	28,70

DRS1

Critères de choix :

- Il souhaite privilégier les critères d'ergonomie en choisissant :
 - un matériel à renvoi d'angle
 - un matériel léger
- Afin de réduire le coût de l'investissement, il souhaite limiter l'achat à **deux** **boulonneuses**.

Question 3.1 : Parmi les boulonneuses électriques proposées (voir dossier ressource DRS2), extraire les plages de couple de serrage et compléter la colonne 2 du tableau du DR4.

Question 3.1

Question 3.2

Question 3.3

Caractéristiques des matériels			Caractéristiques des produits					
N°	Plage de couple de serrage	Masse	Couples de serrage					
			M8	M82x2	M106x3	M158x3	M210x3	M260x3
			28,7	120	150	210	260	330
1	9-35 N.m	1,4 kg	X					
2	14-55 N.m	1,6 kg	X					
3	20-80 N.m	2,1 kg	X					
4	28-100 N.m	2,3 kg	X					
5	40-160 N.m	2,8 kg		X	X			
6	53-210 N.m	3 kg		X	X	X		
7	70-270 N.m	7,1 kg		X	X	X	X	
8	95-370 N.m	7,1 kg		X	X	X	X	X
9	115-450 N.m	11,6 kg		X	X	X	X	X
10	150-600 N.m	11,6 kg			X	X	X	X

Question 3.4

Débitmètre à turbine

Question 3.2 : Déterminer le second critère à privilégier pour le choix du ou des matériels envisagés. Compléter la colonne 3 du tableau du DR4 (entête et caractéristique de chaque boulonneuse).

Question 3.3 : Définir les besoins au niveau des couples (dossier ressource DRS1). Compléter le tableau.

Question 3.4 : Pour chaque couple de serrage, indiquer par une croix si la boulonneuse est capable.

Question 3.5 : Indiquer les références des deux matériels choisis. Justifier votre choix.

pour les vis M8 : Choix 1 → Tensor ETV DS 72 – 30 - 10

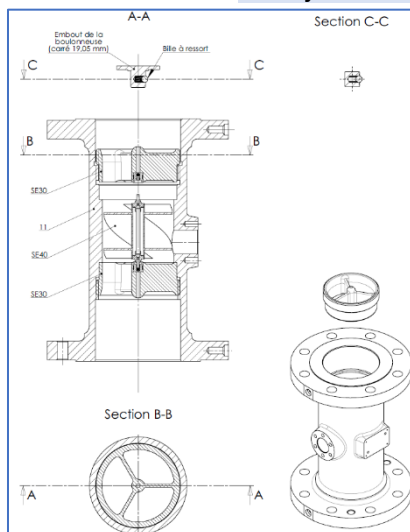
pour le SE30 : Choix 8 → Tensor ETV DS 92 – 370 - 20

les 2 modèles répondent aux critères d'utilisation, couple disponible et d'ergonomie, matériel léger.

4. Définir le principe d'un outillage d'assemblage

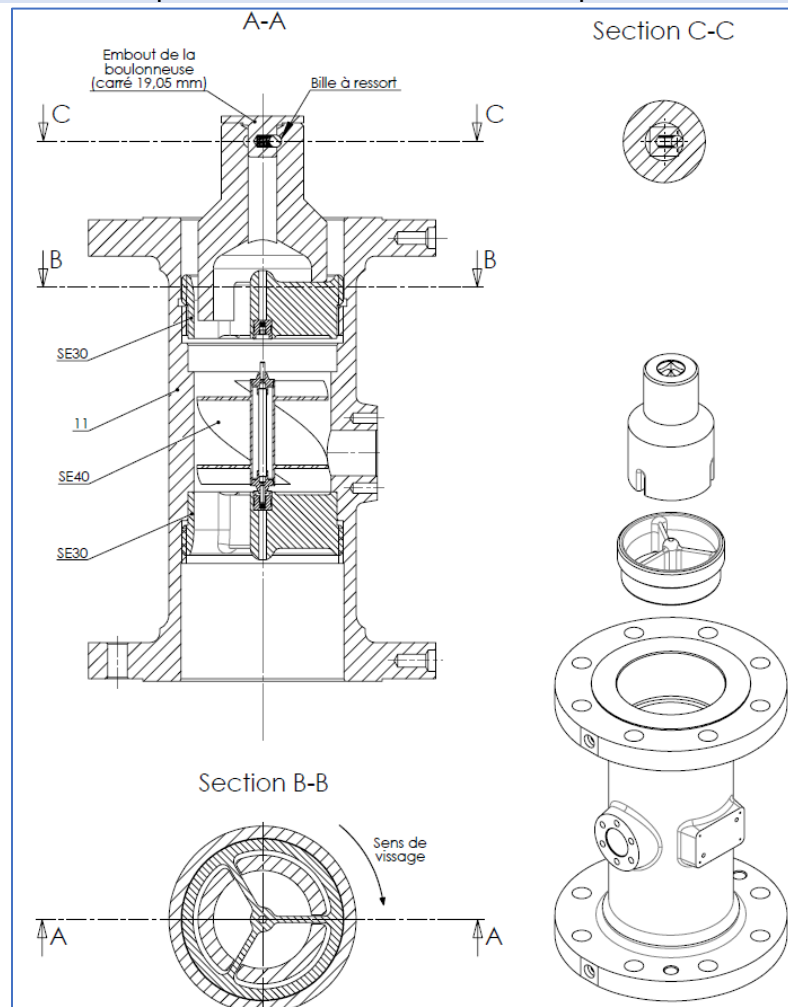
Question 4.1 : Esquisser les contours de la douille de vissage

- sur la vue de face en coupe A-A
- sur la section B-B et CC : en position de vissage
- ajouter toute vue complémentaire nécessaire à la compréhension.



Remarque : on souhaite n'utiliser que des visseuses à un seul sens de rotation. On choisit un pas à droite.

Question 4.2 : Indiquer le sens de vissage sur la section B-B.



Remarque : « les 3 croisillons à 120 » ont une épaisseur de 4 mm

La douille de vissage doit permettre le montage et le démontage.

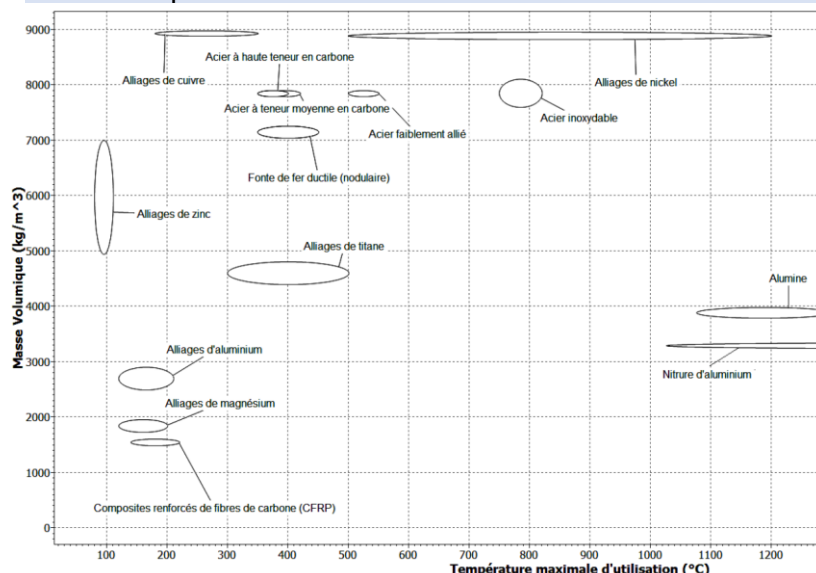
Le couple de serrage doit être transmis sur le plus grand diamètre possible, afin de ne pas déformer les croisillons.

- ⇒ **La solution proposée sur le document DR5, 3 rainures de 6 mm à 120° permet un contact surfacique pour limiter les risques de matage.**
- ⇒ **Une autre solution est envisageable avec 3 cylindres à 120° (ou piges). Elle permet un contact linéique.**

5. Choisir le matériau de l'hélice

Question 5.1 : A l'aide du document ressource DRS3,

- relever la masse volumique moyenne et la plage des températures maximales d'utilisation (de ...°C à ...°C) pour chaque famille de matériaux, compléter le tableau,
- préciser dans la dernière colonne si le critère de résistance à la température d'utilisation est respecté.



Matériau envisagé	Famille de matériaux	Masse volumique (kg.m ⁻³)	Plage des températures maximales d'utilisation (...°C à ...°C)	Exigence de résistance à la température respectée (230°C) (OUI ou NON)
EN AW 2024	Alliages d'aluminium	2700	120 à 220	Non
NiCr21Mo	Alliages de nickel	8900	500 à 1200	Oui
Ti (Titane)	Alliages de titane	4600	300 à 500	Oui
X6CrNiMo 19- 11-2	Aciers inoxydables	7800	750 à 820	Oui

Question 5.2 : Au regard des fonctions techniques à respecter indiquer le matériau choisi et justifier.

Le titane répond aux critères FT2 et FT9 :

- **Masse volumique la plus faible.**
- **Plage de température.**

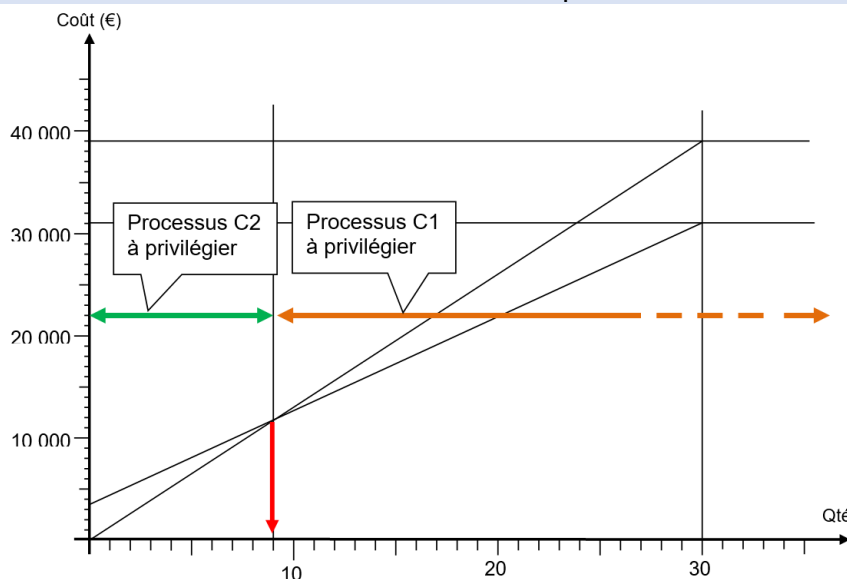
6. Comparer les procédés de fabrication du corps

Question 6.1 : Pour les deux processus C1 et C2, écrire les équations donnant le coût de revient en fonction du nombre de pièces « n ».

Coût Processus C1 (n) noté $C_{P1}(n)$; Coût Processus C2 (n) noté $C_{P2}(n)$

Processus C1 avec procédé de moulage	Coût de revient de n pièces $C_{P1}(n) = \text{coût outillage} + n \cdot [\text{moulage} + \text{usinage}]$ $C_{P1}(n) = 3500 + n \cdot [780 + 140] \text{ €}$ $C_{P1}(n) = 3500 + n \cdot [920] \text{ €}$
Processus C2 avec procédé de soudage	Coût de revient de n pièces $C_{P2}(n) = n \cdot [\text{coût assemblage soudé} + \text{usinage}]$ $C_{P2}(n) = n \cdot [1250 + 60]$ $C_{P2}(n) = n \cdot 1310 \text{ €}$ <u>Pour info</u> : Rentabilité du moulage $3500 + n \cdot 920 = n \cdot 1310$ d'où $n = 3500 / (1310 - 920)$ $n = 8.97$ pièce soit à partir de $n = 9$ pièces

Question 6.2 : Sur le graphique, pour les deux processus, tracer avec précision les courbes « Coût de revient en fonction du nombre de pièces ».



Débitmètre à turbine

Question 6.3 : En déduire, soit graphiquement, soit par les équations, la zone de rentabilité de chacun des processus. Indiquer les deux zones sur le graphique.

Question 6.4 : Le débitmètre standard DN100 sera fabriqué à raison de 250 pièces par an. Quel processus prévisionnel faut-il privilégier ?

Le processus C1 utilisant moulage est le plus rentable dès la neuvième pièce. Pour une série de 250 pièces il faut donc choisir ce procédé.

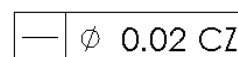
Question 6.5 : Pour quelle raison ne peut-on pas envisager de modifier par usinage les bruts obtenus par le procédé actuel C1? Pourquoi le processus C2 peut-il convenir ?

Pour la demande de deux corps non standards, on ne peut pas utiliser le moule existant mais on peut répondre positivement grâce au processus C2 utilisant un assemblage mécano-soudé. Le coût unitaire d'un corps sera de 1310 € et le délai de fabrication sera de 3 semaines et 4 jours, soit environ quatre semaines.

7. Interpréter les spécifications

Question 7.1 : Répondre sur le Document Réponse **DR8**

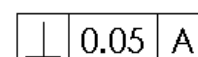
Décoder la spécification suivante :



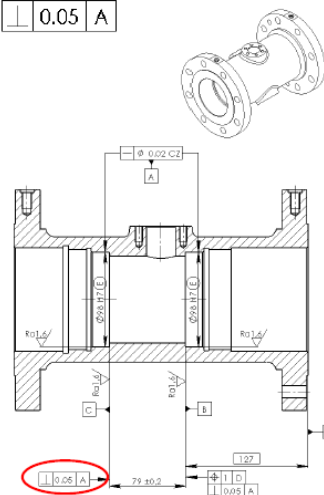
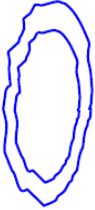
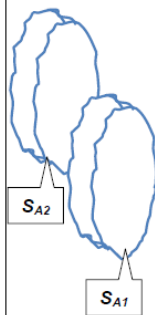
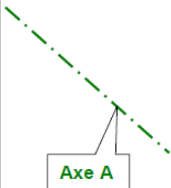
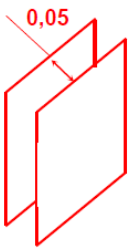
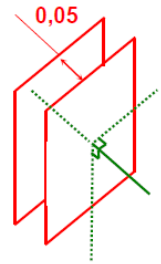
TOLERANCEMENT NORMALISE	Question 7.1 : Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification : Désignation : Rectitude (en zone commune)	Eléments non Idéaux extraits de « Skin Modèle »		Eléments Idéaux	
Type de spécification : ☐ Forme ☐ Orientation ☐ Position ☐ Battement	Elément(s) de tolérance(s) unique groupe	Elément(s) de Référence unique multiples	Référence(s) Spécifiées(s) simple commune système	Zone de Tolérance simple composée Contraintes d'orientation et ou position par rapport à la Référence Spécifiée
Schéma extrait du dessin de définition 	Deux lignes médianes extraites de deux surfaces nominalement cylindriques S_{A1} et S_{A2} .		Volume limité par un cylindre de diamètre 0,02	Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance

Question 7.2 : Répondre sur le Document Réponse **DR9**

Décoder la spécification suivante :



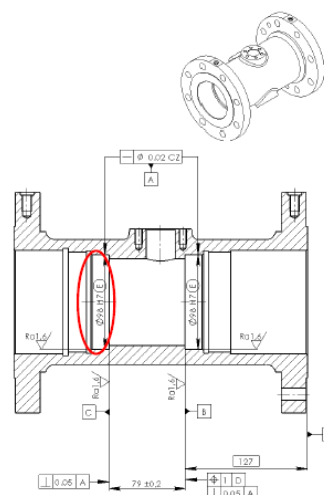
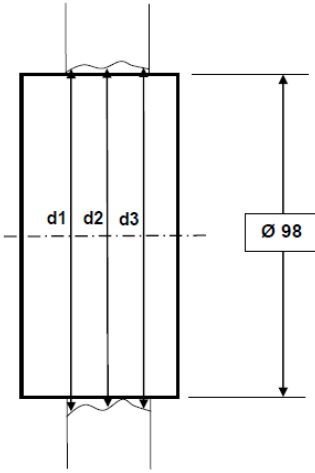
Débitmètre à turbine

TOLERANCEMENT NORMALISE	Question 7.2 : Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
Symbole de la spécification :  Désignation : <i>Perpendicularité</i> Type de spécification : ☐ <i>Forme</i> ☐ <i>Orientation</i> ☐ <i>Position</i> ☐ <i>Battement</i> Schéma extrait du dessin de définition 	Eléments non Idéaux extraits de « Skin Modèle »		Eléments Idéaux		
	Elément(s) tolérance(s)	Elément(s) de Référence	Référence(s) Spécifiées(s)	Zone de Tolérance	
	<i>unique</i> <i>groupe</i>	<i>unique</i> <i> multiples</i>	<i>simple</i> <i> commune</i> <i>système</i>	<i>simple</i> <i> composée</i>	Contraintes d'orientation et ou position par rapport à la Référence Spécifiée
	<i>Une surface</i> nominale plane. 	<i>Deux surfaces</i> nominale cylindriques S_{A1} et S_{A2} . 	<i>Axe A</i> du plus grand cylindre tangent aux deux surfaces S_{A1} et S_{A2} , coté libre de la matière et qui minimise le défaut de forme. 	<i>Volume</i> limité par 2 plans parallèles et distants de 0,05 	Les 2 plans de la zone de tolérance doivent être perpendiculaire à l'axe de référence A. 
Condition de conformité : L'élément toléré doit se situer tout entier dans la zone de tolérance					

Question 7.3 : Répondre sur le Document Réponse DR10

Décoder la spécification suivante :

Ø 98 H7 

TOLERANCEMENT NORMALISE	Question 7.3 : Analyse d'une spécification par dimension	
Ø 98 H7  Désignation : <i>Spécification d'un alésage selon l'exigence de l'enveloppe</i> Schéma extrait du dessin de définition 	Schéma : $d1, d2, d3, \dots, dn$: dimensions locales 	Condition de conformité : l'élément toléré sera conforme si : Ø 98 H7  Spécification d'un alésage selon l'exigence de l'enveloppe : ⇒ L'alésage doit pouvoir contenir un cylindre de diamètre au maximum de matière (Ø 98). ⇒ Toutes les dimensions locales doivent être comprises dans l'intervalle de tolérance. $98 \leq d_i \leq 98,035$

8. Choisir des outils de coupe

Question 8.1 : Définir le type de porte-plaquette et le type de plaquette pour réaliser l'opération de finition de l'alésage A1. Justifier votre choix.

Question 8.2 : Représenter en vert la trajectoire d'usinage qui permet de réaliser l'opération de finition de l'alésage A1.

Question 8.4 Question 8.2

DÉTAIL A2
ECHELLE 2 : 1

DÉTAIL A1
ECHELLE 2 : 1

Remarque : les chanfreins peuvent éventuellement être réalisés en ébauche. Les sens des trajectoires sont les plus judicieux.

Question 8.1 : alésage A1

- ⇒ Porte plaquette S...-MWLNR/L -- Plaquette WN... $\epsilon_r=80^\circ$
- ⇒ Porte plaquette S...-PCLNR/L -- Plaquette CN... $\epsilon_r=80^\circ$
- Angle de direction d'arrêt permettant de remonter la face à 90°
- Angle de pointe maxi → plaquette plus « robuste »
- La plaquette WN... est plus économique (6 arrêtes de coupe) qu'une plaquette CN... (4 arrêtes de coupe)

D'autres choix sont acceptables mais pas judicieux sur le plan technique et économique, S...-PSKNR/L et A...-PTFNR/L ne sont pas acceptables.

Question 8.3 : alésage A2

- ⇒ Porte plaquette A...-PDYNR/L -- Plaquette DN... $\epsilon_r=55^\circ$
- Angle de direction d'arrêt permettant de remonter la face à 90°
- Angle de pointe maxi → plaquette plus « robuste »

Autre choix acceptable S...-MVYNR/L -- Plaquette VN... $\epsilon_r=35^\circ$ mais pas judicieux sur le plan technique.

Question 8.5 :

Sur le document DT10 → rayon de raccordement : 0.5 maxi

- ⇒ Rayon de pointe des 2 outils $R_{\epsilon} \leq 0.5$
- ⇒ Choix $R_{\epsilon} = 0.4$

Question 8.6 :

En usinant les 2 alésages A1 et A2 dans la même phase :

- ⇒ on s'affranchit des dispersions de mise en position
- ⇒ on garantit le respect des spécifications géométriques :
 - rectitude $\varnothing 0.02$ cz (alignement des 2 axes)
 - les 2 perpendicularités (des faces / A)

⇒ Les spécifications dimensionnelles $\varnothing 98$ H7 dépendent uniquement de la capacité procédé et/ou machine.

Question 8.3 : Définir le type de porte-plaquette et le type de plaquette pour réaliser l'opération de finition de l'alésage A2. Justifier votre choix.

Question 8.4 : Représenter en bleu la trajectoire d'usinage qui permet de réaliser l'opération de finition de l'alésage A2.

Question 8.5 : Définir le rayon de pointe des 2 plaquettes en vous appuyant sur les notes du document technique DT9. Justifier ce choix.

Question 8.6 : Comparativement à un autre processus envisageable (finition du premier alésage en phase 10 puis finition du deuxième alésage après retournement en phase 20), expliquez en quoi la solution envisagée facilite le respect des spécifications étudiées au problème 7.

9. Définir les caractéristiques d'un moyen de production

Pour vérifier que les caractéristiques des machines proposées sont compatibles avec les usinages à réaliser, on teste sur le perçage ébauche des alésages de diamètre 30.

Matière Corps DN100	Conditions de coupe préconisées	Conditions de coupe choisies
X6 Cr Ni Mo 19-11-2 Groupe matière (SECO) : 9	Vc = 150 – 220 m/min f = 0,13 mm/tr	Vc = 200 m/min f = 0,12 mm/tr

Question 9.1 : Calculer la fréquence de rotation N et la vitesse d'avance Vf.

Questions 9.1, 9.2, 9.3

Questions 9.4

Caractéristiques nécessaires à l'utilisation du foret Ø29	Caractéristiques disponibles de la machine	Validé Non validé
$N = 1000 Vc / \pi * D$ $N = 1000 * 200 / \pi * 29$ $N = 2195 \text{ tr/min}$	Broche « standard » : 8000 tr/min Broche « option » : 12000 tr/min	Validé Validé
$Vf = N * f$ $Vf = 2195 * 0,12$ $Vf = 263 \text{ mm/min}$	Avance travail maxi : 12,7 m/min	Validé
Effort d'avance : 2300 N Sur DRS7, car ø30 et f=0,12 mm/tr	Axe Z : 20462 N	Validé
Puissance absorbée : 8 kW	Broche « standard » : 14,9 kW Broche « option » : 22,4 kW	Validé Validé
Liquide de coupe 28 L /min – 4,5 bars	Option 1	Non validé
	Option 2 ou 3	Validé

Question 9.2 : A l'aide du document ressource DRS7, déterminer l'effort d'avance et la puissance absorbée.

Question 9.3 : Déterminer le débit du liquide de coupe et la pression recommandée.

Question 9.4 : A l'aide du document ressource DRS6, vérifier que les caractéristiques de machine choisie sont compatibles avec l'utilisation du foret à plaquettes Ø29, compléter les colonnes 2 et 3 du tableau récapitulatif.

Question 9.5 : Choisir les options nécessaires pour valider l'achat du nouveau centre d'usinage en prenant en compte les caractéristiques de l'outil du document ressource DRS7.

Broche « standard » (14,9 kW – 8000 tr/min)
Option arrosage au centre nécessaire
pour une utilisation optimum du foret à plaquettes
➔ option 2 : pression 21 bars pour un débit de 35L/min

10.Définir graphiquement un outillage

A l'aide des documents ressources DRS8 et DRS9, dessiner à main levée le porte-pièce de la phase 30 FRAISAGE sur CU horizontal 4 axes en respectant la chronologie suivante :

Question 10.1 : Eléments assurant la mise en position principale et secondaire

- Esquisser le centreur : appui plan sur [P] et linéaire annulaire sur [S]
- Esquisser la liaison complète démontable du centreur avec la plaque de base NLM : le positionnement du centreur et la fixation par éléments filetés

Question 10.2 : Eléments assurant la mise en position tertiaire

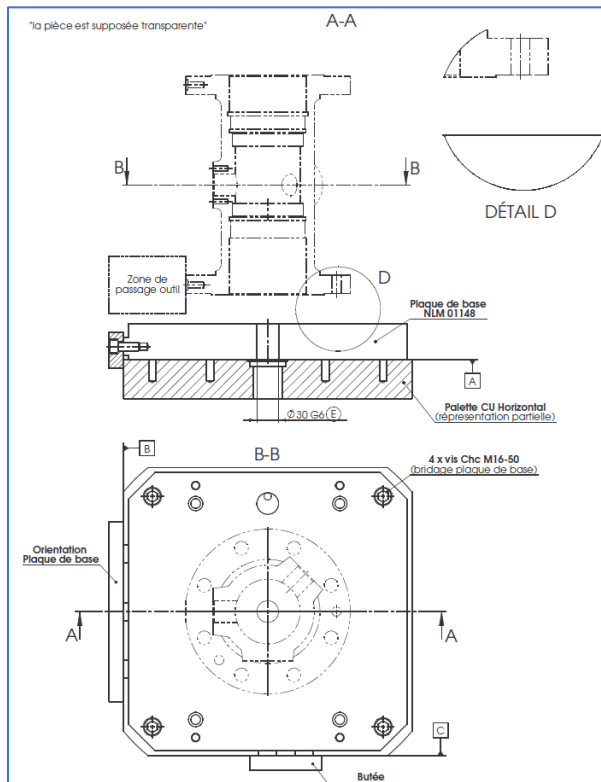
- Choisir et représenter le composant
- Indiquer la nature de l'ajustement nécessaire à sa liaison avec le centreur ou avec la plaque de base.

Question 10.3 : Eléments assurant le maintien en position

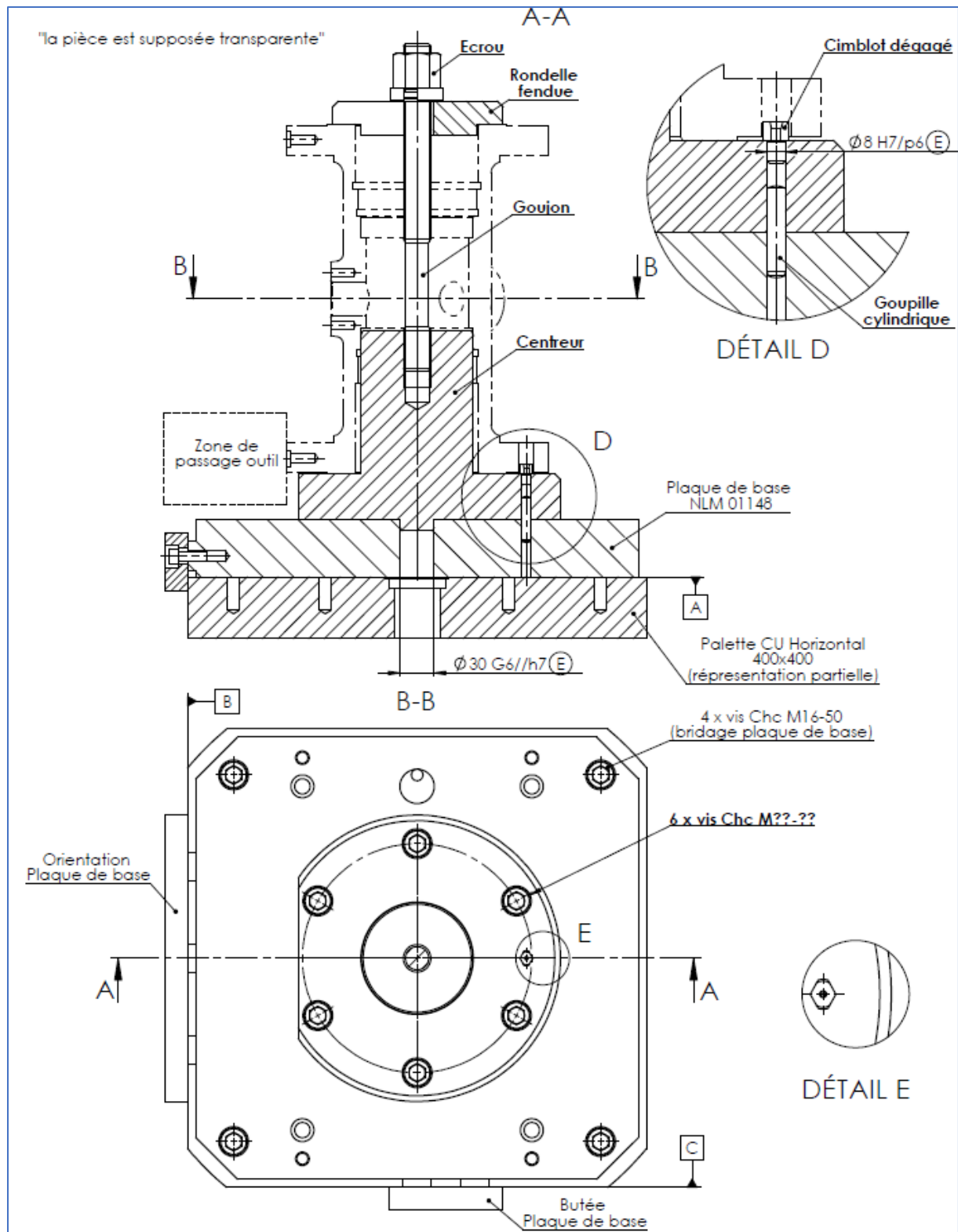
- Choisir et représenter les composants en situation de serrage de la pièce à usiner, en respectant le lieu du maintien en position donné sur DRS8.

Question 10.4 : Repérer et nommer les éléments constitutifs de votre solution.

Remarque : Les éléments de mise en position et de maintien en position du bâti sur la palette ne sont pas étudiés.



Débitmètre à turbine



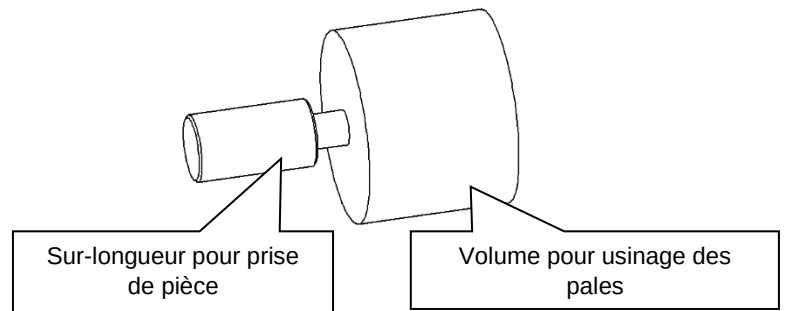
11. Choisir une solution de porte-pièce

Processus H1 : détaillé dans le document technique **DT7**

Masse du brut : 4 kg

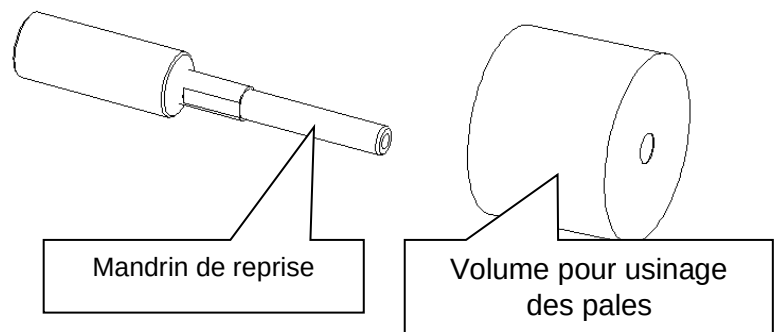
Coût matière : 160 €

Coût de fabrication : 53,50 €



Processus prévisionnel H2 : détaillé dans le document technique **DT8**

Masse du brut : 2,066 kg



Données technico-économiques :

- Série de 250 pièces par lot de 25
- Prix d'achat du titane : $P_{Ti} = 40 \text{ € / kg}$
- Coût horaire : 70 € / heure
- Coût supplémentaire de la colle et du solvant : $C_{\text{collage}} = 0,25 \text{ €}$
- Coût outillage : 1250 € pour la série complète. (vingt-cinq mandrins de reprise)
- Temps unitaire de fabrication : 34,1 min

Question 11.1 : Pour le Processus H2 (voir DT8), pour une pièce :

- Calculer le coût matière.
- Calculer le coût de fabrication.
- Calculer le coût outillage.

Coût matière : $C_{\text{mat}} = m \times P_{Ti}$ $C_{\text{mat}} = 4 \times 40$ $C_{\text{mat}} = 160 \text{ €}$

Coût fabrication : $C_{\text{Fab}} = \text{Temps unitaire} \times \text{Coût horaire}$

$C_{\text{Fab}} = (45.85/60) \times 70$ $C_{\text{Fab}} = 53.50 \text{ €}$

Coût de revient : $C_{\text{Rev}} = C_{\text{mat}} + C_{\text{Fab}}$

$C_{\text{Rev}} = 160 + 53.50$ $C_{\text{Rev}} = 213.50 \text{ € l'unité}$

Question 11.2 : Compléter le tableau comparatif des deux solutions, puis calculer le coût de revient de la pièce pour les deux processus H1 et H2.

Volume du brut : $V = \pi \times R^2 \times L$ $V = 3.14 \times 45^2 \times 72$ $V = 458\,044\text{ mm}^3$

Masse : $m = V \times \rho_{Ti}$ $m = 458\,044 \times 4.51 \times 10^{-6}$ $m = 2.066\text{ kg}$

Coût matière : $C_{mat} = m \times P_{Ti}$ $C_{mat} = 2.066 \times 40$ $C_{mat} = 82.64\text{ €}$

Coût fabrication : $C_{Fab} = \text{Temps unitaire} \times \text{Coût horaire}$

$C_{Fab} = (34.10/60) \times 70$ $C_{Fab} = 39.79\text{ €}$

Coût supplémentaire (colle) : $C_{Colle} = 0.25\text{ €}$

Coût outillage : $C_{Outillage} = 1250/250$ $C_{Outillage} = 5\text{ € par pièce}$

Coût de revient : $C_{Rev} = C_{mat} + C_{Fab} + C_{Colle} + C_{Outillage}$

$C_{Rev} = 82.64 + 39.79 + 0.25 + 5$ $C_{Rev} = 127.68\text{ € l'unité}$

Question 11.3 : Le groupe de travail retient le processus prévisionnel H2. Expliquer en quoi ce choix est conforme à la stratégie de l'entreprise ? (voir page 4 / 18 premier paragraphe : **Contexte de l'étude**)

Le choix du processus prévisionnel H2 est judicieux pour plusieurs raisons :

- **Economie de matière :** 2 kg de titane au lieu de 4 kg
- **Gain de temps de fabrication :** 34 minutes au lieu de 46
- **Coût de la colle négligeable**

Sur le plan économique on passe de 213.5 € à 127.68€ soit $127.68/213.5 = 0.6$ donc un gain de 40%

L'économie de matière diminue l'impact écologique.

12. Spécifier le porte-pièce

Figure 121 : Mandrin de reprise

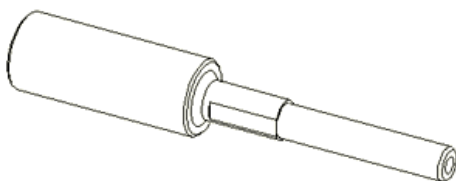


Figure 122 : Pièce à usiner

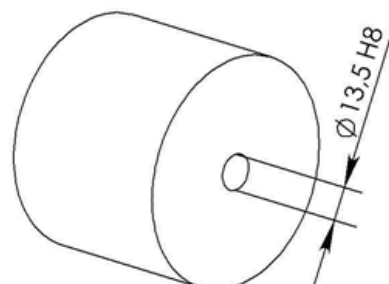
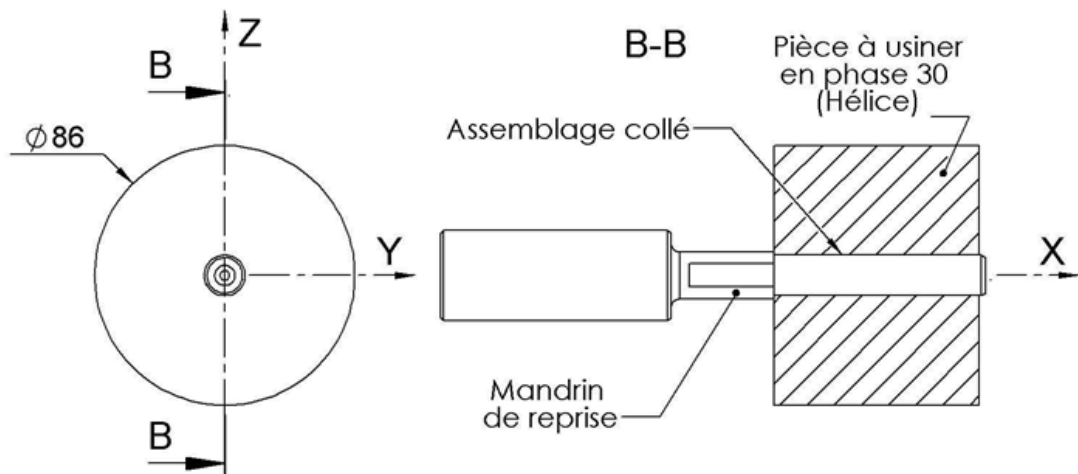
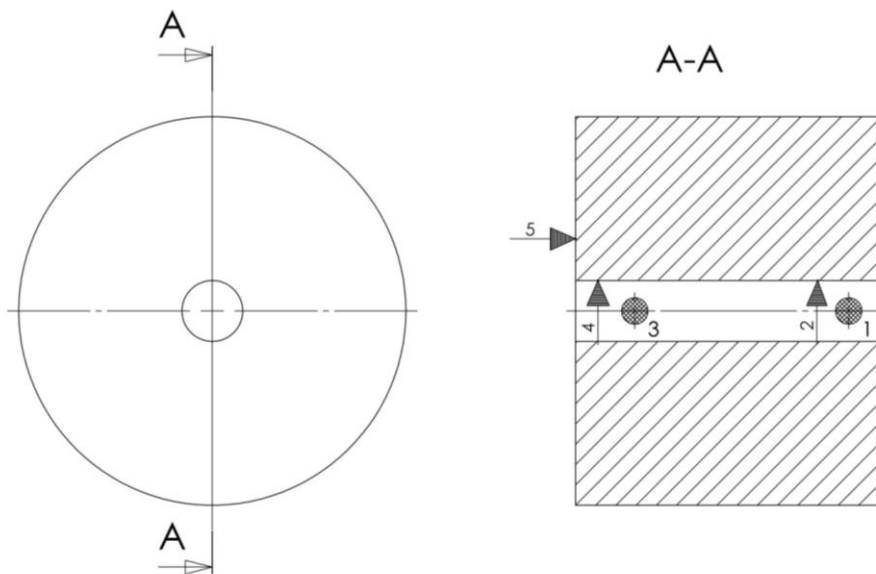


Figure 123 : Croquis de l'assemblage : (cet assemblage est réalisé avec jeu)



Répondre sur le Document Réponse **DR15**

Question 12.1 : Sur le croquis de la pièce, représenter la mise en position de la pièce obtenue avec ce mandrin de reprise : symbolisation géométrique 1^{ère} partie de la norme.



Question 12.2 : Pour garantir le maintien en position de la pièce à usiner, le collage doit supprimer un ou plusieurs degrés de liberté. Expliquer lequel (ou lesquels) ?

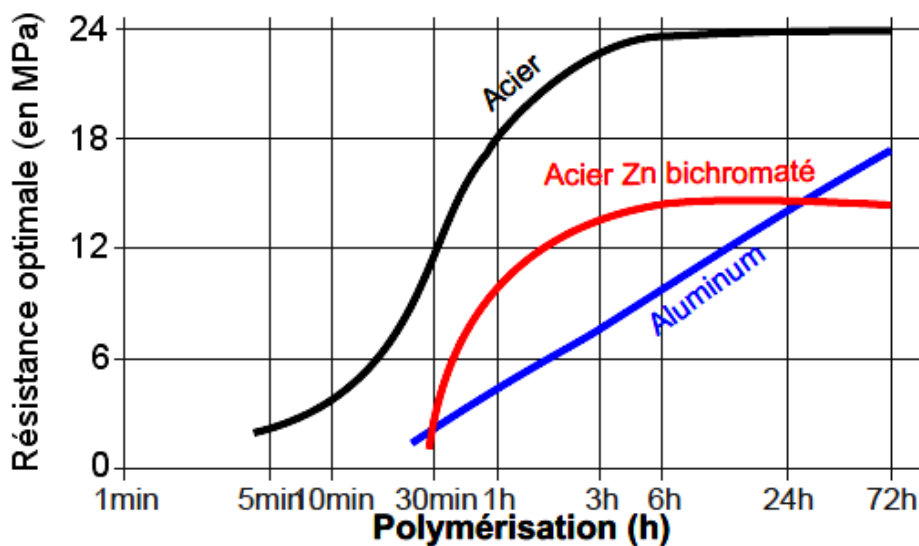
La colle devra empêcher la pièce de tourner autour de l'axe du mandrin de reprise (axe x). Elle doit donc supprimer le degré de liberté « Rx ».

Complément éventuel : La colle permettra également de supprimer la translation selon x dans le sens positif. Mais on suppose que les efforts de coupe poussent la pièce en butée sur le mandrin de reprise. Ce deuxième aspect n'est donc pas primordial.

Le collage se fera à l'aide d'une colle liquide LOCTITE référence 638. Le mandrin de reprise est en acier et la pièce à usiner est en titane. On prévoit un jeu de 0,15 mm et un temps de polymérisation (durcissement ou séchage) de 24 heures. Voir document ressource DRS10. Ne disposant pas des renseignements pour le collage d'un arbre en acier et d'une bague en titane, **on décide de réaliser un essai de collage sur la base du couple acier / aluminium.**

Répondre sur le Document Réponse DR16

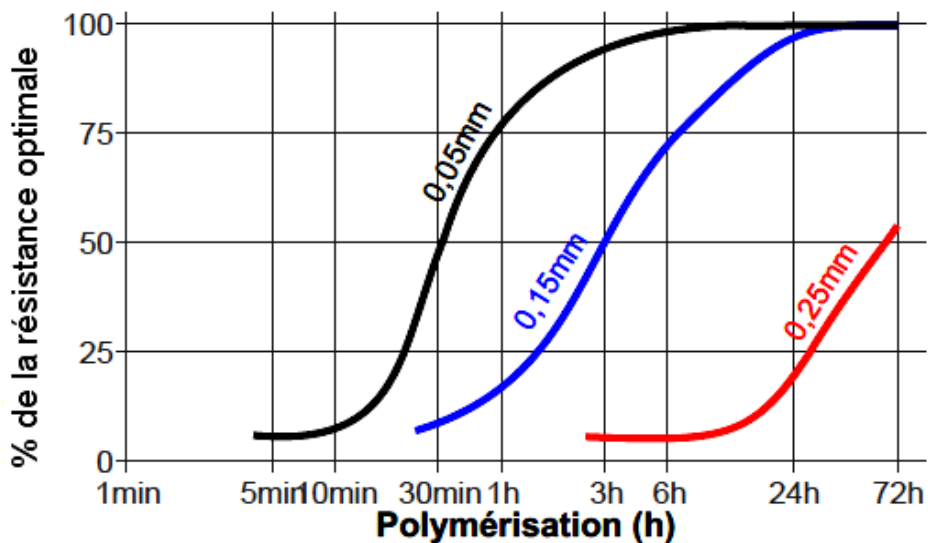
Question 12.3 : Déterminer la résistance au cisaillement optimale pour le collage de la pièce à usiner sur le mandrin de reprise. On notera $R_{g \text{ optimale}}$ (les tracés doivent être effectués sur le diagramme du document réponse).



$R_{g \text{ optimale}} = 14 \text{ ou } 15 \text{ MPa}$

Question 12.4 : A l'aide du diagramme correspondant sur le document ressource DRS10, déterminer le pourcentage de résistance obtenu, puis calculer la valeur réelle de la résistance de la colle au

cisaillement (en MPa). On notera cette valeur R_g (faire le tracé sur le diagramme du document réponse DR16).



$$R_g = 0.95 \times 14$$

$$R_g = 13.4 \text{ MPa}$$

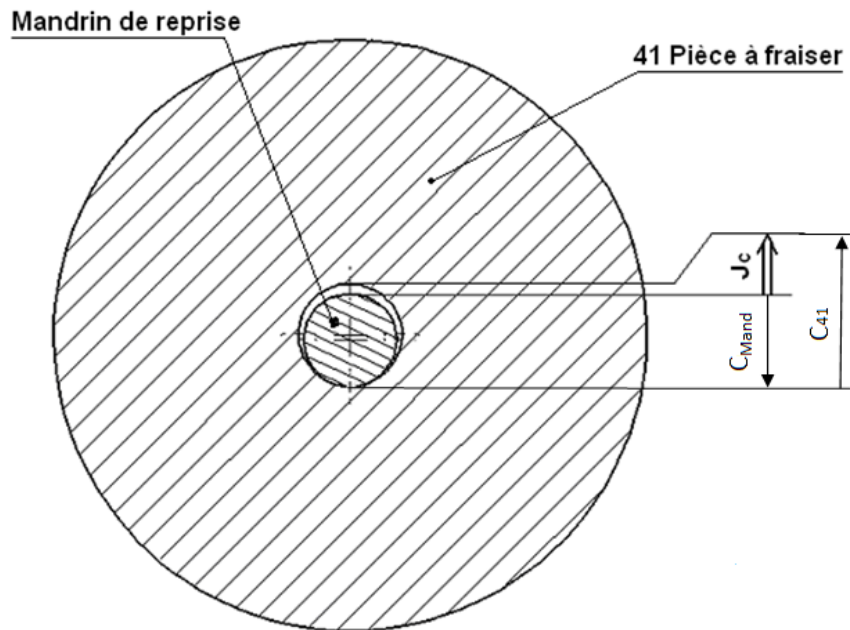
Répondre sur le Document Réponse DR17

Le technicien fixe les cotes suivantes :

Pour le jeu :	$J_c \text{ Maxi} = 0,15 \quad J_c \text{ mini} = 0,10$
Pour l'alésage de reprise du brut :	$\varnothing = 13.5 \text{ H}8 = 13.5^{+0.027}_0$
(Voir DT6 Détail C et figure 122 page 13 / 18)	

Question 12.5 : Tracer la chaîne de cote relative à ce jeu J_c , puis calculer la cote (maximale et minimale) du mandrin permettant de respecter ce jeu.

Répondre sur le Document Réponse DR18



$$J_{c_{\text{Maxi}}} = C_{41_{\text{Maxi}}} - C_{\text{Mand}_{\text{mini}}} \quad \text{d'où} \quad C_{\text{Mand}_{\text{mini}}} = C_{41_{\text{Maxi}}} - J_{c_{\text{Maxi}}}$$

$$C_{\text{Mand}_{\text{mini}}} = 13.527 - 0.150 \quad \text{soit} \quad C_{\text{Mand}_{\text{mini}}} = 13.377$$

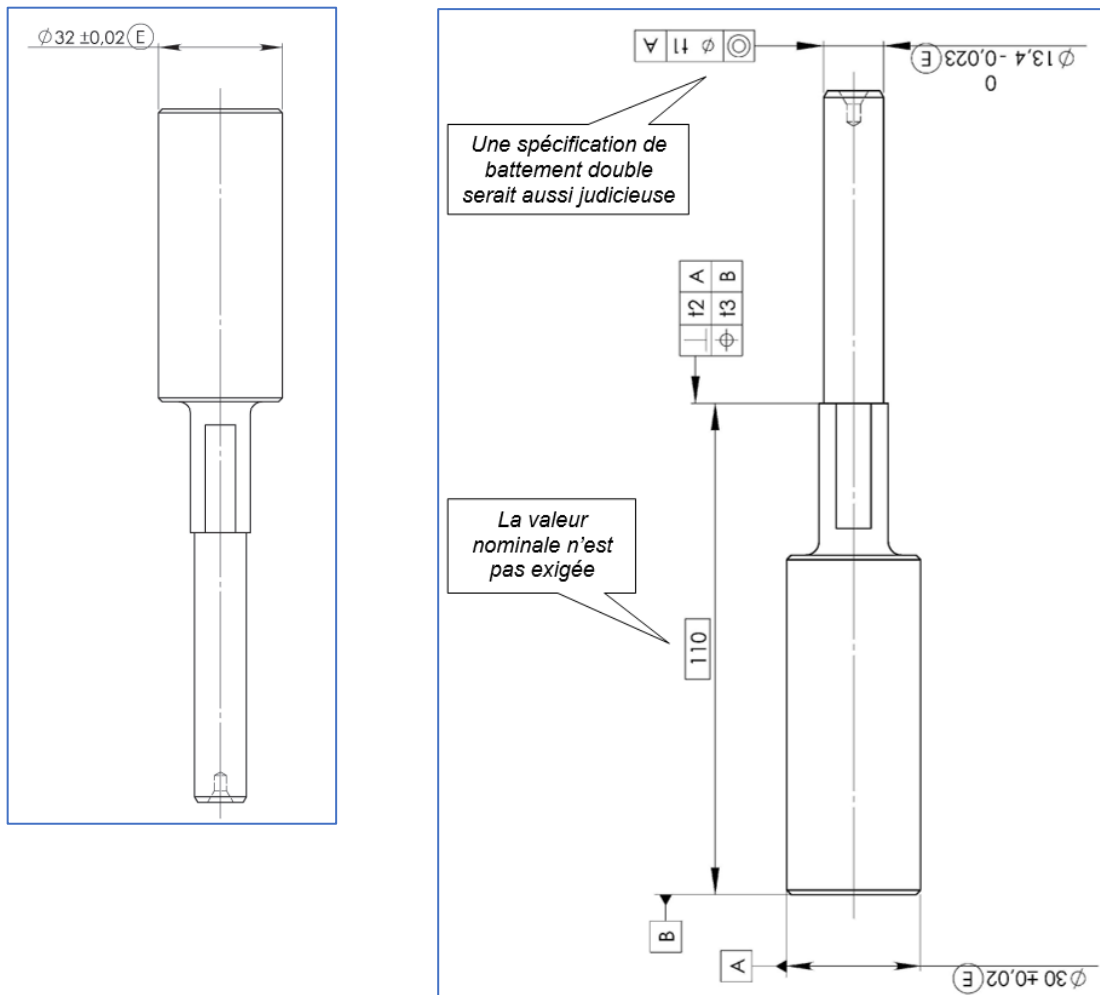
$$J_{c_{\text{mini}}} = C_{41_{\text{mini}}} - C_{\text{Mand}_{\text{Maxi}}} \quad \text{d'où} \quad C_{\text{Mand}_{\text{Maxi}}} = C_{41_{\text{mini}}} - J_{c_{\text{mini}}}$$

$$C_{\text{Mand}_{\text{Maxi}}} = 13.500 - 0.100 \quad \text{soit} \quad C_{\text{Mand}_{\text{Maxi}}} = 13.400$$

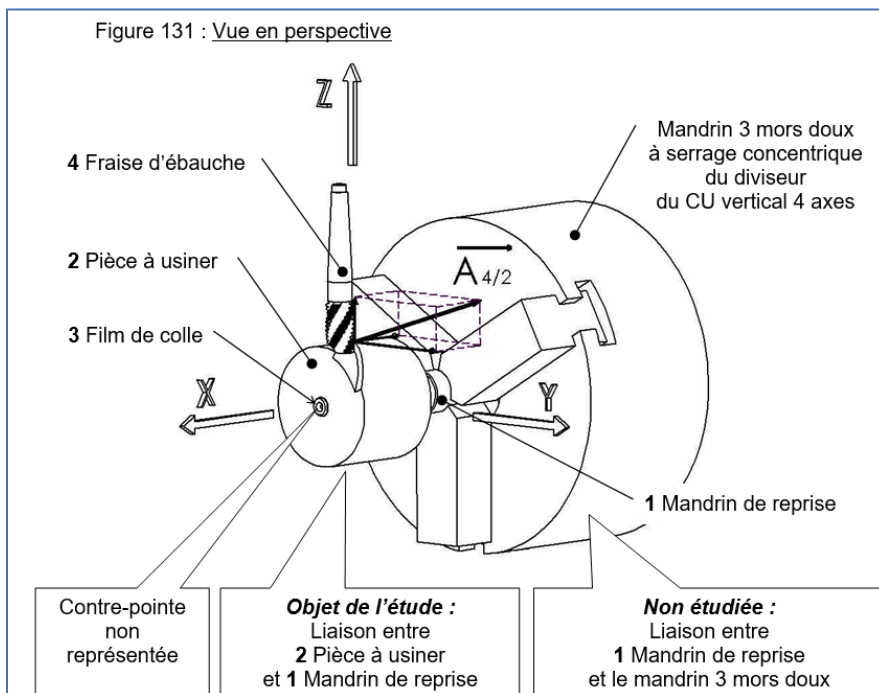
$$C_{\text{Mand}} = 13^{+0.4}_{+0.377} \quad \text{ou} \quad C_{\text{Mand}} = 13.4^{0}_{-0.023}$$

Question 12.6 : Réaliser la cotation d'aptitude à l'emploi du mandrin uniquement pour les surfaces assurant la mise en position de la pièce à usiner. Les intervalles de tolérance des spécifications géométriques ne seront pas chiffrés.

Remarque : En phase 50 (voir DT8) la prise de pièce se fait sur le diamètre 13,5 H8 avec un mandrin expansible.



13. Justifier l'aptitude à l'emploi de la colle

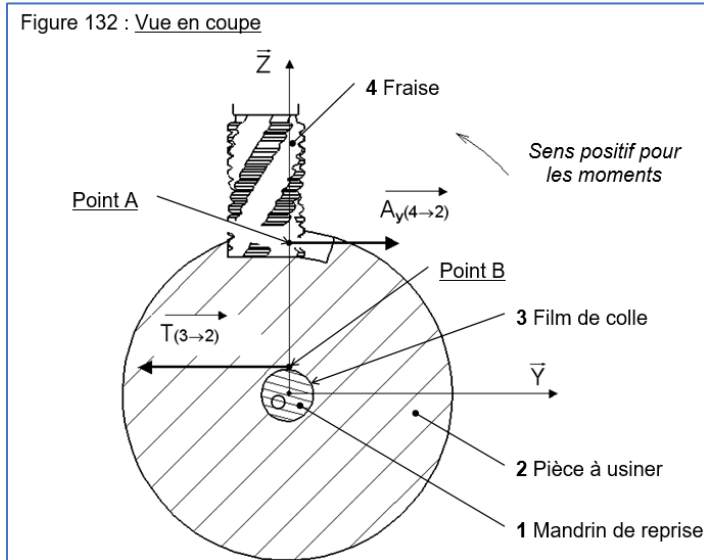


L'action due aux efforts de coupe de la fraise (4) sur la pièce à usiner (2) est représentée par la force $\overrightarrow{A_{y(4 \rightarrow 2)}}$. Seule la composante sur $\vec{y}$ a tendance à faire tourner la pièce.

Pour la suite on calculera uniquement l'action sur la colle due à cette composante $\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}$.

Pour simplifier le calcul, on modélise la réaction du film de colle pour empêcher cette rotation par une force tangente appliquée au point B et nommée $\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}$ (voir figure 132).

Figure 132 : Vue en coupe



Données :

Rayon OB : 6,75 mm

ou sous forme vectorielle

$$\overrightarrow{A_{y(4 \rightarrow 2)}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1670 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{T_{(3 \rightarrow 2)}} = \begin{pmatrix} 0 \\ -T \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rayon OA : 37 mm

$$\|\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}\| = 1670 \text{ N}$$

$$\overrightarrow{OA} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 37 \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{OB} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 6.75 \end{pmatrix}$$

Dans l'étude de l'équilibre de la pièce 2, on se limite à l'équation de moment en projection sur l'axe $\vec{x}$. Seules les actions $\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}$ et $\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}$ ont une composante non nulle sur $\vec{x}$ dans ce calcul.

Question 13.1 : A partir d'un calcul des moments en O, en projection sur l'axe des x, calculer

l'intensité de la force $\|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\|$.

Equilibre des moments en O en projection sur x.

$$M_O(\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}) + M_O(\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}) = 0$$

$$D'où \|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\| \times 6.75 - 61790 = 0$$

$$Or M_O(\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}) = \|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\| \times R_{OB}$$

$$Et \|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\| = 61790 / 6.75$$

$$M_O(\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}) = \|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\| \times 6.75$$

$$Soit \|\overrightarrow{T(3 \rightarrow 2)}\| = 9154 \text{ N}$$

$$Et M_O(\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}) = - \|\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}\| \times R_{OA}$$

$$M_O(\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}) = - 1670 \times 37$$

$$M_O(\overrightarrow{A_y(4 \rightarrow 2)}) = - 61790 \text{ N.m}$$

Le film de colle placé au niveau du contact cylindrique entre la pièce à usiner (2) et le mandrin de reprise (1) est sollicité au cisaillement.

Explications :

L'action de la pièce à usiner (2) et la réaction du mandrin de reprise sont de sens contraire. Le film de colle est cisailé.

La contrainte de cisaillement τ (tau) est supposée uniforme pour chaque surface élémentaire dS .

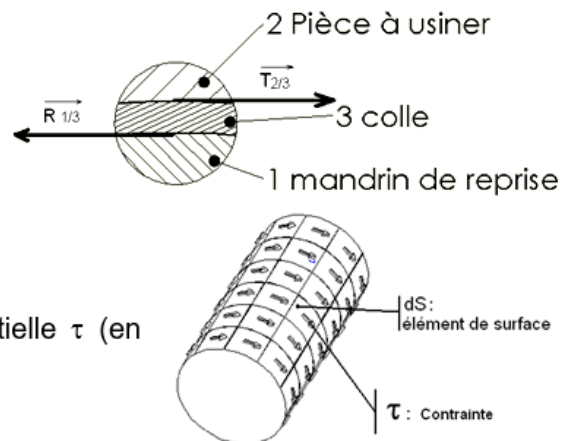
La formule de calcul de la contrainte tangentielle τ (en MPa) dans le cas particulier du cisaillement :



$$\tau = \frac{T}{S} \quad \begin{array}{l} T \text{ effort tangentiel (en N)} \\ S \text{ section cisailée (en mm}^2\text{)} \end{array}$$

□

Section S soumise au cisaillement : en faisant la somme de toutes les surfaces élémentaires dS , on obtient la surface encollée du cylindre de diamètre $\varnothing d = 13,5$ et hauteur $h = 68$.



Question 13.2 : Calculer la surface S soumise au cisaillement.

$$S = \pi \times d \times h \quad S = 3.14 \times 13.5 \times 68 \quad S = 2884 \text{ mm}^2$$

Débitmètre à turbine

Pour la suite du calcul et indépendamment des résultats précédents, on prend les données suivantes :

- La résistance au glissement (cisaillement) R_g de la colle dans les conditions de polymérisation fixées est : $R_g = 13 \text{ MPa}$.
- Coefficient de sécurité à prendre en compte : $s = 4$
- Effort tangentiel sur le film de colle : $\|T(3 \rightarrow 2)\| = 9200 \text{ N}$
- Section cisailée : $S = 2900 \text{ mm}^2$.

Question 13.3 : Calculer la contrainte tangentielle τ pour la colle.

On a $\tau = T / S$ soit $\tau = 9200/2900$ $\tau = 3.17 \text{ MPa}$

Question 13.4 : En tenant compte du coefficient de sécurité, calculer la résistance pratique au glissement admissible par la colle, notée R_{pg} .

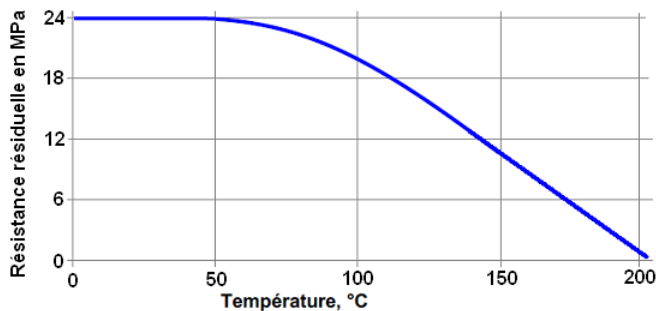
$R_{pg} = R_g / s$ $R_{pg} = 13/4$ $R_{pg} = 3.25 \text{ MPa}$

Question 13.5 : Vérifier la condition de résistance et conclure.

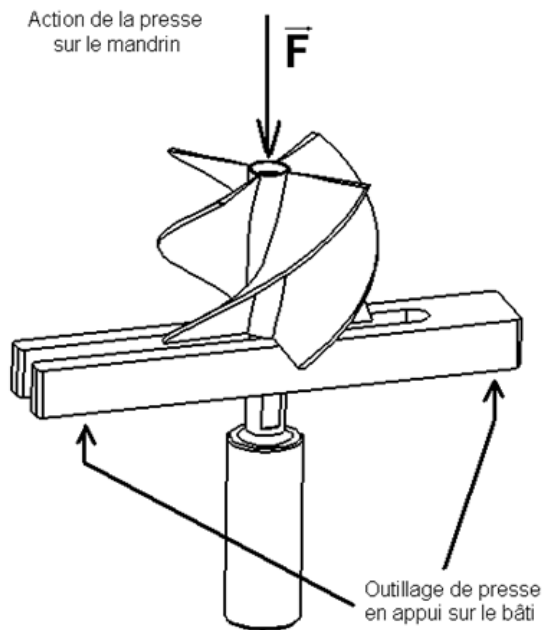
On doit avoir $\tau < R_{pg}$

On a bien : $3.17 < 3.25 \text{ MPa}$

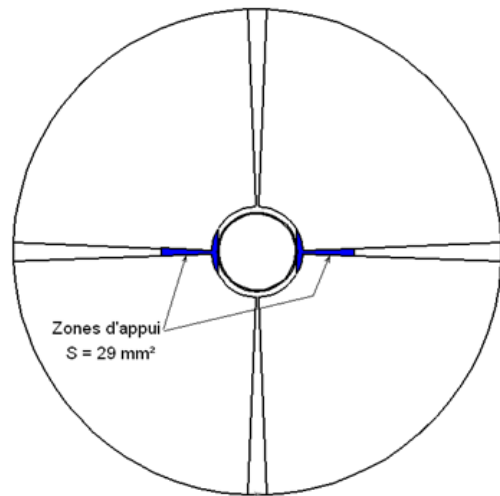
Question 13.6 : D'après le diagramme du document réponse, déterminer en MPa la valeur de la résistance résiduelle au moment du décollement sous-pressé. Faire le tracé sur la courbe. On appellera $\tau_{\text{résiduelle}}$ cette valeur.



$\tau_{\text{résiduelle}} = 1 \text{ MPa}$



Vue de dessous de l'hélice



D'après les calculs du technicien, la force axiale F à exercer sur le mandrin pour l'extraire est de 3000 N. La surface totale d'appui de l'hélice sur l'outillage de la presse est de 29 mm². La pression de matage admise pour le matériau est de : $\sigma_{\text{Admise}} = 120 \text{ MPa}$

Question 13.7 : Calculer la pression de matage sur l'hélice, notée p_{mat} .

Pression de matage $p_{\text{mat}} = F/S$

$$p_{\text{mat}} = 3000/29$$

$$p_{\text{mat}} = 103.4 \text{ MPa}$$

Question 13.8 : Vérifier la condition de résistance et conclure.

On doit vérifier $p_{\text{mat}} < \sigma_{\text{adm}}$

On a bien $103.4 < 120 \text{ MPa}$