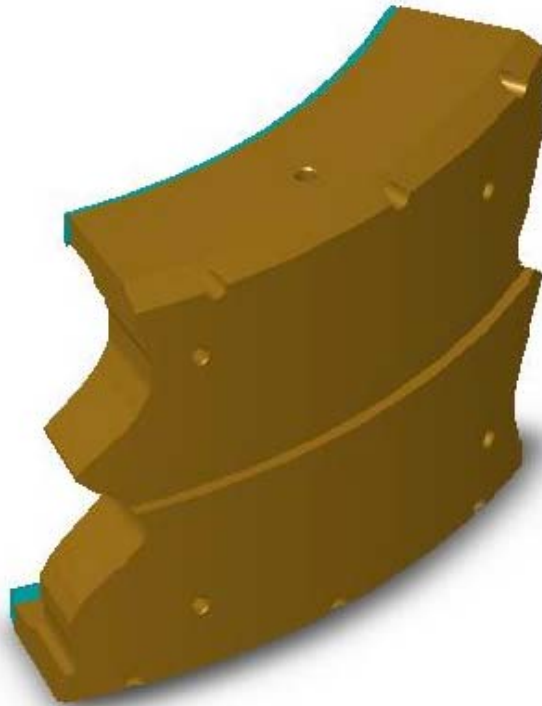


Epreuve

Composition sur les technologies de fabrication

Eléments de correction



Partie A : Etude de pré-industrialisation

Section A1 : Comparaison de la structure générale du moule

Question A1.1

Le document DT1 présente le fonctionnement du moule « conteneur ». Le principe est de mettre le pneu cru sur la coquille inférieure, de descendre la coquille supérieure et de fermer le moule radialement par la couronne qui pousse le CSP. Le démoulage s'opère dans le sens opposé.

Le moule CSO ne comporte que deux éléments et son principe de fonctionnement est plus simple que le précédent car il n'effectue qu'une translation verticale pour la fermeture.

Il est important de noter que la cinématique plus simple de ce moule permet des gains de réalisation par rapport au moule conteneur. Le moule conteneur devra assurer un positionnement radial plus précis que le moule CSO de par son principe de fonctionnement.

Dans les deux cas, l'élasticité du pneumatique est utilisée pour le démoulage.

Question A1.2

Le principe de fermeture met en évidence que le moule conteneur permettra de réaliser des sculptures de pneumatiques plus évoluées avec son mouvement radial pour la fermeture sur le sommet. De plus, les garnitures sont en une seule partie, ce qui facilitera la réalisation et le positionnement dans le moule. Ce type de moule sera donc plus adapté à la structure radiale où le sommet est traité différemment par rapport au flan.

Le principe de fermeture du moule CSO purement axial met en évidence que les sculptures du pneumatique ne doivent pas être trop complexes car le démoulage est réalisé par l'élasticité du pneumatique. De plus, la garniture est réalisée en deux parties, ce qui peut poser des problèmes de positionnement. Ce type de moule sera plus adapté pour les pneumatiques conventionnels qui ont un sommet plus souple facilitant le démoulage.

Section A2 : Etude technico-économique de deux procédés d'obtention des garnitures

Question A2.1

Le nombre de lamelles est de plus en plus important dans une sculpture et elles ne sont pas positionnées dans une seule direction. Tout ceci nécessite des techniques d'obtention de garnitures de plus en plus sophistiquées.

Tout d'abord, réalisation d'une matrice en résine à plat avec pose des lamelles provisoires (ph100). Cette matrice représente la sculpture du pneumatique, les lamelles provisoires permettent d'assurer des fentes dans l'empreinte en silastène pour la mise en place des lamelles définitives. Ces empreintes à plat, sont montées en berceau pour obtenir la forme du pneumatique (ph200). Ensuite, un moulage au plâtre est obtenu, les lamelles sont solidaires du plâtre, ceci est rendu possible grâce à l'élasticité du silastène. Cette étape est nécessaire car le silastène ne peut résister en température à la coulée pour l'obtention de la cloche en aluminium(ph400). Cette cloche représente le moule en négatif avec toutes les lamelles. Il doit être découpé et assemblé pour obtenir l'empreinte de tout le pneumatique (ph500).

Question A2.2

La réalisation de la matrice de développement nécessite l'obtention de la matrice en résine et de l'empreinte en silastène. Ceci représente les quatre premières opérations. Pour la matrice de duplication, elles n'ont pas besoin d'être renouvelées car elles sont réutilisables, cela entraîne donc une économie de 3420 euros à partir de la seconde matrice.

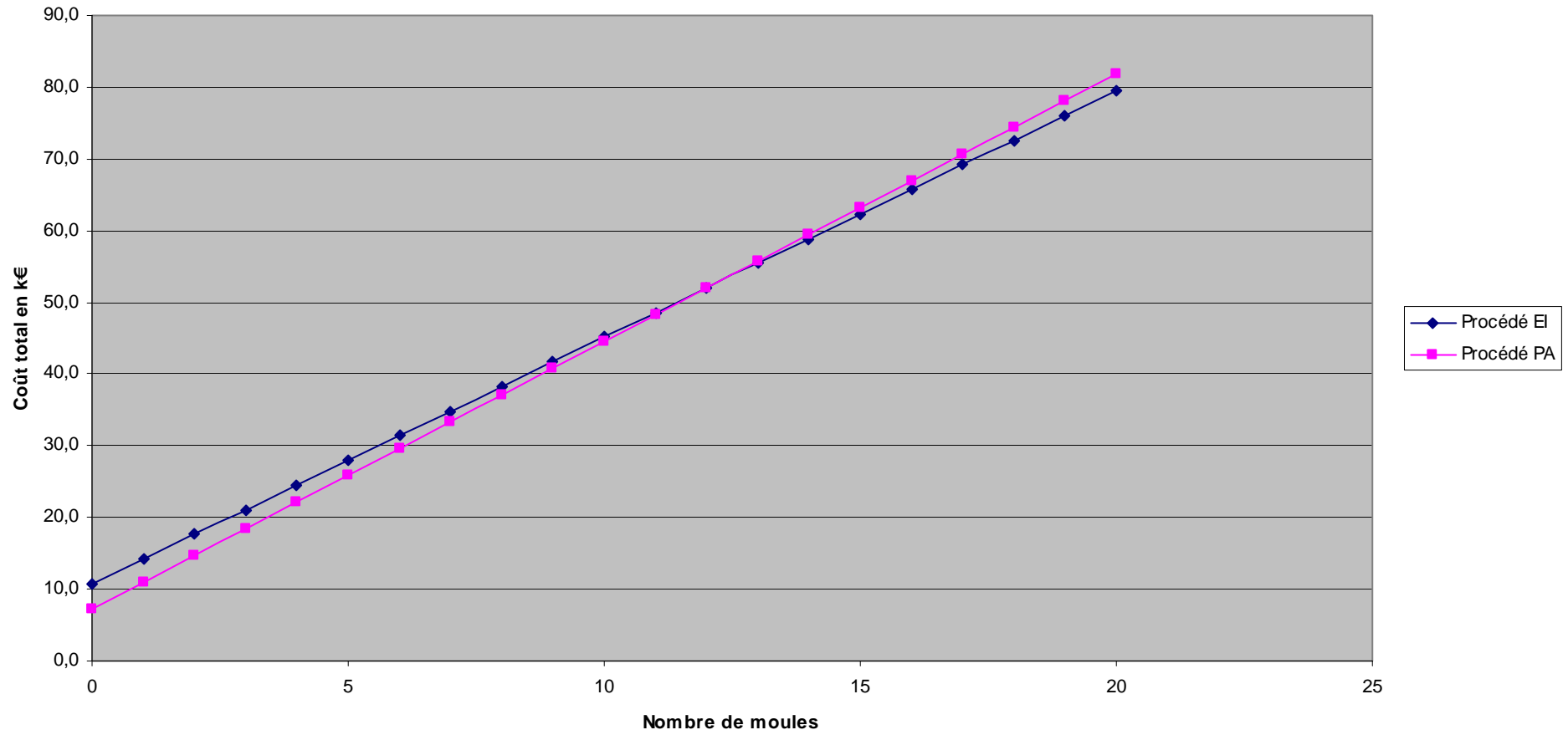
Question A2.3

La réalisation de la matrice de développement conduit à un coût de 7155 euros et celle de duplication de 3735 euros.

Le tableau ci-dessous montre l'évolution des coûts en fonction du nombre de matrices réalisées. Il apparaît que jusqu'à 12 matrices de duplication, le procédé PA est plus avantageux économiquement. Il sera donc privilégié pour des productions plus faibles et des pneumatiques avec une très forte technicité.

		Coût en k€	
		Procédé EI	Procédé PA
	Nombre de matrices de duplication		
Développement	0	10,8	7,2
Duplication	1	14,2	10,9
	2	17,7	14,6
	3	21,1	18,4
	4	24,5	22,1
	5	28,0	25,8
	6	31,4	29,6
	7	34,8	33,3
	8	38,3	37,0
	9	41,7	40,8
	10	45,1	44,5
	11	48,5	48,2
	12	52,0	52,0
	13	55,4	55,7
	14	58,8	59,4
	15	62,3	63,2
	16	65,7	66,9
	17	69,1	70,7
	18	72,6	74,4
	19	76,0	78,1
20	79,4	81,9	

DRA1 : Coût comparatif EI/PA = f(nombre de moules)



Section A3 : Etude de la garniture

Question A3.1

A partir de l'hypothèse faite sur un flux de chaleur unidimensionnel à travers un barreau isolé. La longueur du matériau sous l'effet de la température est donnée par :

$$L(T) = L(T_0) + \alpha L(T_0) (T - T_0).$$

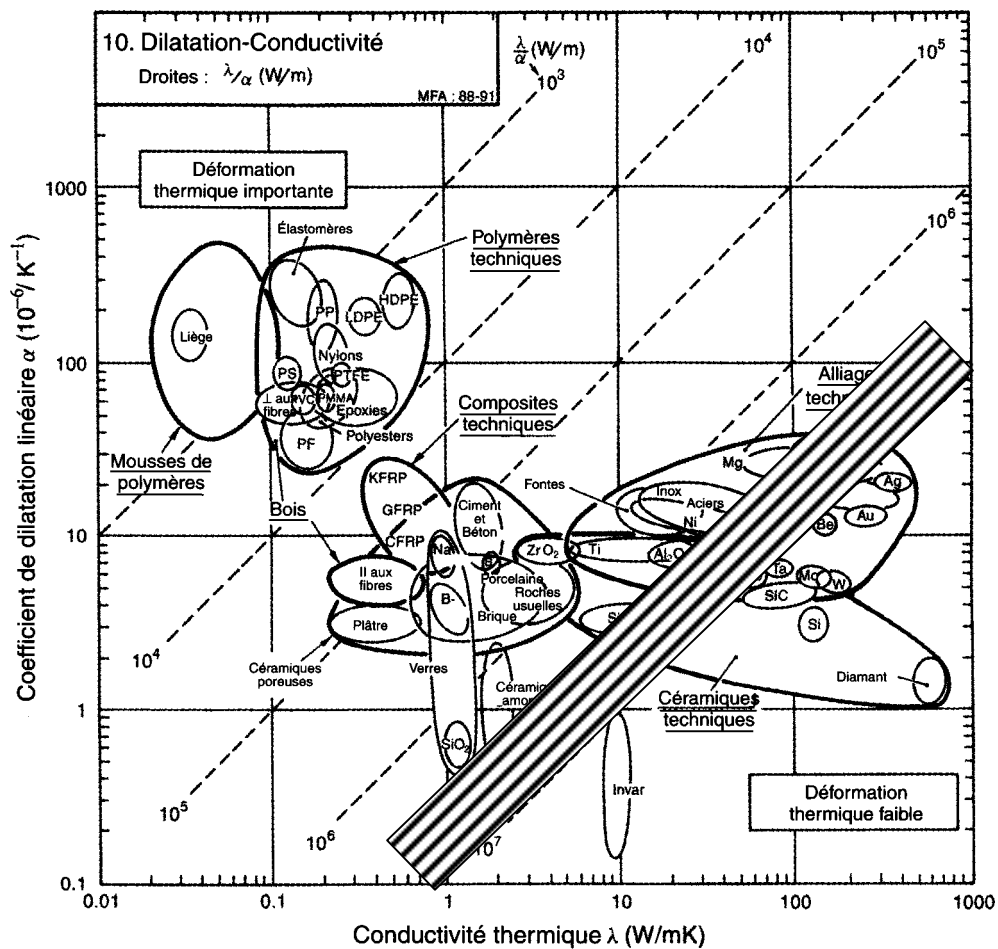
La déformation du matériau est donnée par : $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L(T_0)} = \alpha (T - T_0)$.

La distorsion est proportionnelle au gradient de déformation : $\frac{d\varepsilon}{dx} = \alpha \frac{dT}{dx} = \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)q$.

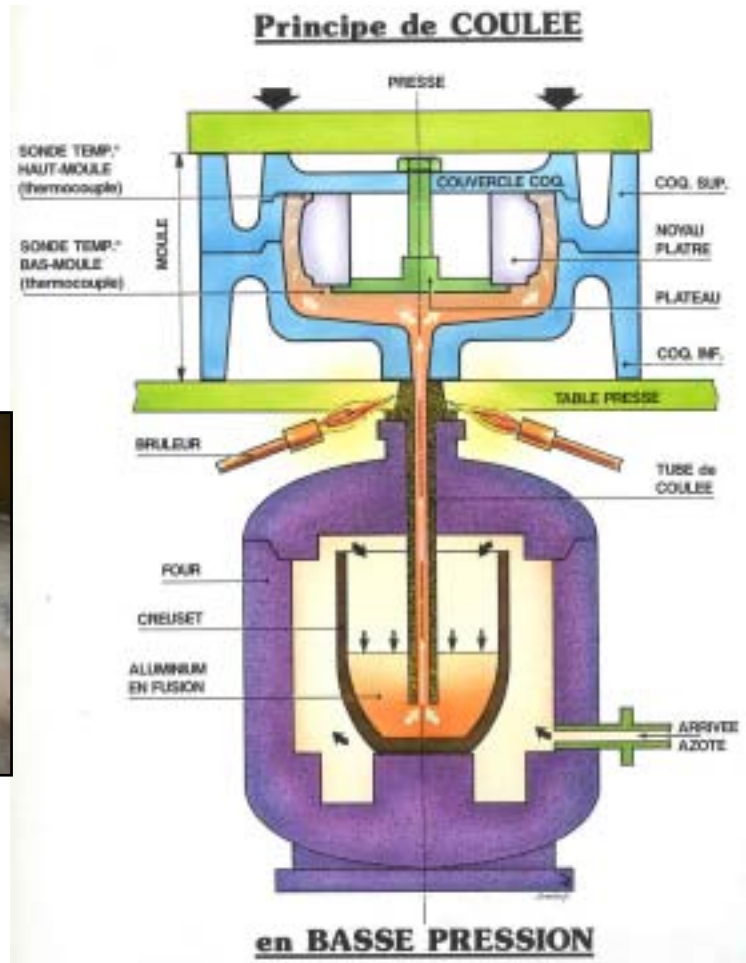
Ainsi, pour une géométrie et un flux de chaleur donnés, la distorsion est minimale en choisissant un matériau ayant une grande valeur de l'indice : $M_1 = \frac{\lambda}{\alpha}$.

Question A3.2

A partir du diagramme ci-dessous, qui est le seul à être adapté à notre cas, nous pouvons en déduire que la droite $\frac{\lambda}{\alpha} = 10^7 W.m^{-1}$ permet d'isoler une zone d'investigation. Le matériau qui peut être moulé est un alliage d'aluminium, le coefficient de dilatation linéaire minimum vaut : $\alpha = 20 \cdot 10^{-6} K$ et la conductivité thermique $\lambda = 200 W/mK$.



Question A3.3

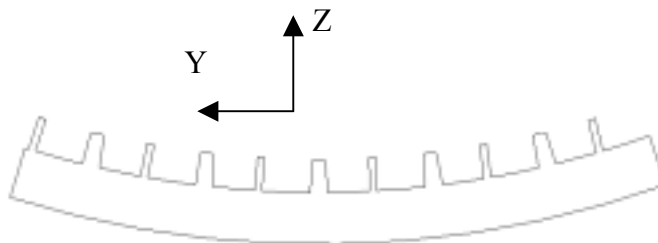


Section A4 : Etude de faisabilité technique d'un nouveau procédé de réalisation des garnitures

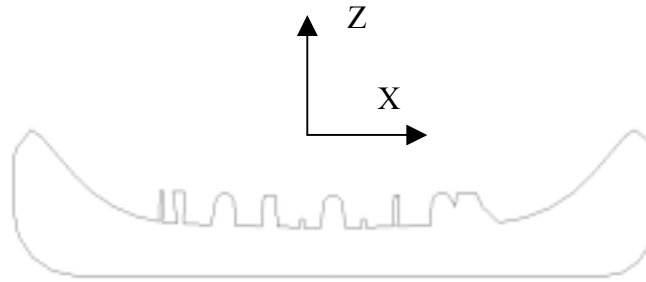
Question A4.1

Sur le document technique DTA7 on voit que les cordons circulaires et radiaux sont dépouillés. Les figures ci-dessous présentent le positionnement de la pièce sur la machine (en position initiale $A=0$, $C=0$).

Section B-B



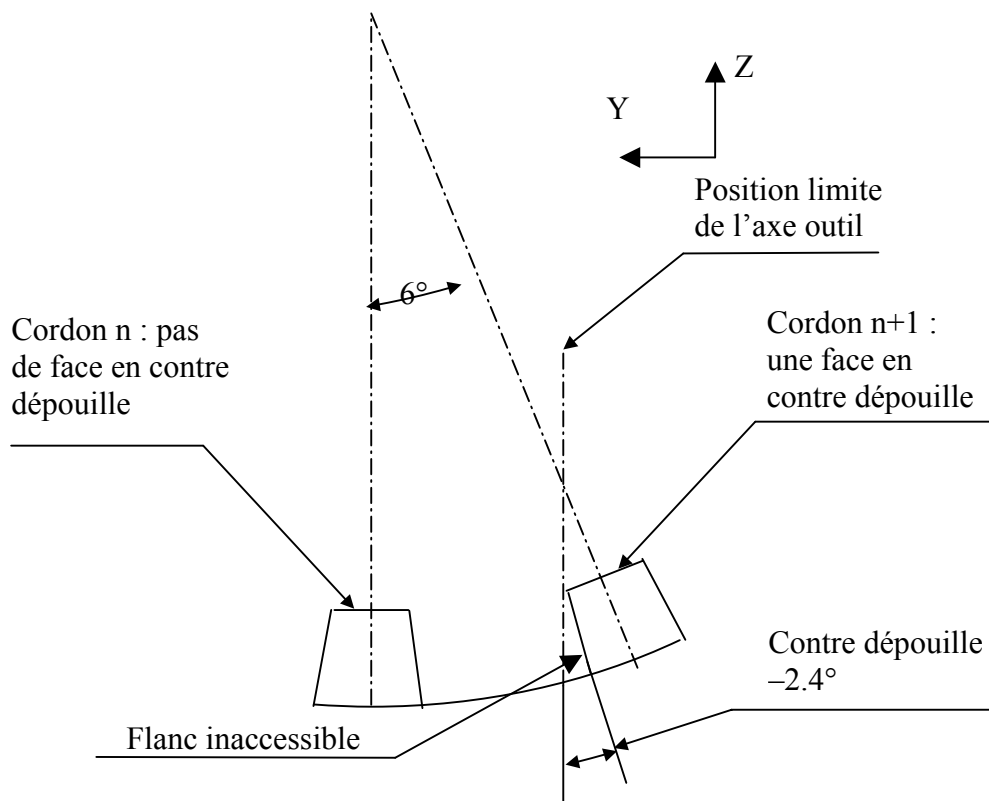
Section A-A



Les cordons circulaires sont dépolis à 7.5° mais sont positionnés sur une partie du sommet dont la pente est inférieure à 2° . Il n'y a donc aucune contre dépolie. C'est d'ailleurs ce qui justifie le positionnement retenu de la pièce sur la machine.

Par contre sur la section B-B on voit que les cordons radiaux sont dépolis à 3.6° et sont positionnés sur un arc de cercle de 36° . On se retrouve donc dans une situation où il est nécessaire d'opérer des positionnements en rotation d'axe A de la machine pour ne pas être confronté à des problèmes de contre dépolie.

Sur la vue 1 du document technique DTA7 on peut voir que les cordons radiaux se positionnent angulairement à 6° les uns par rapport aux autres. Montrons qu'entre 2 cordons voisins, il faudra opérer un positionnement plateau (rotation d'axe A) pour ne pas se retrouver en contre dépolie.



La figure ci-dessus montre qu'entre 2 cordons voisins il est nécessaire d'opérer une rotation d'axe A du plateau de +/-6° en relatif.

Il faudra donc raisonner de la même manière au niveau du logiciel de F.A.O. en réalisant un fractionnement par « secteur » du modèle. Entre 2 secteurs voisins, on devra déclarer une nouvelle orientation de l'axe outil, ce qui permettra la génération des instructions de rotation plateau machine.

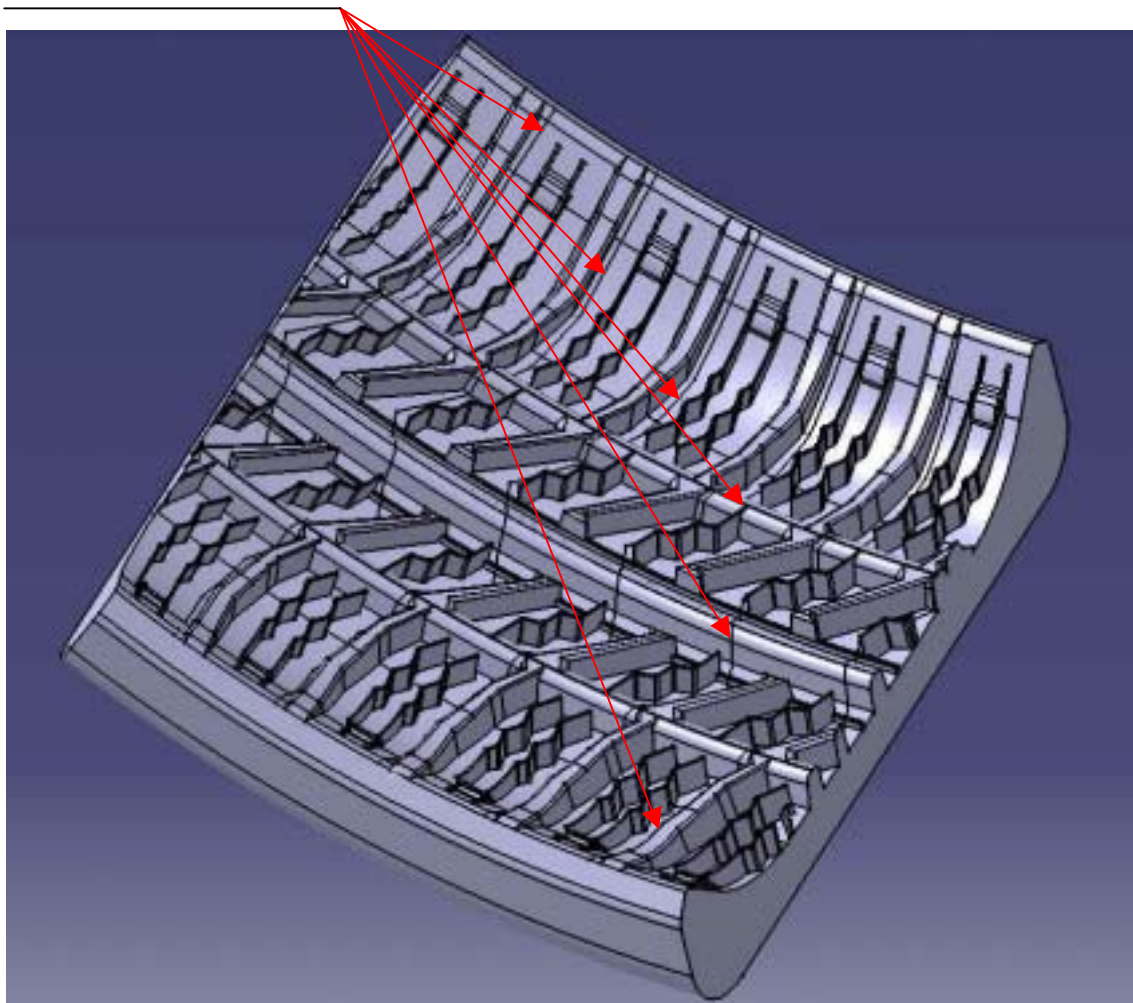
Condition n°1 : la génération des trajectoires outils de l'ensemble des cordons définis dans un fractionnement doit être effective en 3 axes (pas de contre dépouille).

Condition n°2 : prise en compte de l'une des hypothèses du document technique DTA7 : toute entité CAO de type rainure, destinée à recevoir une lamelle, doit apparaître (entièrement) sur un seul des fractionnements du modèle à opérer lors de la génération des trajectoires F.A.O..

D'ou la représentation ci-dessous :

FRACTIONNEMENT F.A.O. DU MODELE

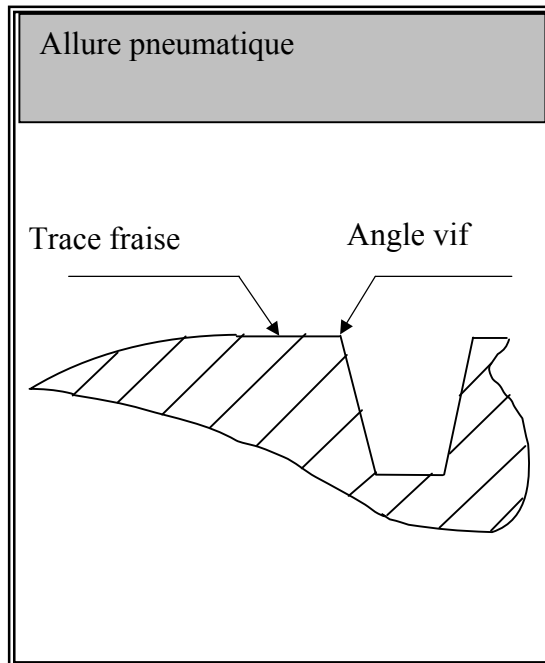
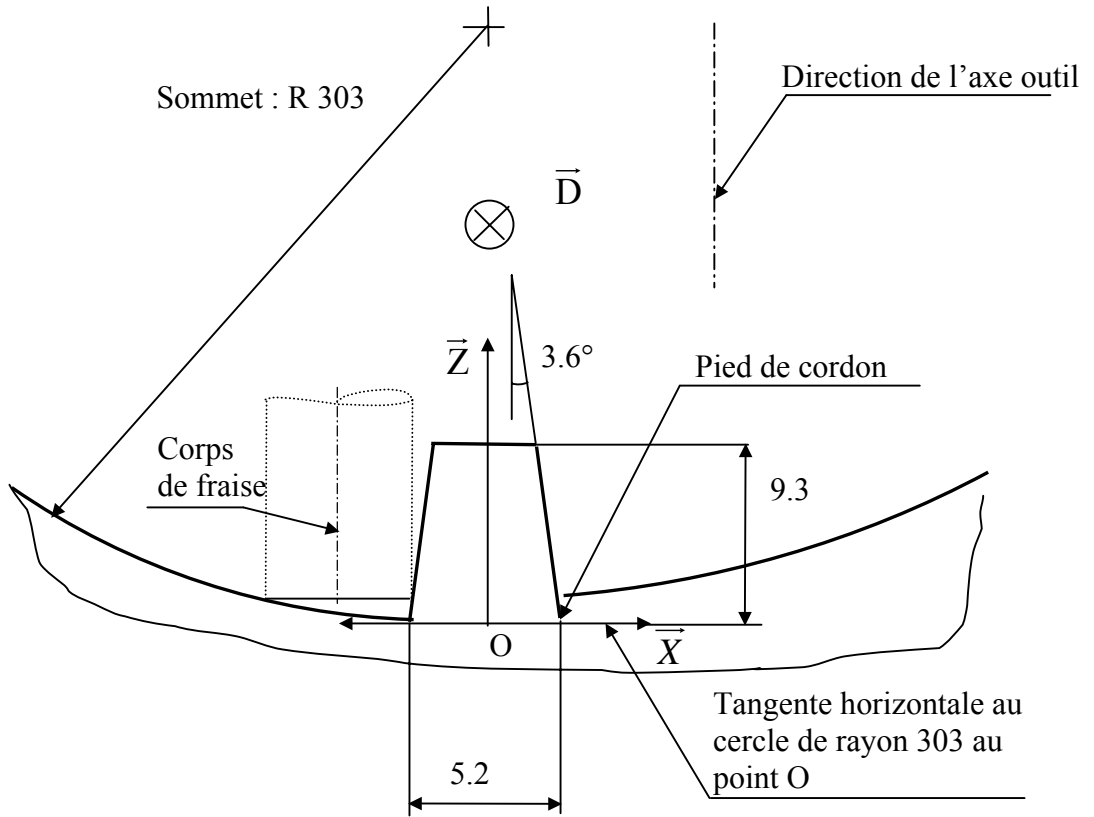
Courbes de séparation



Question A4.2

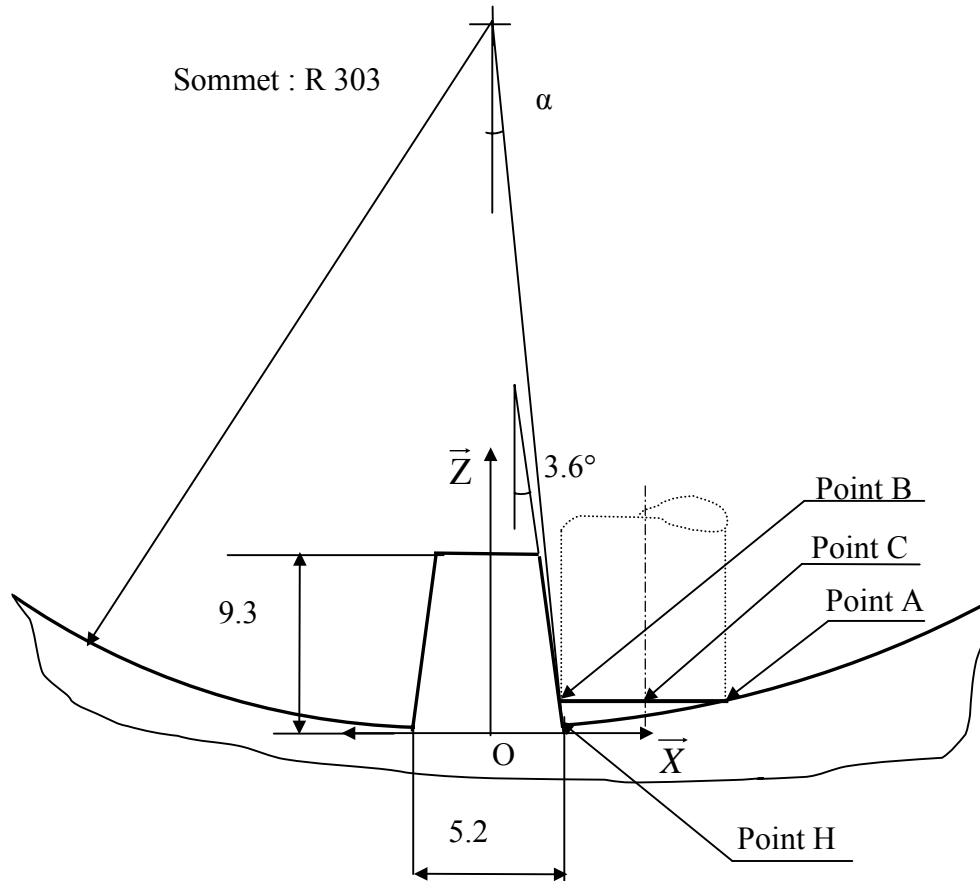
Usinage finition d'un pied de cordon

Finition avec fraise à fond plat :



Remarque : hachures sur coupe partielle non représentées

Question A4.3



Le calcul se résume donc à calculer la différence de hauteur entre le point H (point théorique du profil) et le point B représentés ci-dessus.

Soit (X_i, Z_i) le système de coordonnées du point i dans le repère ci-dessus.

Posons $Z_A = Z_B = Z_C = b$.

Soit r le rayon de la fraise.

Le point A appartient au cercle d'équation : $X^2 + (Z - 303)^2 = 303^2$

$$\text{D'où : } \underline{(X_c + r)^2 + (b - 303)^2 = 303^2 \quad (1)}$$

Le point B appartient à la droite (d) d'équation : $Z = -(\tan 86.4) * X + K$; $K = \text{constante}$.

Déterminons K : on a $\sin \alpha = \frac{2.6}{303} \Rightarrow \alpha \approx 0.49^\circ$

Exprimons les coordonnées du point H : $H \left| \begin{array}{c} 2.6 \\ 303 * (1 - \cos 0.49) \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c} 2.6 \\ 0.011 \end{array} \right|$

Or, le point H appartient à la droite (d), d'où : $0.011 = (-\tan 86.4) * 2.6 + K \Rightarrow K \approx 41.33$

$$\text{D'où : } \underline{b = (-\tan 86.4) * (X_c - r) + 41.33 \quad (2)}$$

On sait que $r=1\text{mm}$, d'où (2) $\Rightarrow b = (-\tan 86.4) * X_c + \tan 86.4 + 41.33$

Soit : $X_c \approx 3.6 - 0.063 * b$

En reportant ce résultat dans l'équation (1), il vient :

$$(1) \Rightarrow (4.6 - 0.063 * b)^2 + (b - 303)^2 = 303^2$$

$$\Leftrightarrow 21.16 + \varepsilon * b^2 - 0.58 * b + b^2 - 606 * b + 303^2 = 303^2$$

On peut négliger le terme $\varepsilon * b^2$, ce qui nous ramène à la résolution d'une équation du second degré de la forme : $b^2 - 606.58 * b + 21.16 = 0$

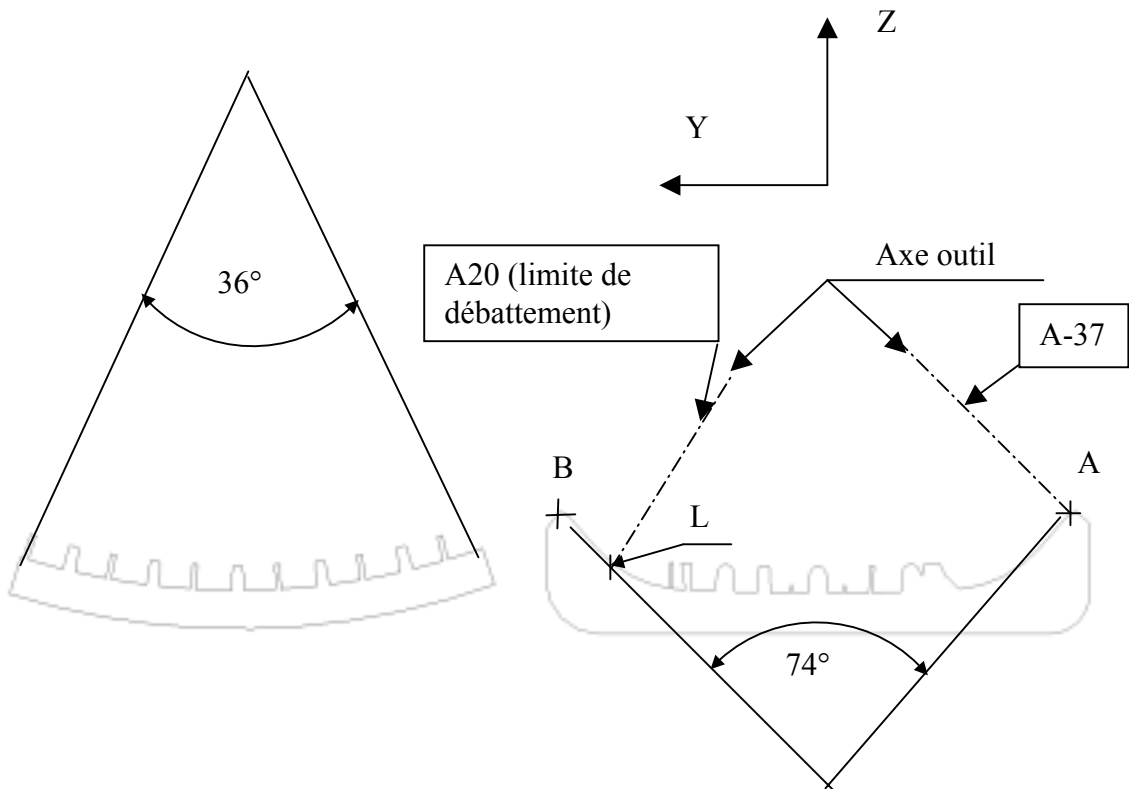
La solution qui convient est : $b_1 = 0.035\text{mm}$

Enfinement, on obtient une différence de profondeur $d_p = 0.035 - 0.011 = 0.024\text{mm}$

Question A4.4

Le fait de travailler en 5 axes continu, avec un outil normal à la surface à usiner, implique que tout point de la surface soit accessible en orientation d'outil. Le document technique DTA8 donne une plage de variation de l'angle de pivotement A de -100° à $+20^\circ$.

Or, si l'on consulte les caractéristiques de la garniture sur le document technique DTA7, on voit qu'il est nécessaire de prendre en compte 2 angles remarquables :



Ces 2 angles nous donnent les débattements angulaires maximums.

L'angle le plus « pénalisant » est l'angle de 74° . Sur la figure ci-dessus, les représentations de l'axe outil font apparaître que pour réaliser, par exemple, un balayage du point A au point B, si la machine outil n'avait pas de limite de débattement, on passerait d'une instruction de pivotement de l'axe A : A-37 à A+37.

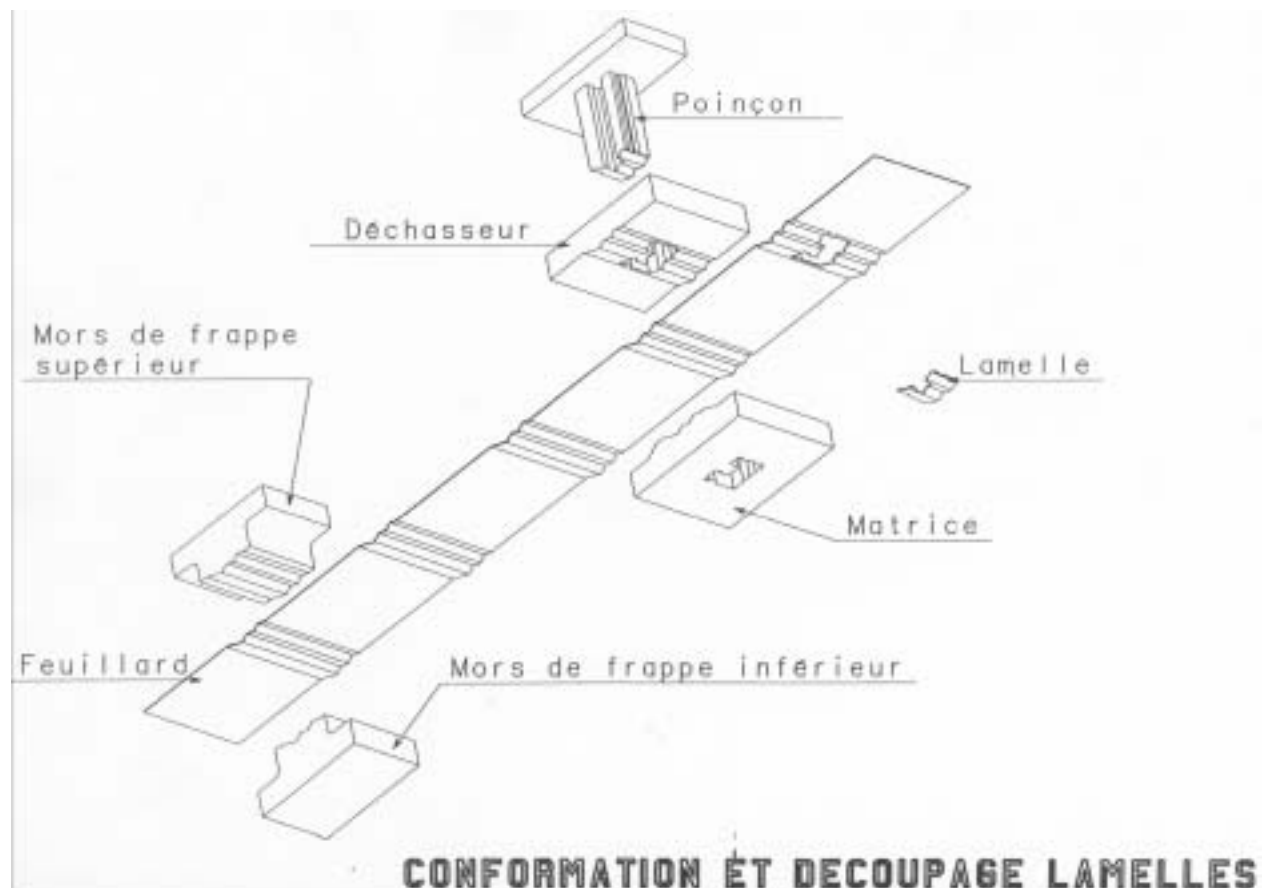
Or, sur le document technique DTA8 on voit que la machine est limitée à $+20^\circ$ en pivotement suivant l'axe A. Le point L représente donc la limite de débattement. Pour générer la trajectoire d'usinage du point L au point B, le post-processeur va, au niveau du point L, générer une instruction de pivotement de l'axe C : C180. L'usinage pourra ainsi se poursuivre.

Par contre, on voit bien que cette instruction de pivotement, sans dégagement de l'outil, va marquer la surface.

Une solution pourrait être d'utiliser, par exemple, un montage à 45° pour réaliser la mise en position de la pièce (passage d'une instruction de pivotement de l'axe A de A-82 à A8).

Section A5 : Etude des lamelles

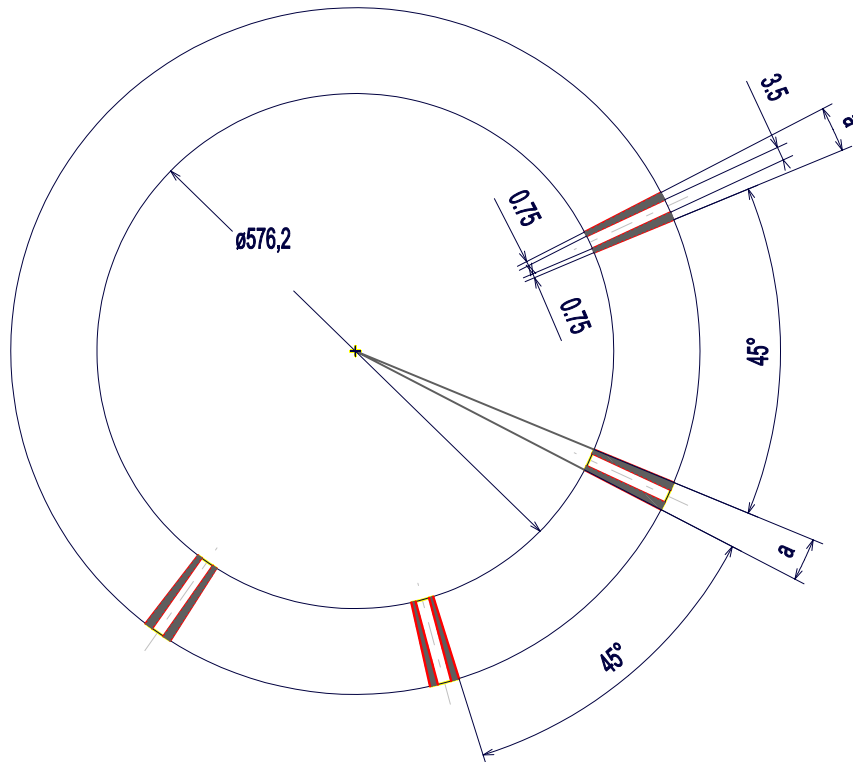
Question A5.1



Section A6 : Etude du support de garniture (CSP)

Question A6.1

Détermination du nombre de secteurs réalisables dans une couronne



$$\tan\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{0.75 + (3.5/2)}{576.2/2} = 0.0086$$

$$\frac{a}{2} = 0.497^\circ$$

$$a \approx 1^\circ$$

Pour réaliser 8 secteurs dans une couronne, il faut faire 8 découpes.

Une découpe correspond a un secteur angulaire a de 1°.

Il sera donc possible de réaliser au maximum 7 secteurs de 45° et un secteur de 37° (45°-8°) qui sera une chute.

Par conséquent, il sera nécessaire d'usiner 2 couronnes pour faire un moule.

Question A6.2

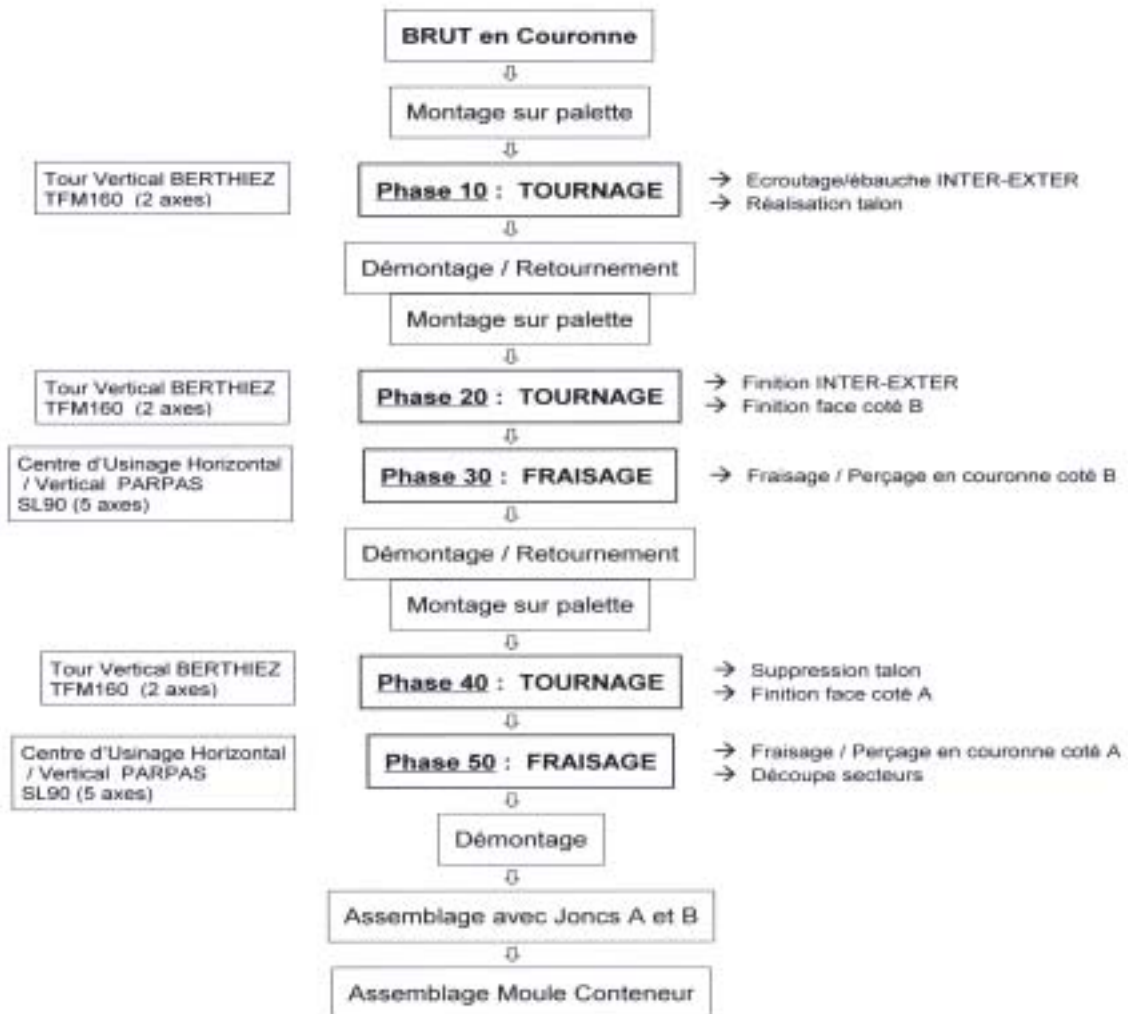
Génération du moule	Zones de portées	Avantages	Inconvénients
<i>1ère GENERATION</i>	<i>Portée sur les faces du support</i>	<i>Moule 2 pièces (support en 2 parties)</i>	
			<i>Réalisation de 2 couronnes pour obtenir un moule de 8 secteurs</i>
			<i>Coût matière en plus et temps d'usinage des 2 couronnes</i>
			<i>Gamme d'usinage complexe et longue (tronçonnage de la couronne et assemblage)</i>
			<i>Les faces portantes sont réusinées individuellement pour assurer les spécifications demandées (zones de portées)</i>
			<i>Sur les faces de secteurs, les dégagements sont obtenus par contournage en fraisage</i>
<i>2ème GENERATION</i>	<i>Portée sur les Joncs A et B ainsi que sur les faces du support</i>		<i>Moule 3 pièces (jonc A, jonc B et support)</i>
			<i>Réalisation de 2 couronnes pour obtenir un moule de 8 secteurs</i>
			<i>Coût matière en plus et temps d'usinage des 2 couronnes</i>
			<i>Réalisation de 2 couronnes pour obtenir un moule de 8 secteurs</i>
			<i>Les joncs A et B sont assemblés pour l'usinage individuel des secteurs</i>
			<i>Sur les faces de secteurs, les dégagements sont obtenus par perçage de trous sécants</i>
<i>3ème GENERATION</i>	<i>Portée sur les Joncs A et B</i>		<i>Moule 3 pièces (jonc A, jonc B et support)</i>
		<i>Réalisation d'1 couronnes pour obtenir un moule de 8 secteurs</i>	
		<i>Pas de reprise pour usiner les faces portantes</i>	
		<i>Les joncs A et B sont assemblés après la découpe des secteurs sans être réusinés</i>	

Question A6.3

Le jonc est réalisé en 25 CrMo 4 et traité à 900Mpa. C'est un acier allié à bas pourcentage de carbone qui résiste bien aux chocs. Ce choix est pertinent car le jonc doit assurer le positionnement des secteurs les uns par rapport aux autres et donc subir des chocs. Afin d'obtenir la résistance demandée, il est nécessaire de faire une trempe dans la masse et un revenu.

Question A6.4

Gamme de fabrication des supports de garniture «3ème Génération»



La gamme de fabrication est identique au support de garniture de «2ème Génération», à la différence près, que les surfaces portantes des secteurs ne sont pas reprises (suppression de la phase 60) .

De plus, les 8 secteurs sont réalisés dans une même couronne.

PARTIE B : Etude d'industrialisation.

Section B1 : Implantation de ligne

Question B1.1

La couronne brute du support de garniture (modèle étudié) pèse environ 200 Kg. La manutention de cette pièce nécessite l'utilisation d'un palan et d'élingues.

Les temps de montage, de démontage, de retournement deviennent très importants (plusieurs heures selon les modèles) . Dans une démarche de productivité, il est donc impératif de **réduire ces temps** . L'utilisation d'une ligne flexible palettisée permet :

⇒ ***de minimiser le nombre de montages/démontages des couronnes,***

exemple : pas démontage entre la phase 20 et la phase 30, ainsi qu'entre la phase 40 et la phase 50 . En effet, la palette qui équipe le tour vertical BERTHIEZ se monte également sur le centre d'usinage 5 axes PARPAS.

La solution de fabrication dans un atelier non palettisé nécessite 5 montages de pièces au lieu de 3 sur la ligne flexible.

⇒ ***de travailler en temps masqué,***

La ligne flexible disposant de plusieurs palettes, il est alors possible pour l'opérateur d'effectuer un montage/démontage, en temps masqué, d'une autre couronne ou d'un autre modèle de couronne.

⇒ ***de minimiser les temps de transfert de pièce*** du tour vertical vers le centre d'usinage 5 axes,

⇒ ***de standardiser les éléments de mise en position et de maintien en position.***

Les palettes de forme circulaire sont équipées de rainures rayonnantes qui facilitent la standardisation de brides, de cales, de butées, de supports.....

Section B2 : Etude de la Phase 10 sur Tour Vertical BERTHIEZ TFM 160

Question B2.1

Signification des sens X- et X+

. Le tour vertical BERTHIEZ est constitué d'une traverse (axe Z), d'un chariot porte-outil de traverse (axe X) et d'un coulant droit maintenant le porte-outil . Deux types de porte-outil peuvent se monter sur ce coulant (voir **document réponse DRB1** et **document technique DTB3**).

Le porte-outil, déporté du côté gauche, permet de monter horizontalement un corps d'***outil de tournage extérieur*** autorisant la réalisation d'usinages extérieurs ou d'usinages intérieurs (le diamètre de ces usinages étant très important > 350 mm, il n'y a aucun risque de talonnage) .

Les deux types de porte-outils permettent également de monter verticalement un corps d'***outil de tournage extérieur*** autorisant la réalisation d'usinages extérieurs (dressage de face, chariotage, contournage).

Ainsi les usinages pourront être réalisés du côté $X+$ ou du côté $X-$.

L'incidence sur la programmation sera :

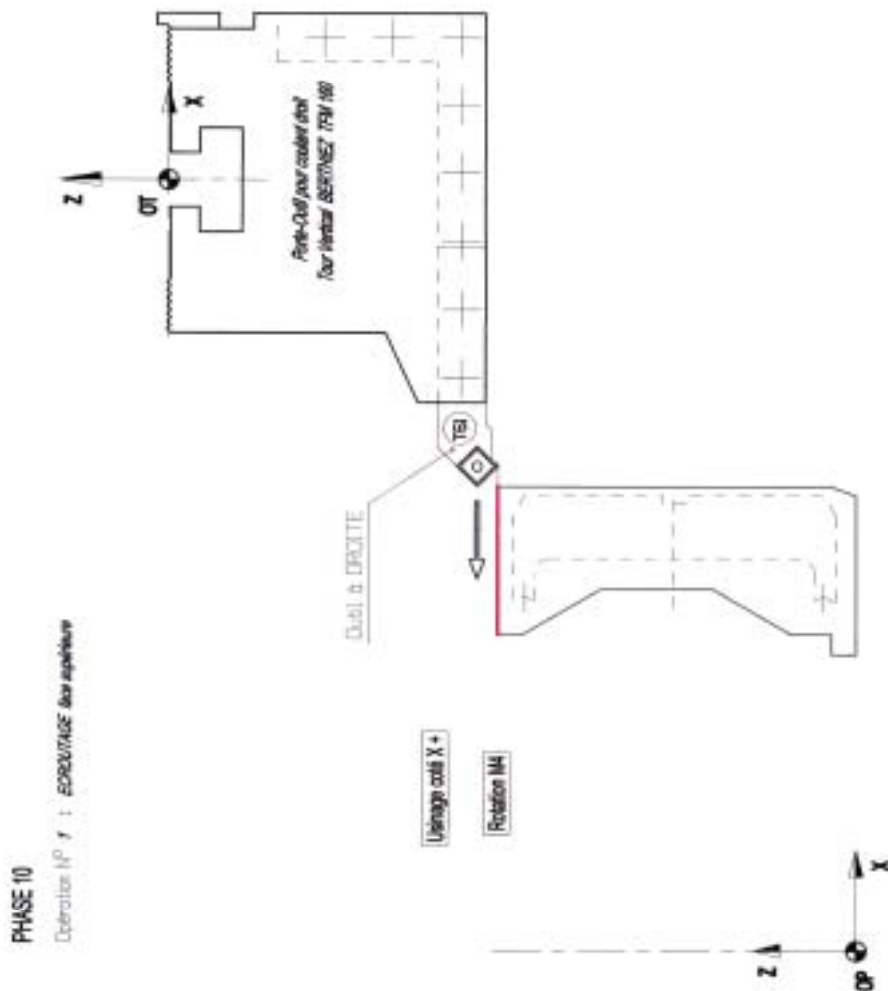
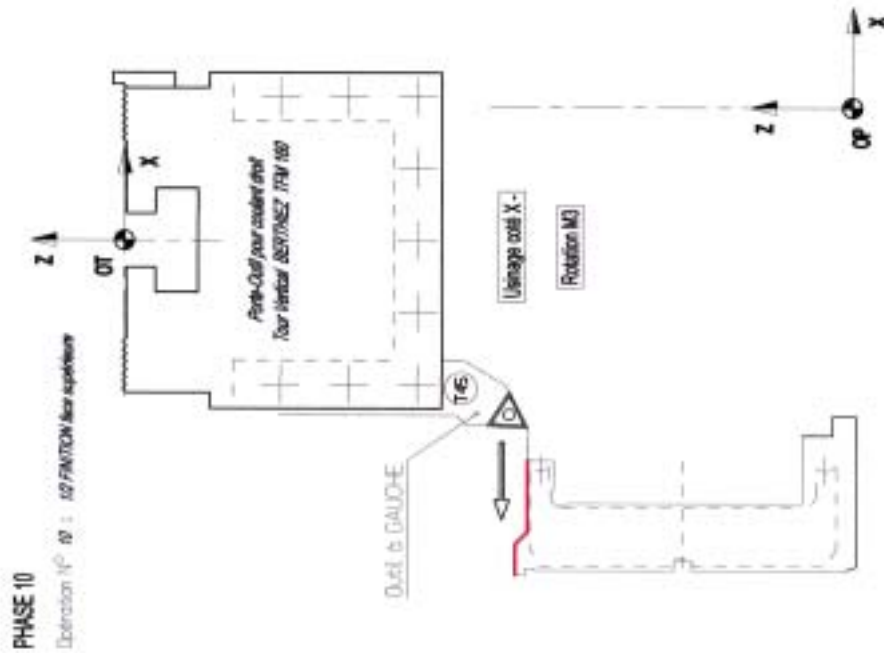
Le sens de déplacement se fera en $X+$ ou en $X-$.

Le sens de rotation se fera en $M3$ (sens trigonométrique) ou en $M4$ (sens horaire) *.

La correction de rayon se fera à **DROITE** ou à **GAUCHE** du profil suivant la direction de l'avance.

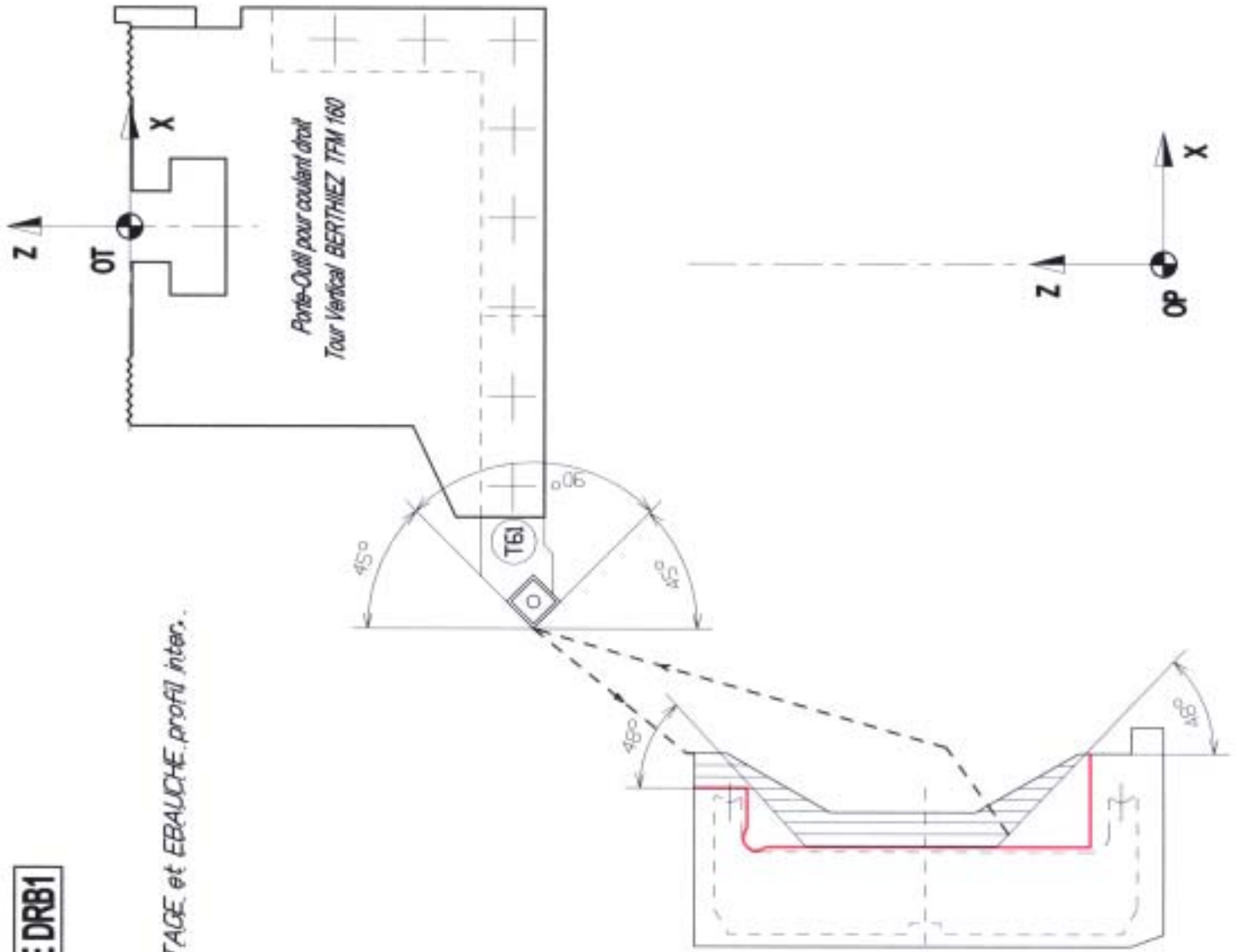
* suivant le montage des outils à l'endroit ou à l'envers.

Voir exemple ci après, phase 10 (opération 1 et 10) :



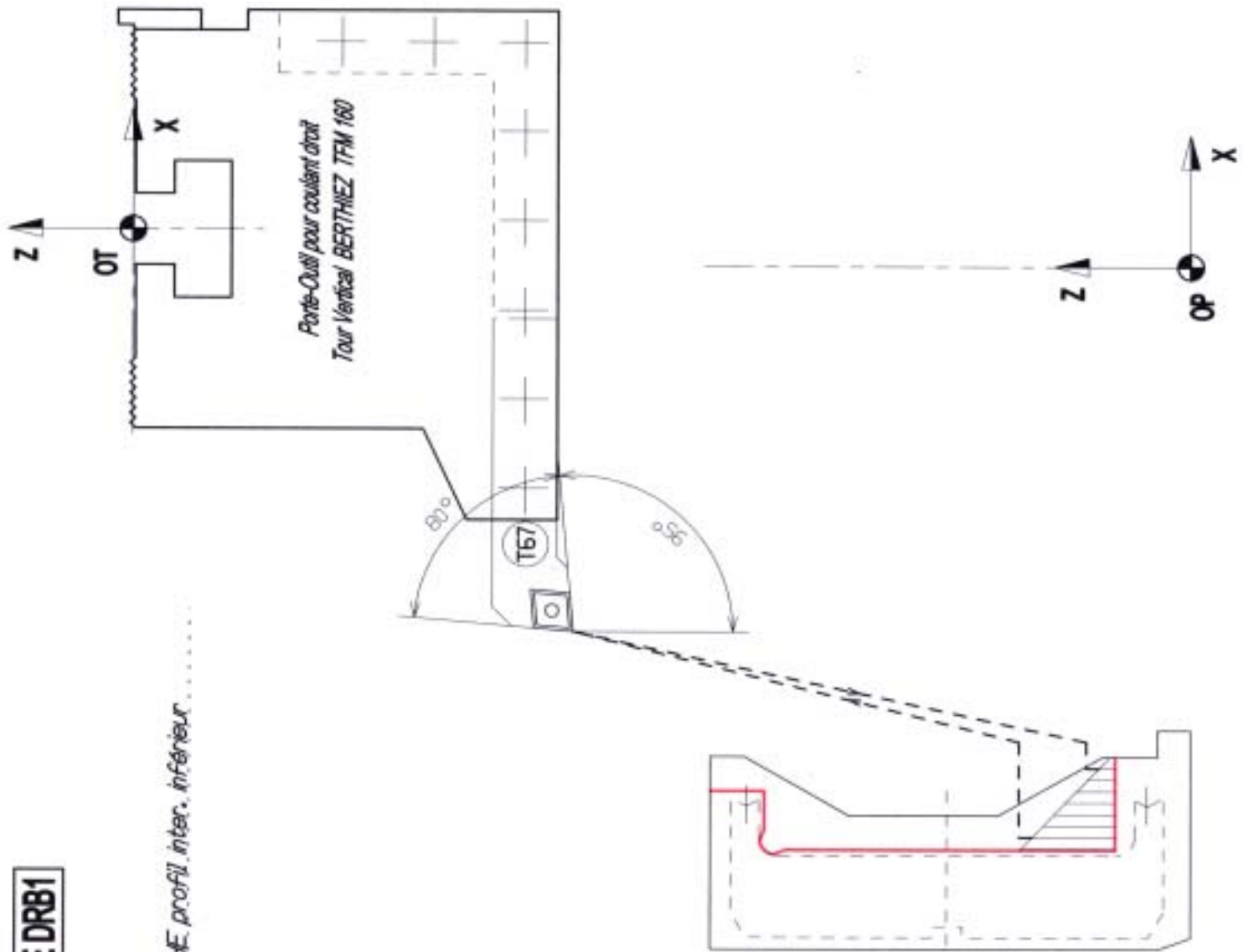
PHASE 10

Opération N° 3 : *ECROUissage et EBAUCHAGE profil inter.*



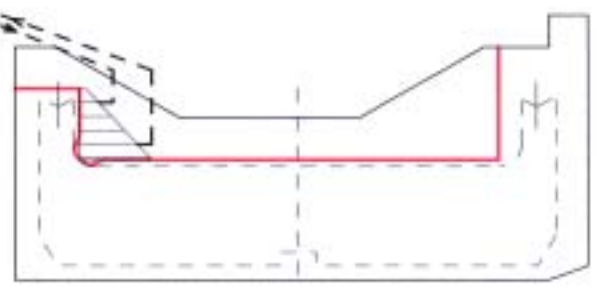
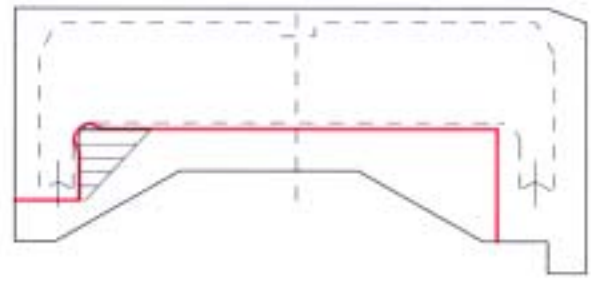
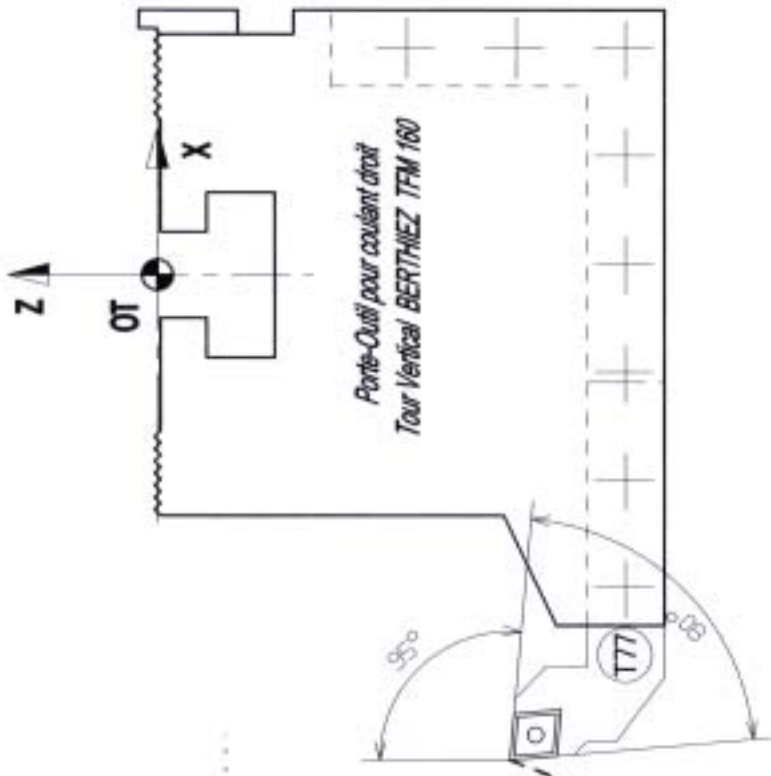
PHASE 10

Opération N° 4 : *EBAUCHE profil inter. inférieur*



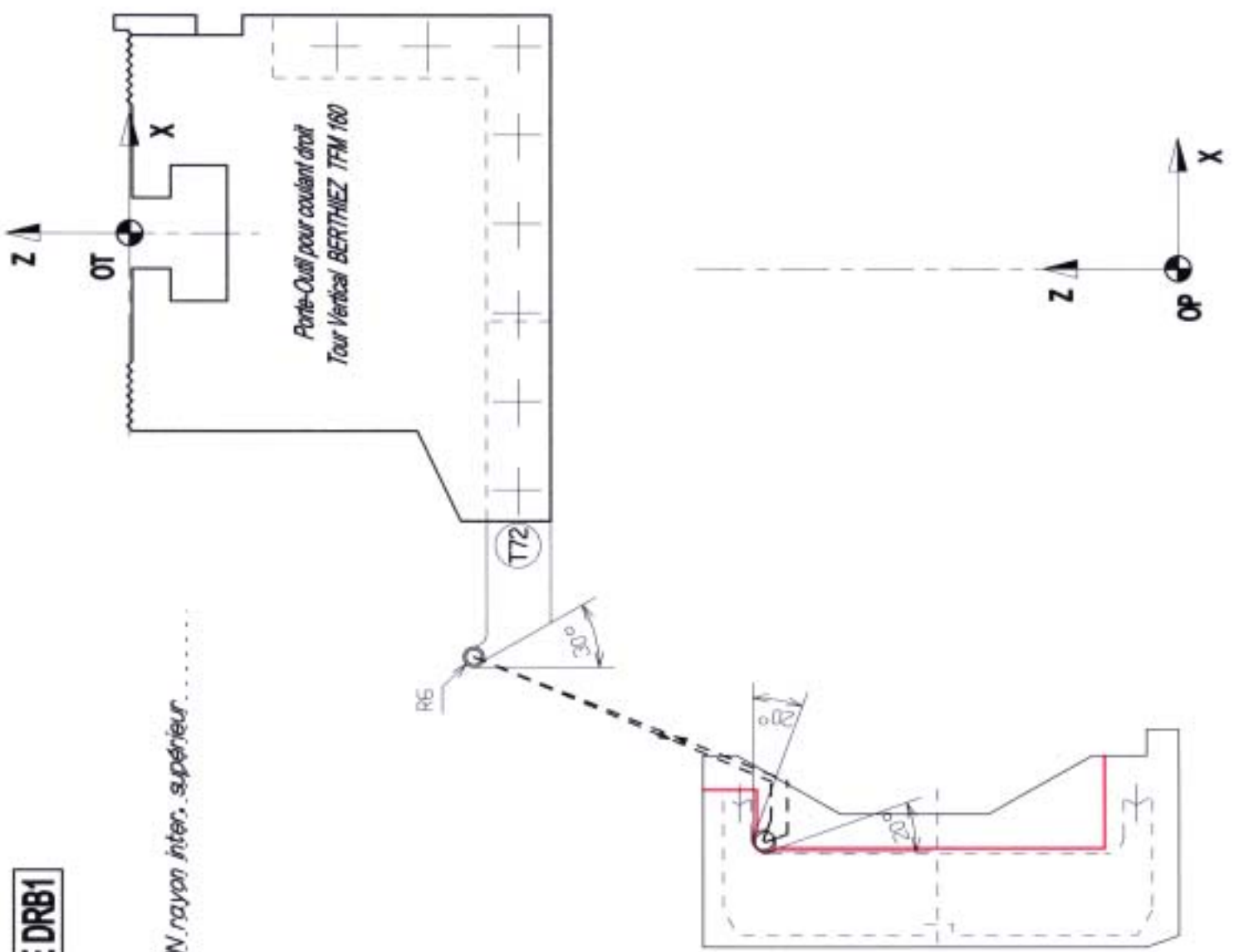
PHASE 10

Opération N° 5 : *EBAUCHE profil inter. supérieur*



PHASE 10

Opération N° 8 : *FINITION rayon inters. supérieur*



Section B3 : Etude de la Phase 20 sur Tour Vertical BERTHIEZ TFM 160

Question B3.1

On s'intéresse plus particulièrement aux opérations réalisées avec l'outil **T44** de la **Phase 20** sur **Tour Vertical BERTHIEZ TFM 160** :

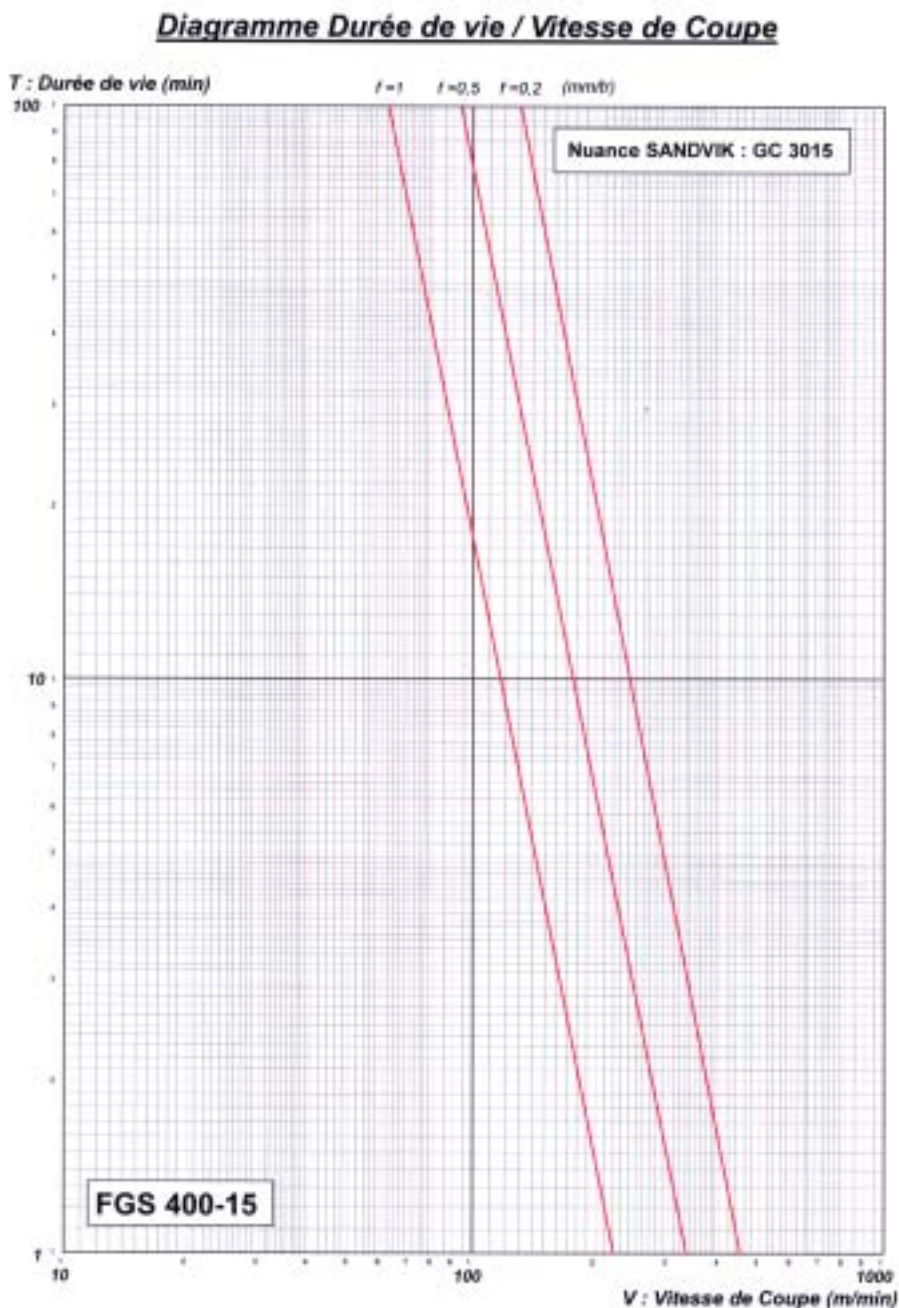
- **Opération 10** - FINITION de la face supérieure repère **2**
- **Opération 11** - ½ FINITION du dos repère **8**
- **Opération 12** - FINITION du dos repère **8** et du chanfrein repère **12**

La pièce étant de grande dimension (diamètre extérieur =725mm), on prendra comme hypothèse de travail, que **l'arête de coupe ne pourra usiner qu'une seule pièce**.

L'opérateur sera donc amené à changer d'arête de coupe à chaque pièce qui correspond à une usure en dépouille **VB = 0,3 mm**.

Le diagramme Durée de vie / Vitesse de coupe représente le modèle d'usure retenu (*modèle de TAYLOR*).

Modèle de TAYLOR $T = C_v \cdot V^n$



Remarque : Ici les calculs ont été développés mais n'étaient pas demandés aux candidats .

1 - Calcul n (exposant de TAYLOR)

$$T = C_v \cdot V^n$$

Sur le diagramme, on relève sur la droite correspondant à $f = 0.2 \text{ mm/tr}$:

- ♦ pour $T_1 = 10 \text{ min}$ $V_1 = 245 \text{ m/min}$
- ♦ pour $T_2 = 100 \text{ min}$ $V_2 = 130 \text{ m/min}$

$$n = \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log V_2 - \log V_1} = \frac{\log 100 - \log 10}{\log 130 - \log 245}$$

$$n = -3,63$$

2 - Calcul de C_v

Sur le diagramme, on relève sur la droite correspondant à $f = 0.2 \text{ mm/tr}$:

- ♦ pour $T = 1 \text{ min}$ $V = 450 \text{ m/min}$

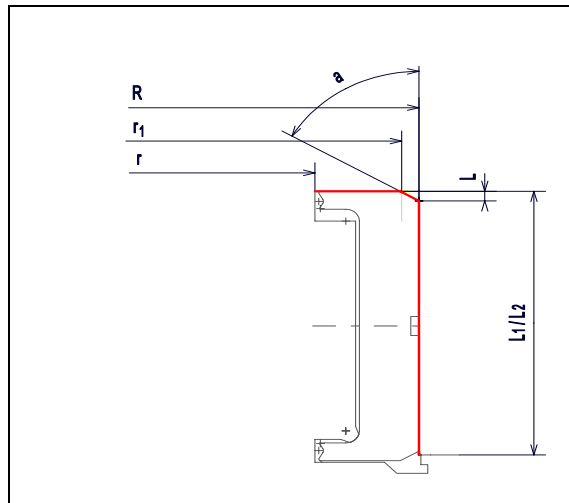
$$C_v = \frac{T}{V^n} = \frac{1}{450^{-3.63}}$$

$$C_v = 4,277 \cdot 10^9$$

3 - Calcul des temps de coupe T_c

Les opérations réalisées avec le même outil se décomposent par l'usinage de 4 surfaces simples :

- ♦ un dressage de face (face),
- ♦ un chariotage $\frac{1}{2}$ finition (cylindre),
- ♦ un chanfreinage (cône),
- ♦ un chariotage finition (cylindre).



L'opération est réalisée à vitesse de coupe constante (V_{cc}).

La profondeur de passe a est de **1,5 mm** sur tous les surfaces usinées, le rayon de plaquette R_{Π} est égal à **1,2 mm**.

Hypothèse : Nous pouvons considérer que l'usure en dépouille $VB = 0,3$ est localisée et répartie uniformément dans le rayon de la plaquette, ce qui nous conduit à considérer toutes les surfaces dans le calcul.

3-1- Calcul du temps de coupe T_{c1} pour le dressage de face

$$dT_{c1} = \frac{d\rho}{n \times f} = \frac{2 \times \pi \times \rho \times d\rho}{V \times f}$$

ρ = variable du rayon du dressage (variation de R à r)

$$T_{c1} = \int dt_{c1} = \int_r^R \frac{2 \times \pi \times \rho \times d\rho}{V \times f}$$

$$T_{c1} = \frac{\pi \times (R^2 - r^2)}{V \times f}$$

Application numérique

$$T_{c1} = \frac{0.706 \times 10^3}{V}$$

3-2- Calcul du temps de coupe T_{c2} pour le chariotage $\frac{1}{2}$ finition

$$T_{c2} = \frac{L_1}{V_f} = \frac{L_1}{n \times f} = \frac{\pi \times D_1 \times L_1}{V \times f}$$

Relation toujours vraie

D_1 = diamètre du chariotage $\frac{1}{2}$ finition

L_1 = Longueur du chariotage $\frac{1}{2}$ finition

Application numérique

$$T_{c2} = \frac{02.19 \times 10^3}{V}$$

3-3- Calcul du temps de coupe T_{c3} pour le chariotage finition

$$T_{c3} = \frac{L_2}{V_f} = \frac{L_2}{n \times f} = \frac{\pi \times D_2 \times L_2}{V \times f}$$

Relation toujours vraie

D_2 = diamètre du chariotage finition

L_2 = Longueur du chariotage finition

Application numérique

$$T_{c3} = \frac{2.16 \times 10^3}{V}$$

3-4- Calcul du temps de coupe T_{c4} pour le chanfreinage

La relation est la même que pour le dressage avec l'avance radiale $f \sin \alpha$

$$dT_{c4} = \frac{d\rho}{n \times f} = \frac{2 \times \pi \times \rho \times d\rho}{V \times f \times \sin \alpha}$$

ρ = variable du rayon du dressage (variation de R à r)

$$T_{C4} = \int dt_{C4} = \int_r^R \frac{2 \times \pi \times \rho \times d\rho}{V \times f \times \sin \alpha}$$

$$T_{C4} = \frac{\pi \times (R^2 - r_1^2)}{V \times f \times \sin \alpha}$$

$$r_1 = (R - L \times \tan \alpha)$$

$$T_{C4} = \frac{\pi \times (R^2 - R^2 - (2 \times R \times L \times \tan \alpha) + (L \times \tan \alpha)^2)}{V \times f \times \sin \alpha} = \frac{\pi \times L \times (2 \times R - L \times \tan \alpha)}{V \times f \times \sin \alpha}$$

Application numérique

$$T_{C4} = \frac{0.178 \times 10^3}{V}$$

3-5- Calcul du temps total de coupe T

$$T = \sum_1^4 T_{Ci} = T_{C1} + T_{C2} + T_{C3} + T_{C4}$$

$$T = \frac{0.706 \times 10^3}{V} + \frac{2.19 \times 10^3}{V} + \frac{2.16 \times 10^3}{V} + \frac{0.178 \times 10^3}{V}$$

$$T = \frac{5.234 \times 10^3}{V}$$

4 - Calcul de la vitesse de coupe V pour usiner une pièce

$$T = C_V \times V^n$$

Application numérique

$$V = 177 \text{ m/min}$$

5 - Vérification de la compatibilité de la vitesse de coupe V avec les possibilités de la machine

Possibilité de la machine :

Gamme 1 : 1 à 160 tours/min

Gamme 2 : 2 à 250 tours/min

Fréquence de rotation Maxi : $N_{Maxi} = 98 \text{ tours/min}$

Fréquence de rotation mini : $N_{mini} = 78 \text{ tours/min}$

Ces fréquences de rotation sont compatibles avec les gammes 1 ou 2 de la machine.

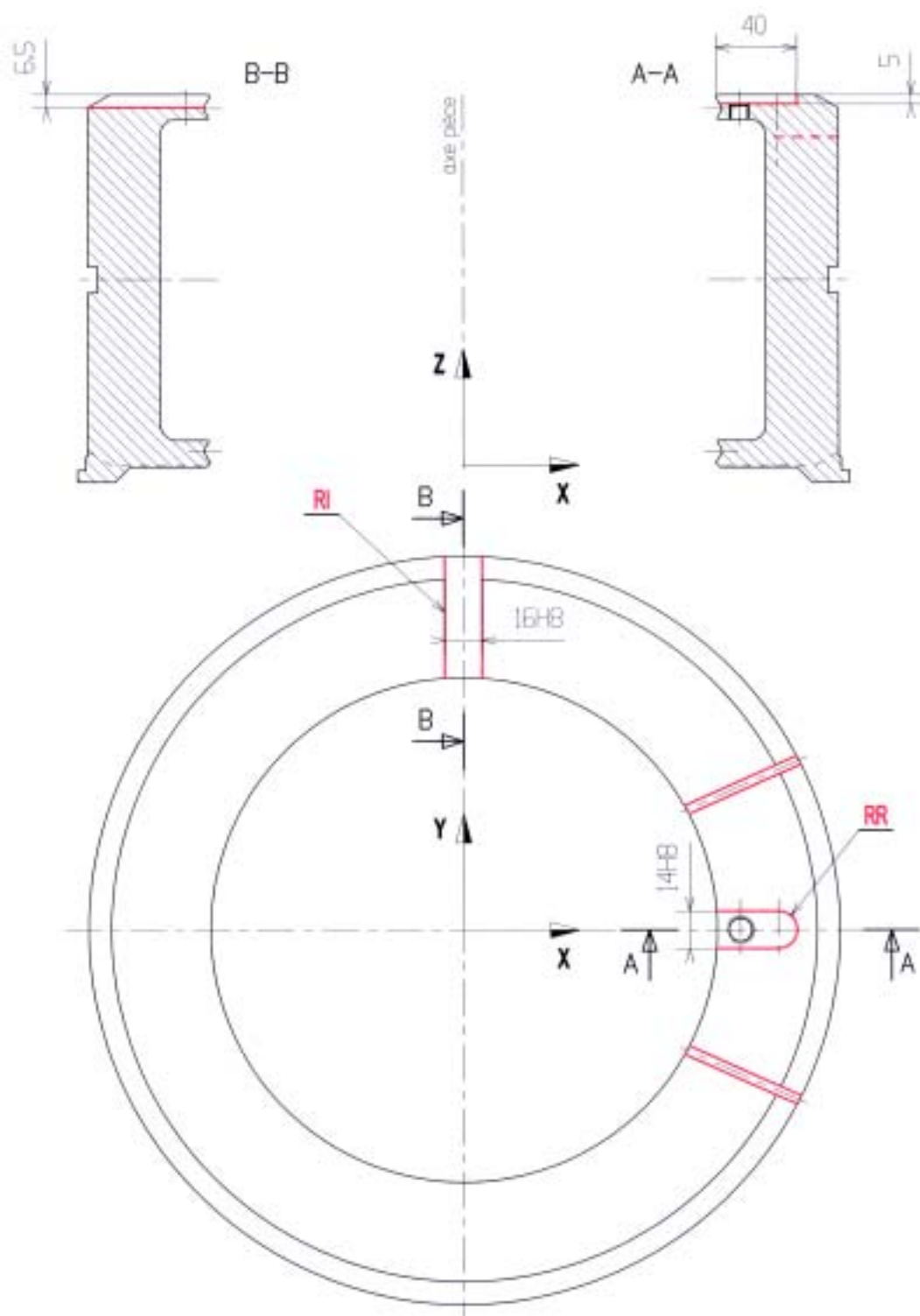
Section B4 : Etude de solutions de posage

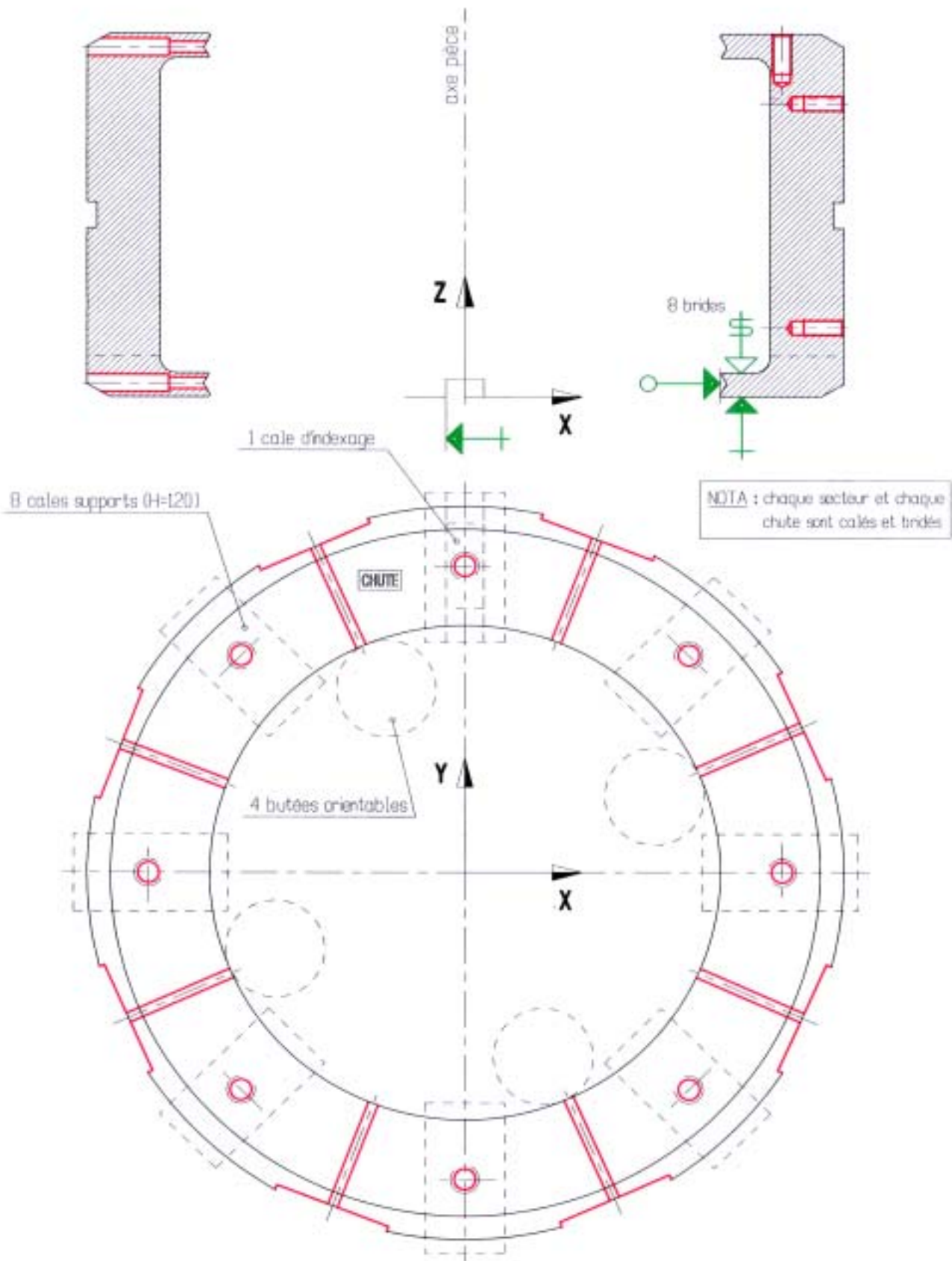
Question B4.1

Après une demande de dérogation auprès du Bureau d'Etudes, pour usiner les secteurs dans la couronne, il est nécessaire de rajouter les usinages suivants :

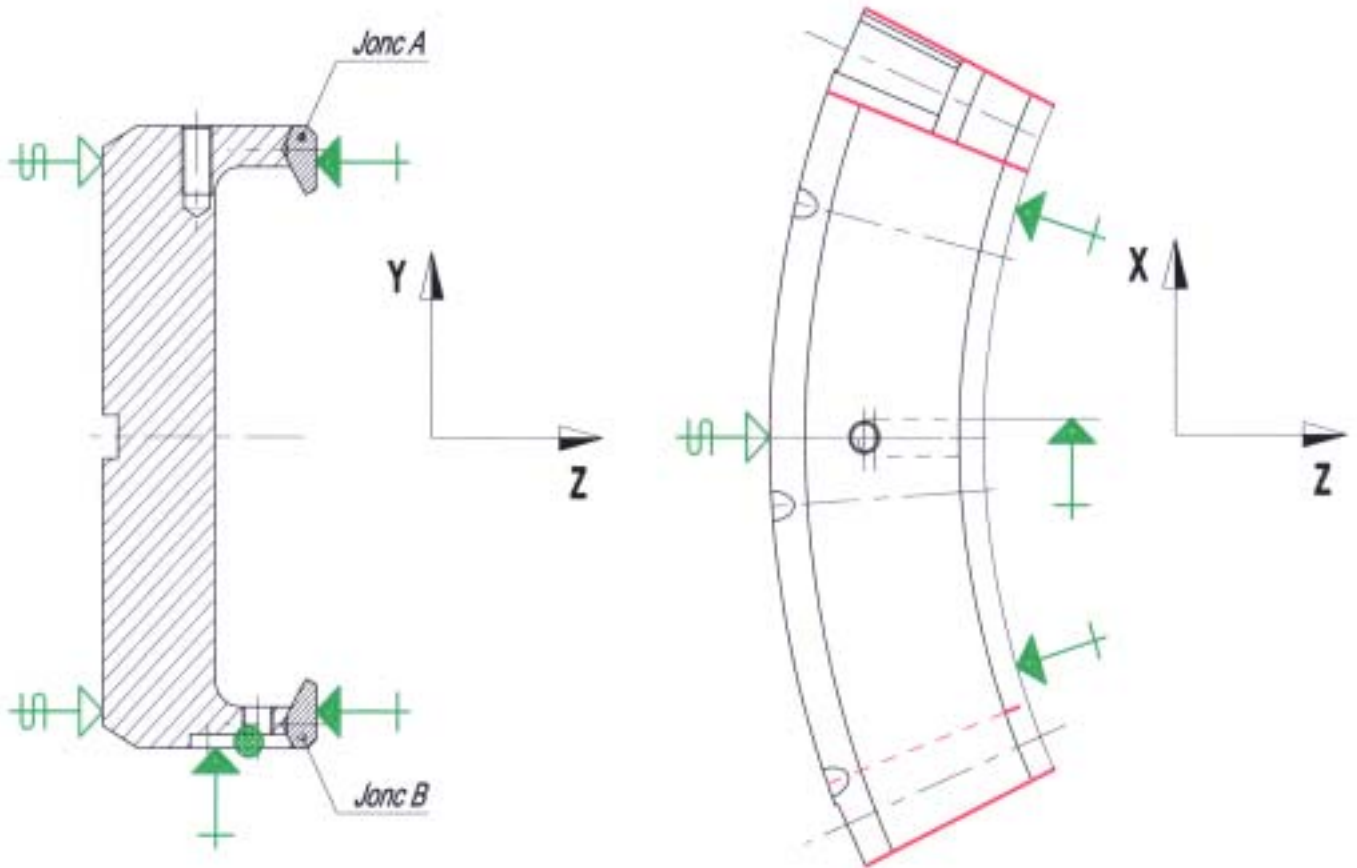
- 1 rainure d'indexage **RI** (largeur 16 H8 prof. 6,5) nécessaire à l'indexage de la couronne sur la palette par rapport à l'axe C de la machine (Phase 50),
- 1 rainure de reprise **RR** (largeur 14 H8 prof. 5) nécessaire à la reprise de chaque secteur lors de la finition des faces portantes (Phase 60) .

Ces usinages sont réalisés en **Phase 30** (voir Document Technique **DT7**) sur Centre d'Usinage Vertical/Horizontal PARPAS SL90 .





Remarque : Les cales supports, les butées orientables, la cale d'indexage et les éléments de bridage sont positionnés sur les rainures rayonnantes de la palette .



Le montage d'usinage est spécifique et doit être flexible (famille de secteurs) .

Ce montage est constitué par :

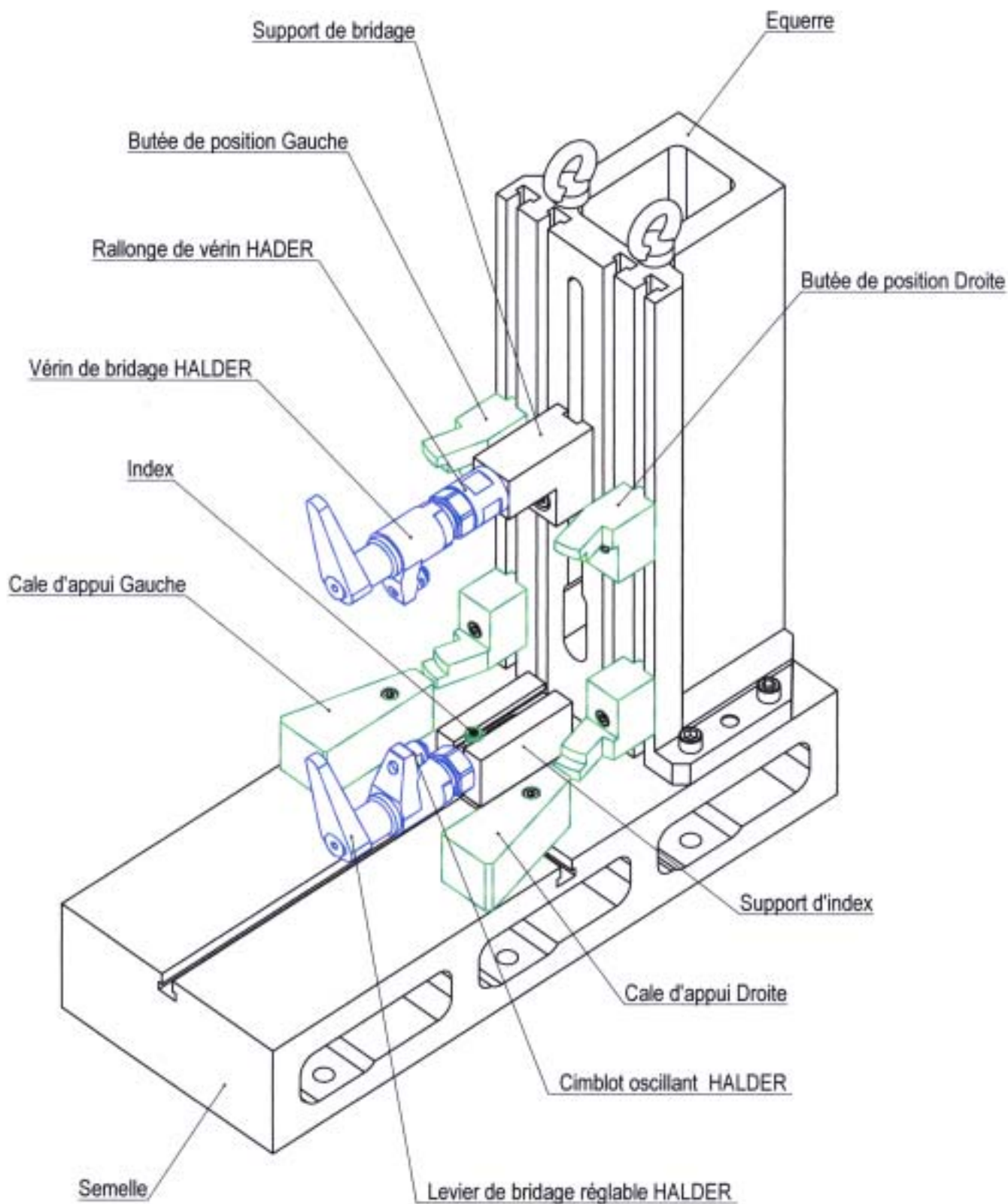
- 4 appuis ponctuels sur le diamètre intérieur des joncs (assemblé avec le support de garniture),
- 1 appui ponctuel sur la face inférieure du support de garniture,
- 1 appui ponctuel (index) dans la rainure de largeur 14H8 du support de garniture,
- 2 serrages sur le dos du support de garniture en opposition aux 4 appuis ponctuels .

Remarque : un plan d'appui sera nécessaire pour le prépositionnement de la pièce dans le porte-pièce afin de faciliter son montage par l'opérateur

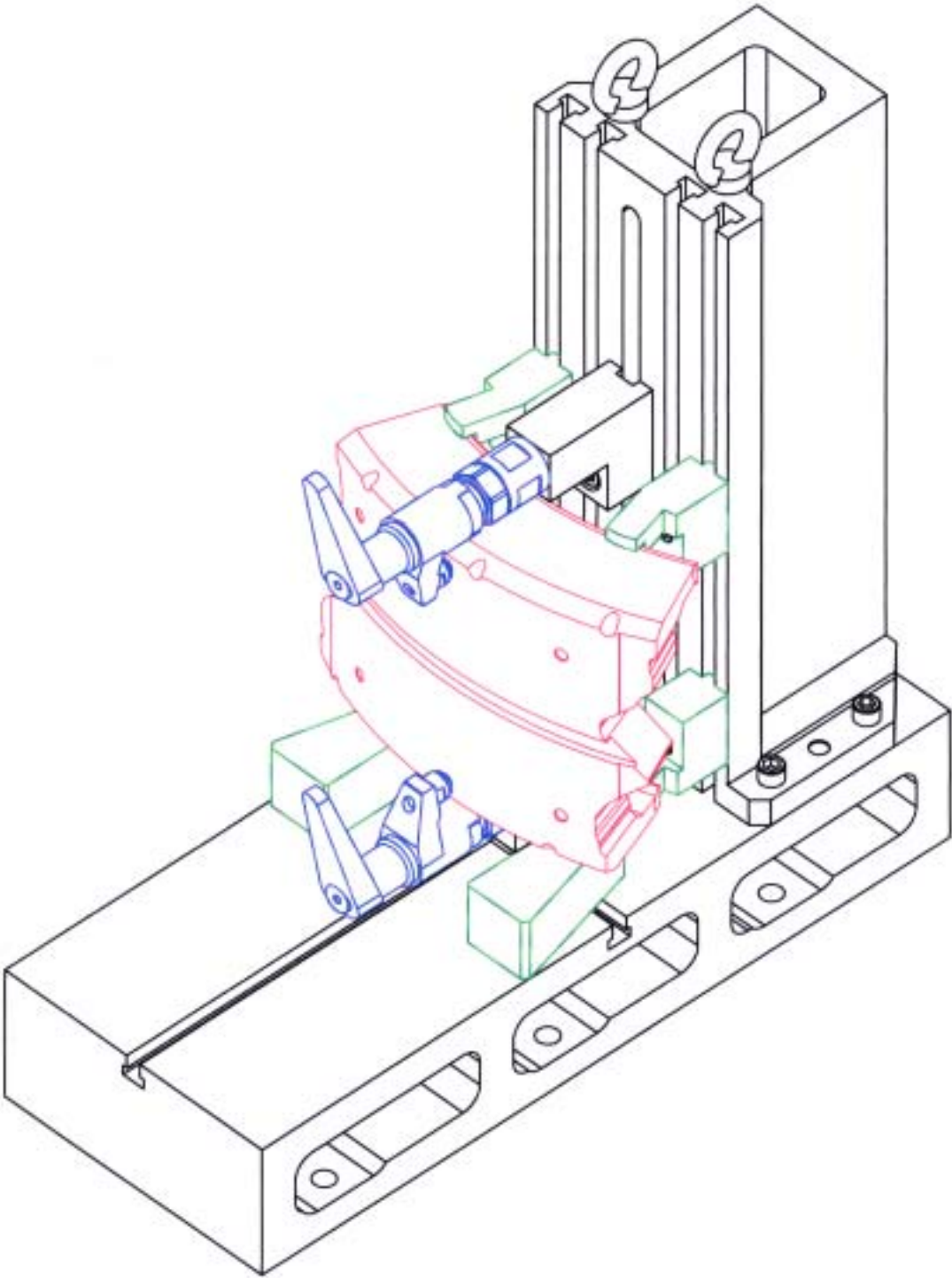
Section B5 : Etude de la Phase 60 sur Centre d'Usinage ERNAULT TOYODA FH55

Question B5.1

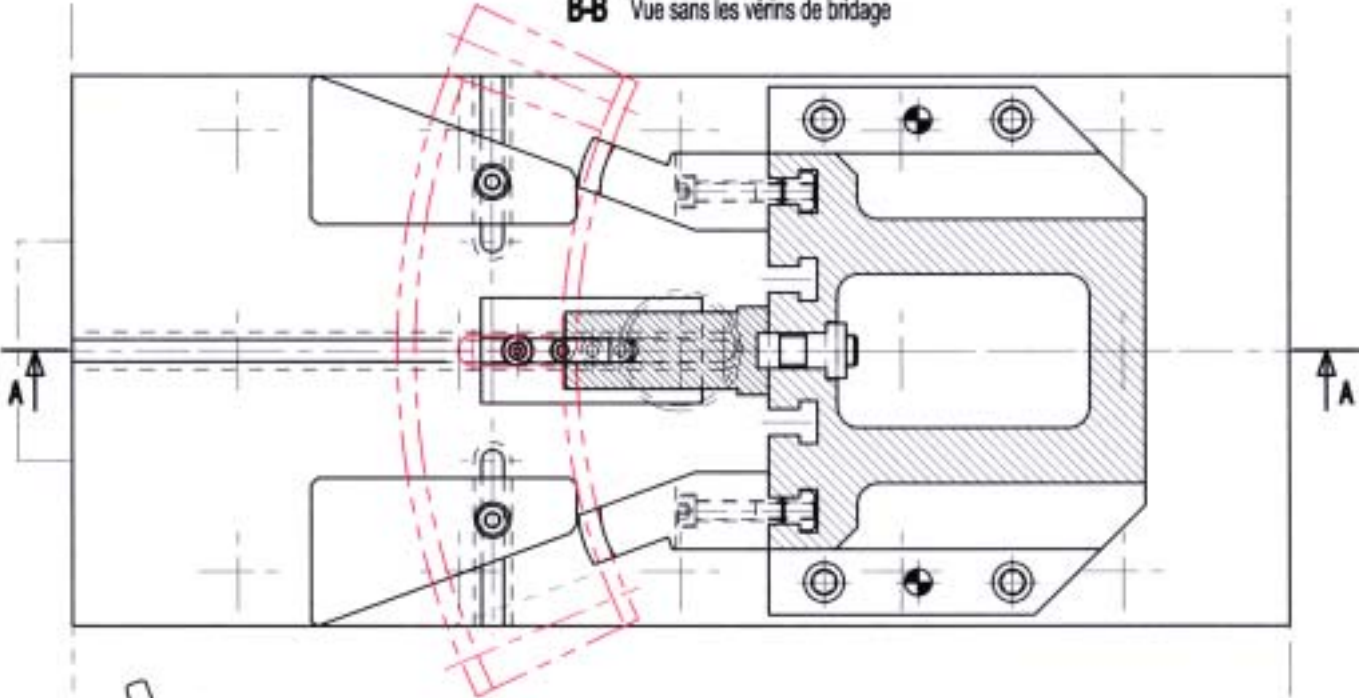
Vue 3D sans la pièce à usiner



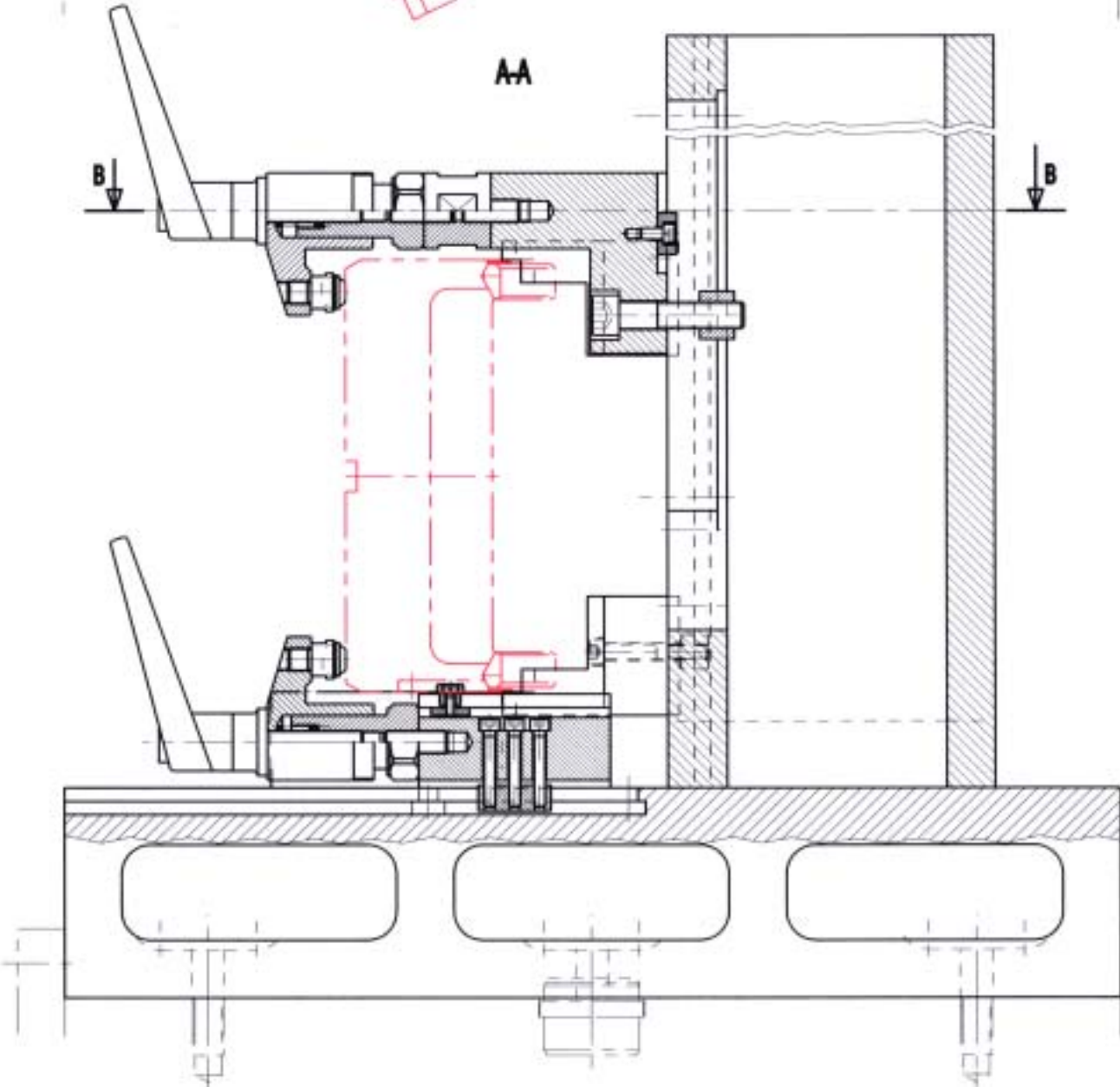
Vue 3D avec la pièce à usiner



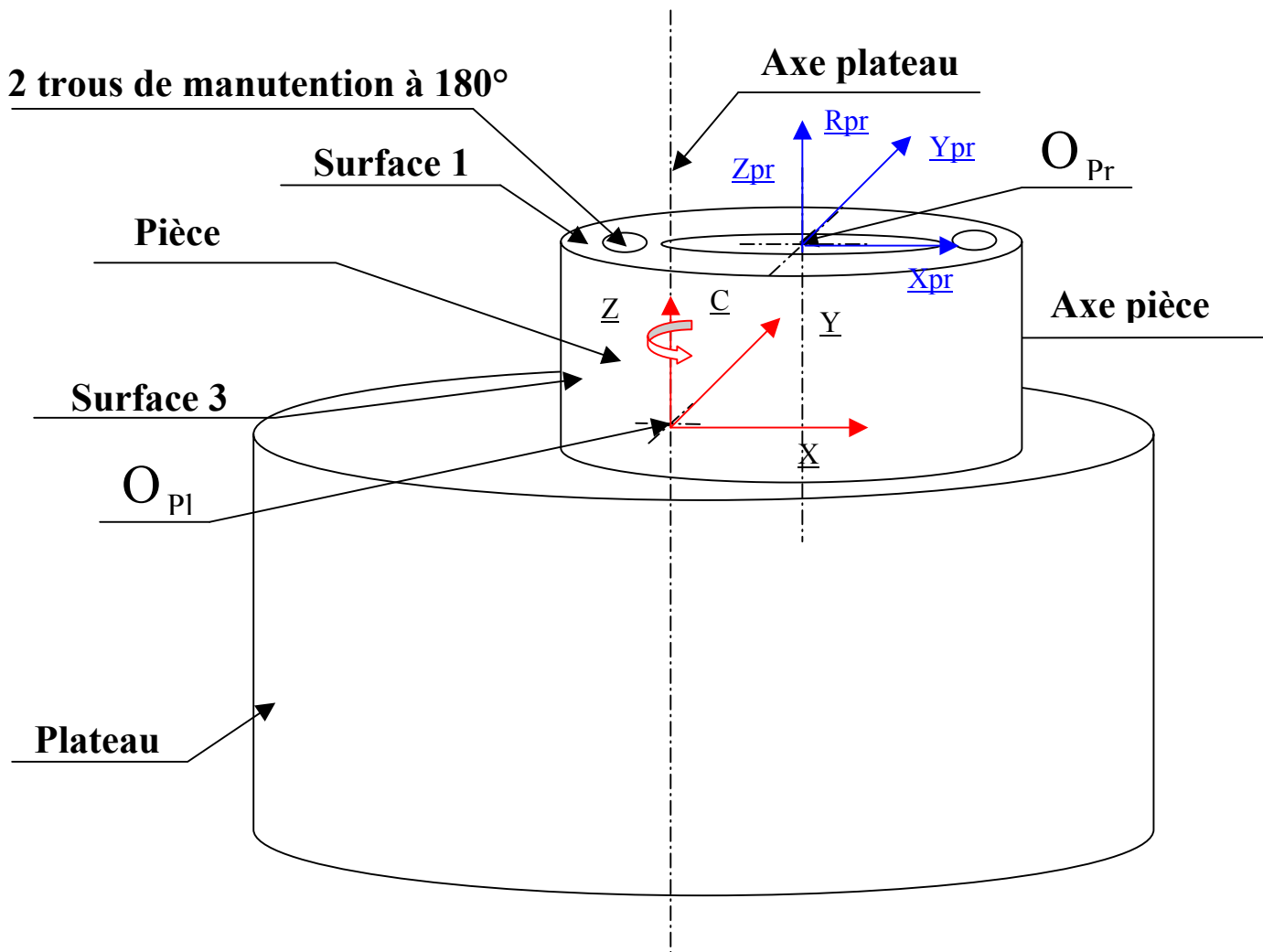
B-B Vue sans les vérins de bridage



AA



Question QB6.1



Question QB6.2

Raisonnons sur la réalisation des 2 trous de manutention à 180°.

Notons $T1$ le temps de déplacement de l'outil (au sens de la norme) en fonction de la vitesse de déplacement ($V1 = \|\vec{V1}\|$) linéaire rapide des axes de la machine. Notons $D1$ la distance de positionnement de l'outil à parcourir entre les 2 entités à réaliser.

Il vient : $T1 = D1 / V1$

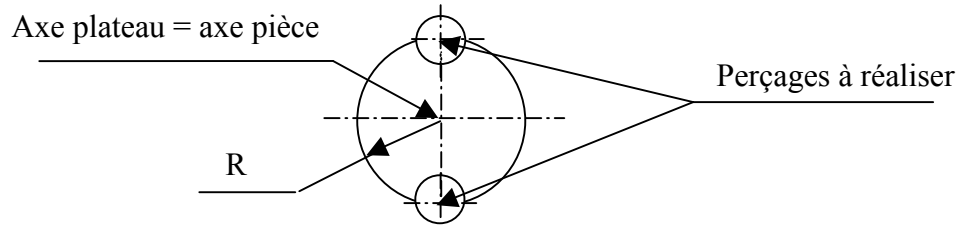
Application numérique :

Sur le document réponse DRB2 on relève $D1 = 650\text{mm}$ et d'après la documentation technique de la machine les vitesses de déplacements linéaires rapides sont de 10m/min sur chacun des axes.

$$D'o\grave{u} : Tl = \frac{0.65}{10/60} = 3.9 \text{ s}$$

Notons T_r le temps de déplacement de l'outil en fonction de la fréquence de rotation du plateau ($\Omega = \|\vec{\Omega r}\|$)

En supposant la pièce centrée sur l'axe plateau, l'outil va parcourir une distance $D_r = R * \alpha$, avec R : rayon du cercle sur lequel se positionnent le centre de chacun des trous, α : angle entre les 2 trous.



Il vient donc :

$$T_r = \frac{R * \alpha}{R * \Omega} = \frac{\alpha}{\Omega}$$

Application numérique :

Dans notre cas (celui qui fournira le rapport $(Tl - T_r)/Tl$ le plus faible) $\alpha = \pi$ et d'après la documentation technique de la machine la fréquence de rotation du plateau

$$\Omega = \frac{10 * 2 * \pi}{60} = \frac{\pi}{3} \text{ rad/s}$$

$$D'o\grave{u} T_r = \frac{\pi}{\pi/3} = 3 \text{ s.}$$

En conclusion , on vérifie que $T_r < Tl$ et donc qu'il est intéressant de privilégier la rotation plateau. Notons que beaucoup de caractéristiques machine (vitesse de rotation des axes rotatifs) nous amènerait à des conclusions inverses (mais le rayon sur lequel on travaille est aussi prépondérant bien évidemment).

Le post-processeur devra générer ses trajectoires en système de coordonnées cylindriques. Ceci se traduira, en bloc ISO, par des instructions du type G0 C180 (C : rotation plateau permettant d'atteindre la position angulaire d'un trou par rapport au précédent). Les instructions de mouvement de type G0 Y350 permettront de positionner l'outil sur des diamètres différents en privilégiant le mouvement du coulant de la machine. Enfin les déplacements en Z permettront de positionner l'outil en rapide sur le plan de sécurité et de définir les profondeurs de passe.

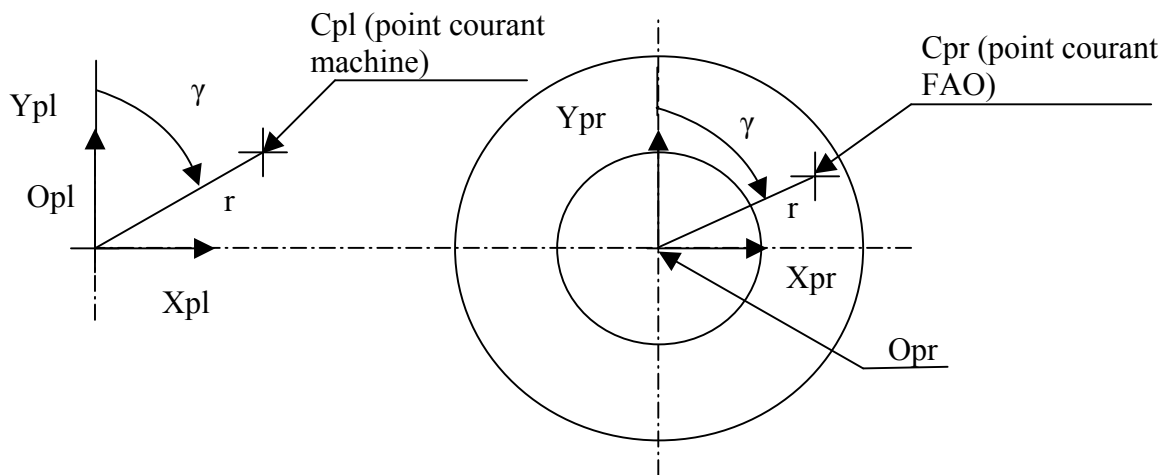
Question QB6.3

Voir figure ci-dessus

Question QB6.4

Raisonnement géométrique :

La distance entre l'axe de révolution de la couronne et l'axe plateau est volontairement exagérée.



Hypothèse : position initiale $C=0$

Sur la figure ci-dessus, on met en situation la pièce dans l'espace de travail.

Le système de FAO n'ayant pas d'autre information que celle de la position du repère R_{pr} , les coordonnées des points programmés seront exprimées dans ce repère. Or, la pièce n'est pas centrée sur l'axe du plateau de la machine. Sans information sur la position physique du point Opr sur la machine, le régleur serait amené à prendre un autre point d'origine connu. La position du point Opl par rapport au point OM étant déclarée dans l'armoire commande numérique (le raisonnement pour tout autre point connu serait identique), supposons que l'on prenne ce point comme origine. Alors, on voit aisément qu'une instruction ISO, générée par le post-processeur (exemple : G0 Yr Zh C γ en coordonnées cylindriques), de déplacement au point Cpr, se traduira sur la machine par un déplacement de l'outil au point Cpl (rotation autour de l'axe du plateau). Ceci ne convient évidemment pas. De même, suivant l'axe Z de la machine puisque les points Opr et Opl ne sont pas positionnés dans un même plan horizontal.

On devra donc intégrer le vecteur \overrightarrow{OplOpr} au niveau du post-processeur (ceci pouvant aussi se réaliser directement par déplacement du repère FAO), vecteur qui caractérisera la mise en position relative de la pièce par rapport à la machine. Cette méthode est contraignante car il est nécessaire de récupérer l'information depuis l'atelier.

Question QB6.5

1. Avantage : Le développement du post-processeur est simplifié, seule la composante suivant l'axe \vec{Z} du vecteur \overrightarrow{OplOpr} devra être exploitée.

2. Inconvénient : on se contraint à réaliser une prise de pièce qui permette d'assurer un centrage de celle-ci par rapport à l'axe du plateau de la machine !

Avantage : il n'est plus nécessaire d'effectuer un palpé pour connaître les composantes suivant les axes \vec{X} et \vec{Y} du vecteur $\overrightarrow{\text{OplOpr}}$ (mais la manipulation précédente est bien plus pénalisante).

Question QB6.6

Une rotation autour du plan à 45° de la tête de la machine positionne celle-ci suivant l'axe \vec{Y} .

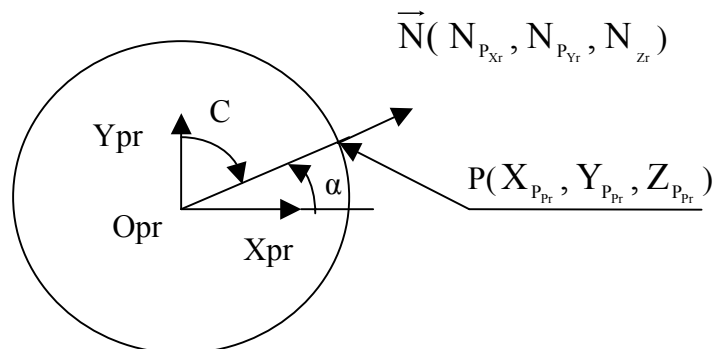
On devra donc affecter l'argument Q suivi du signe + qui permettront de définir l'orientation de l'axe de l'outil en conséquence. Le signe + se justifie par l'application de la convention sur l'orientation du vecteur de l'outil (orienté du bout de l'outil (partie coupante) vers la référence de l'outil (fixation en broche)).

On programmera donc la fonction **G16 Q+**.

Le plan de travail ayant l'axe \vec{Y} pour normale est le plan ZX.

On programmera donc la fonction **G18**.

Question QB6.7



Sur la figure ci-dessus sont représentés :

- Le point P et ses coordonnées exprimées dans le repère R_{pr} .
- La normale \vec{N} de l'axe de l'outil au point considéré.
- L'angle C à programmer pour conduire l'usinage. En position initiale $C=0$, l'axe outil prend la direction \vec{Y} , orientation prise par la broche de la machine après une rotation autour du plan à 45° .

Pour la surface étudiée (assimilée à un cylindre d'axe de révolution Z_{pr}), les normales à l'axe outil sont de la forme $\vec{N}(N_{pxr}, N_{pyr}, 0)$.

Travaillons sur l'intervalle $]-\pi/2, \pi/2[$

Il vient donc : $C = -\pi/2 + \alpha$

$$\text{Or : } \tan \alpha = \frac{N_{P_{Yr}}}{N_{P_{Xr}}}.$$

$$\text{D'ou l'expression de l'angle } \alpha : \alpha = \text{atan} \frac{N_{P_{Yr}}}{N_{P_{Xr}}}.$$

$$\text{D'ou sur l'intervalle considéré : } C = -\frac{\pi}{2} + \text{atan} \frac{N_{P_{Yr}}}{N_{P_{Xr}}}.$$

Il reste ensuite à traiter les cas particuliers ou : $N_{P_{Xr}} = 0$.

- 2 cas sont à étudier

- $N_{P_{Xr}} = 0$ et $N_{P_{Yr}} = 1$ alors $C=0$
- $N_{P_{Xr}} = 0$ et $N_{P_{Yr}} = -1$ alors $C=-\pi$

Sur l'intervalle $]\pi/2, 3\pi/2[$, il faut travailler en modulo π .

Finalemment :


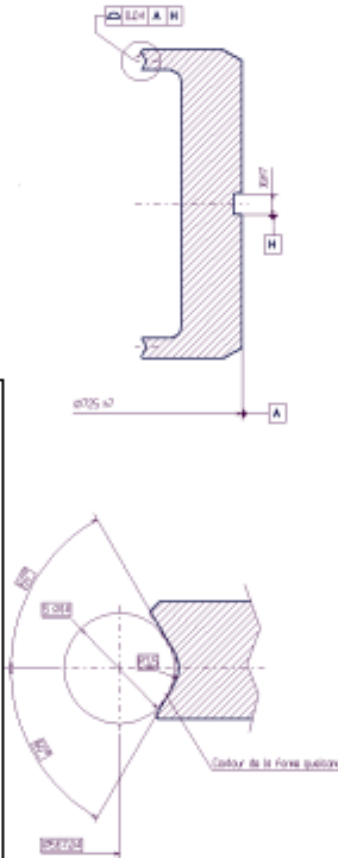
- si $N_{P_{Xr}} > 0$ alors $C = -\frac{\pi}{2} + \text{atan} \frac{N_{P_{Yr}}}{N_{P_{Xr}}}$
- si $N_{P_{Xr}} < 0$ alors $C = \frac{\pi}{2} + \text{atan} \frac{N_{P_{Yr}}}{N_{P_{Xr}}}$
- si $N_{P_{Xr}} = 0$ et $N_{P_{Yr}} = 1$ alors $C=0$
- si $N_{P_{Xr}} = 0$ et $N_{P_{Yr}} = -1$ alors $C=-\pi$

Nous obtenons donc une variation de C sur l'intervalle $[-\pi, \pi[$.


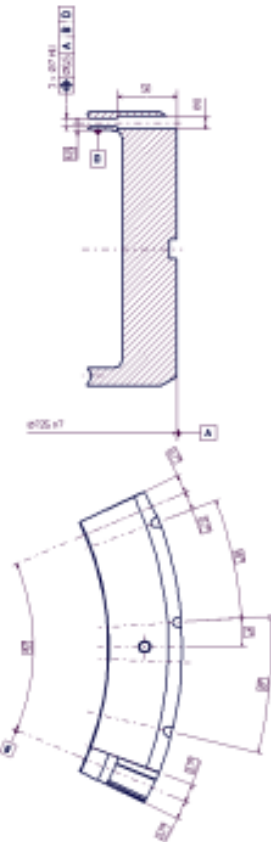
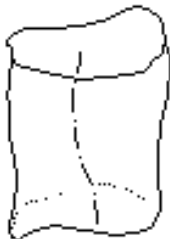
Il restera ensuite à faire un choix de développement au niveau du post-processeur quant à l'intervalle de variation de C (en tenant compte bien sur de la plage de variation de C admise par la machine). Soit on conserve l'intervalle précédent, soit on choisit de minimiser les temps de parcours en autorisant par exemple une variation de C sur un intervalle du type $[-k * \pi, k * \pi[$, $k \in \mathbb{N}$.

Section B7 : Etude de la phase de contrôle sur machine à mesurer tridimensionnelle

Question QB7.1

TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification 		Eléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		Eléments Idéaux	
Type de spécification Forme Orientation Position Battement Surface quelconque		Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
Condition de conformité : L'Élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.		unique groupe	unique multiples	simple commune système	simple composée
Schéma extrait du dessin de définition		Surface de forme quelconque	Ensemble d'une surface nominale cylindrique A et d'une surface nominale plane H	<p>Réf. Primaire : droite A, axe du cylindre minimal circonscrit à la surface A.</p> <p>Réf. Secondaire : plan H, plan médian établi par les 2 plans tangents aux surfaces réelles et perpendiculaire à A.</p>	<p>Volume défini par les 2 surfaces enveloppes des sphères de $\varnothing 0.04$ centrées sur le profil théorique.</p>
					

DOCUMENT REPONSE DRB 3

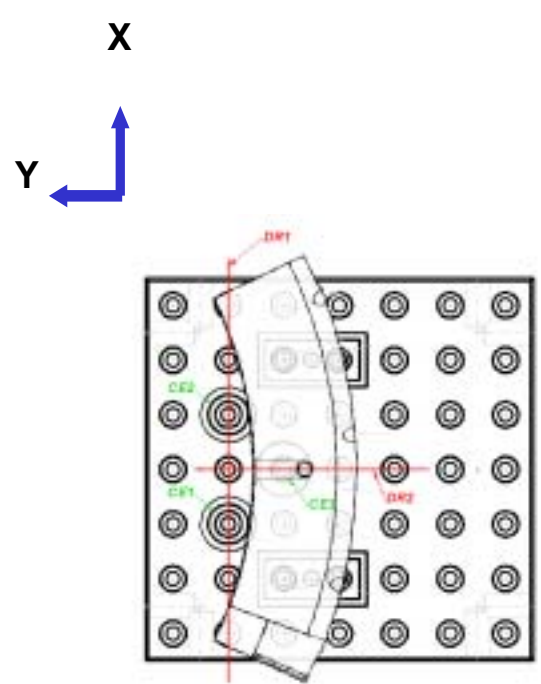
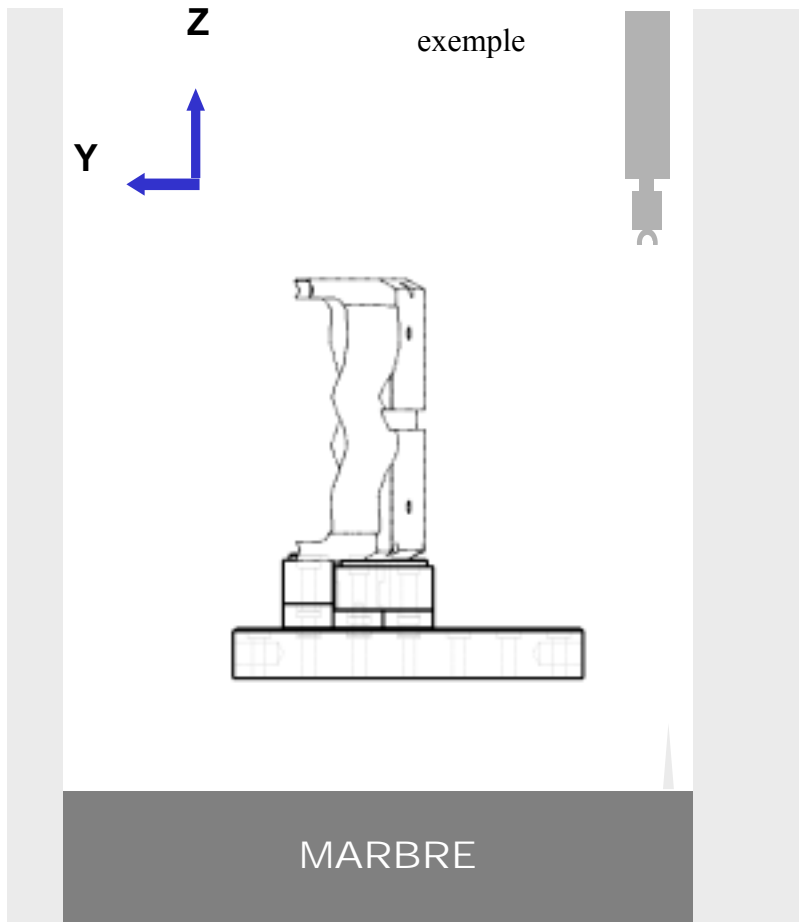
TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
Symbole de la spécification 		Eléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		Eléments Idéaux		
Type de spécification Forme Orientation Position Battement Localisation		Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.		unique <u>groupe</u>	unique <u>multiples</u>	simple commune <u>système</u>	simple <u>composée</u>	Contraintes <u>orientation</u> <u>position</u> par rapport à la référence spécifiée
<p>Schéma extrait du dessin de définition</p> 		<p>Lignes nominalement rectilignes, axes réels de 3 surfaces nominalement cylindriques.</p> <p>3 *</p> 	<p>Ensemble d'une surface nominalement cylindrique A et de 2 surfaces nominalement planes (B et D).</p>	<p>Réf. Primaire : droite A, axe du cylindre minimal circonsrit à la surface A. Réf. Secondaire : plan B, médiان aux bords théoriques (plans médiان des surfaces extrémités) et passant par la droite A. Réf. Tertiaire : plan D tangent du côté libre matière, perpendiculaire à la droite A et au plan B.</p>	<p>Volumes limités par 3 cylindres de diamètre 0.5, positionnés angulairement entre eux par 16° et 18°</p>	<p>Axes de la zone de tolérance contraints perpendiculaires à la droite A. Un des axes est positionné angulairement à 4° par rapport au plan B. Les axes sont à la distance de 6.5 du plan D.</p>

DOCUMENT REPONSE DRB4

Question QB7.2

MMT

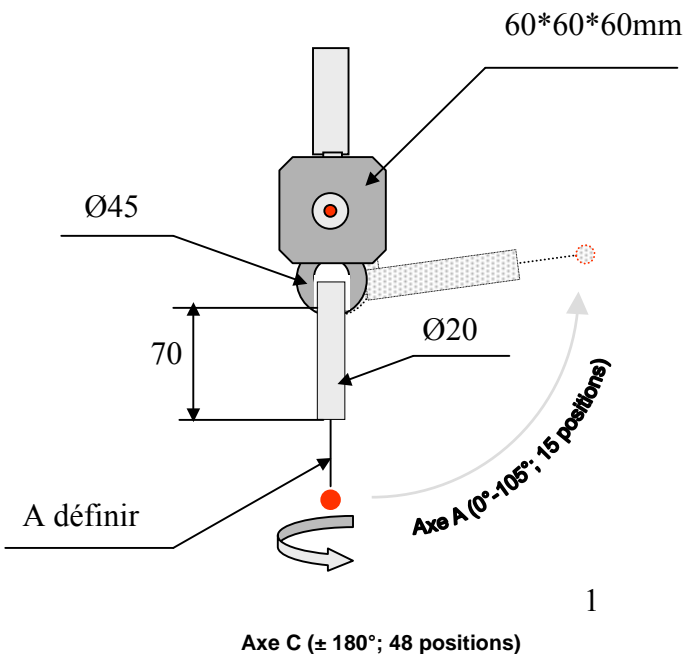
Course: Suivant X=1000 mm
Suivant Y=800 mm
Suivant Z= 700 mm



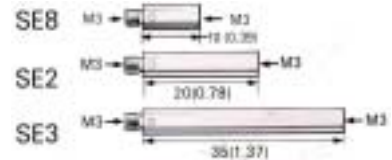
Note : les 3 pions d'indexation orientent la pièce de façon à ce que les palpeurs puissent accéder aux cylindres Ø7.

Posage de la pièce dans l'espace de mesure

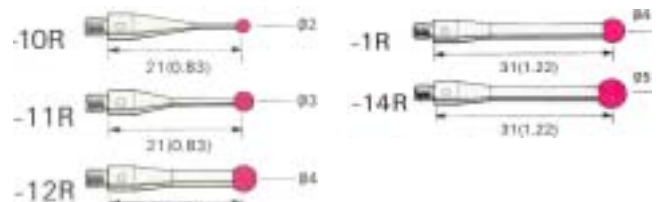
Capteur motorisé. Changement de palpeur automatique



Rallonges disponibles
mm (in)



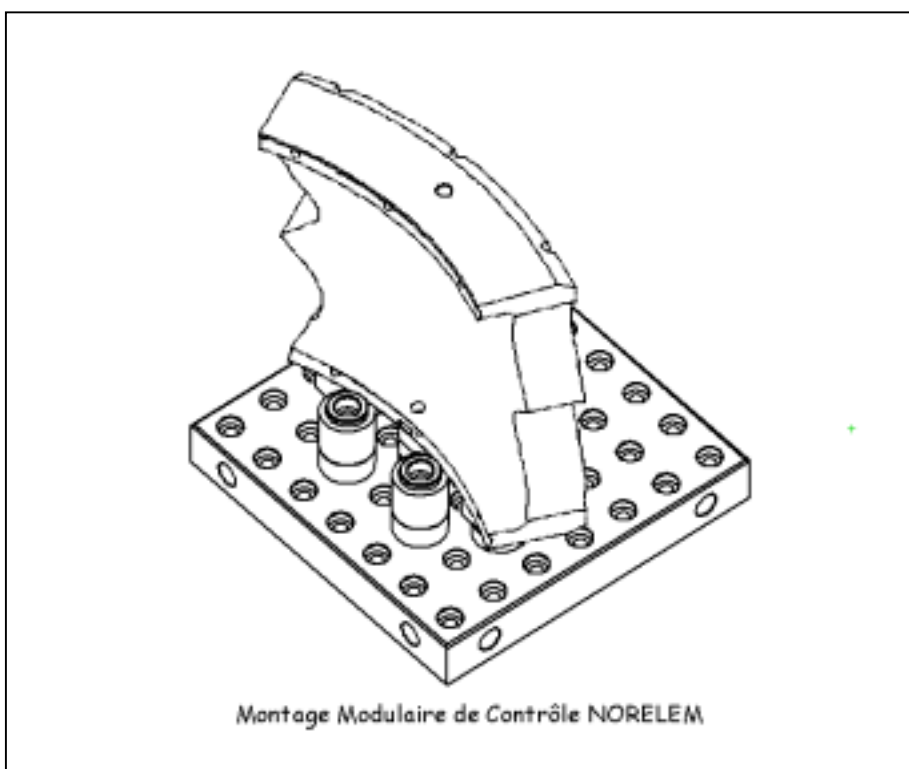
Stylets disponibles
mm (in)



Note : le diamètre d'accroche du rubis sera considéré inférieur de 0.5mm et d'une longueur utile de 20mm pour chacun des stylets présentés.

Configuration du/des palpeurs (à compléter)				
N° palpeur	Composition du palpeur	Angle/axe A	Angle/axe C	Spécif. (1) et/ou (2)
1	Stylet 10R	105	0	1
2	Stylet 10R	105	-15	1
3	Stylet 10R	105	15	1
4	Stylet 10R	30	0	1
5	Stylet 10R	30	-15	1
6	Stylet 10R	30	15	1
7	Stylet 10R	90	180	1,2
8	Stylet 10R	90	7.5	2
9	Stylet 10R	90	22.5	2
10	Stylet 10R	90	-15	2
11	Stylet 10R	90	-22.5	2
12	Stylet 10R	90	0	2

Remarque : on associe un numéro de palpeur différent, dès que l'orientation (A, C) ou la composition (stylet + rallonges) changent.



DOCUMENT REPONSE DRB5

Question QB7.3

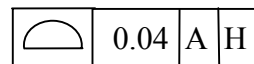
Note : pour les repères d'éléments, se référer au document réponse DRB5.

- Palper le cercle 1 : CE1
- Palper le cercle 2 : CE2
- Palper le cercle 3 : CE3
- Construire la droite DR1 passant par (le centre de) CE1 et (le centre de) CE2 = Axe X
- Construire la droite DR2 perpendiculaire à la droite DR1 et passant par (le centre de) CE3 =Axe Y

Question QB7.4

GAMME DE MESURAGE SUR MMT

Définition des opérations de détermination de la spécification :

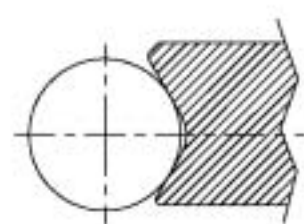
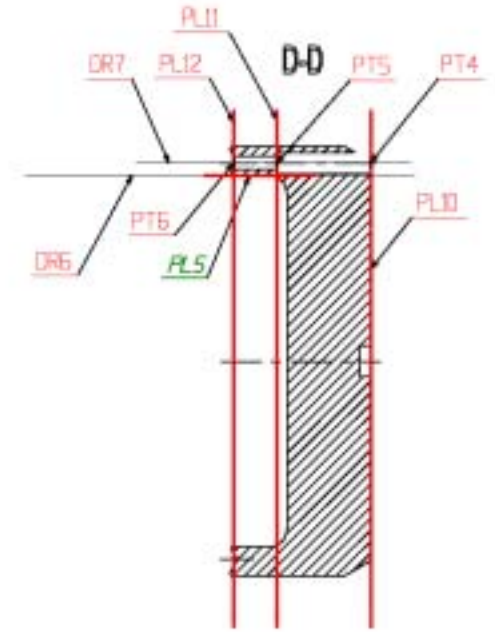
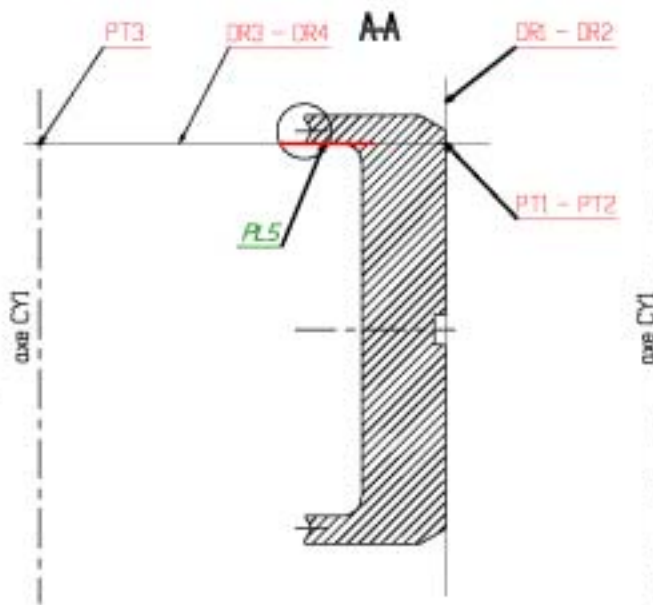
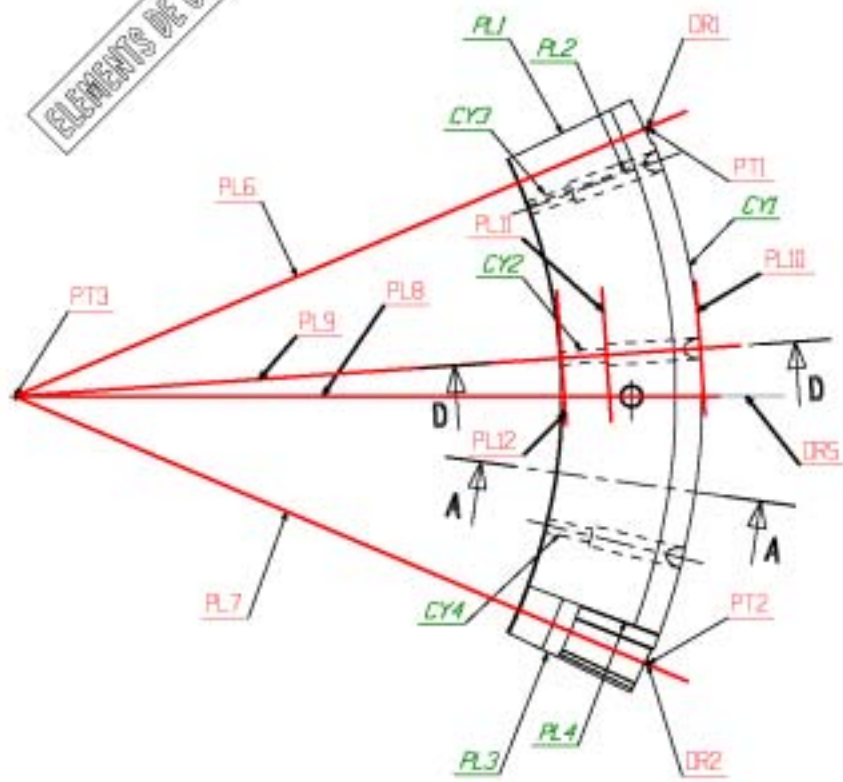


N° Op	N° palpeur	Opération de mesure	Repère élément palpé	Opération de construction ou de calcul. Contraintes.	Repère élément construit
1	7	Palper cylindre	CY1		
2	7	Palper plan supérieur	PL1		
3	7	Palper plan inférieur	PL2		
4	1	Palper droite	DR1		
5	2	Palper droite	DR2		
6	3	Palper droite	DR3		
7	4	Palper droite	DR4		
8	5	Palper droite	DR5		
9	6	Palper droite	DR6		
10				Plan médian PL1, PL2	PL3
11				Intersection PL3, (axe de) CY1	PT1
12				Plan perpendiculaire à CY1 passant par PT1	PL4
13				Plan parallèle à PL4, distant de 104.7 en Z+	PL5
14				Intersection PL5, (axe de) CY1	PT2
15				Droite projection de l'axe Y (dégauchissage) dans le plan PL5 et passant par PT2	DR7
16				Droite d'angle -15° (dans le plan PL5) par rapport à DR7 et passant par PT2	DR8
17				Droite d'angle 15° (dans le plan PL5) par rapport à DR7 et passant par PT2	DR9
18				Cercle $\emptyset 567.04$ (dans le plan PL5) de centre PT2	CE1
19				Intersection CE1, DR7	PT3
20				Intersection CE1, DR8	PT4
21				Intersection CE1, DR9	PT5
22				Plan contenant l'axe de CY1 et le point PT3	PL6
23				Cercle $\emptyset 14$, dans le plan PL6, de centre PT3	CE2
24				Droite, dans le plan PL6, tangente à CE2, d'angle -30° par rapport à l'axe de CY1	DR10
25				Droite, dans le plan PL6, tangente à CE2, d'angle 30° par rapport à l'axe de CY1	DR11
26				Plan parallèle à PL5 distant de 6mm en Z	PL7
27				Intersection plan PL7, droite DR10	PT6
28				Plan perpendiculaire à DR10, passant par PT6	PL8
29				Plan parallèle à PL8, distant de 7mm	PL9
30				Intersection DR10, PL9	PT7
--				<p><u>Contrainte : distance PT6, DR2 $\leq 0.02\text{mm}$</u></p> <p><u>Contrainte : distance PT7, DR2 $\leq 0.02\text{mm}$</u></p> <p>Démarche identique depuis l'op 26 pour DR11 et pour DR4</p> <p><u>Démarche identique pour DR2, DR5 (depuis la construction de DR8) et pour DR3, DR6 (depuis la construction de DR9).</u></p>	

IDENTIFICATION DES ELEMENTS PALPES ET CONSTRUITS

Spécification : $3 \times \varnothing 7H11$
 $\oplus \varnothing 0.5 \begin{matrix} A & B & D \end{matrix}$

ELEMENTS DE CORRECTION



	Point	Orlé	Corde	Plan	Cylindre	Cône	Sphère
Identificateur	PTI	DRi	CEI	PLi	CYi	CIi	SPi

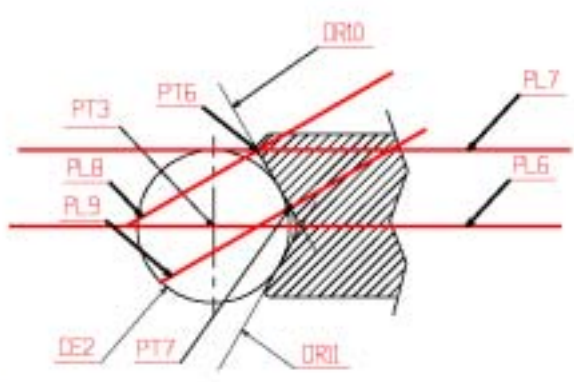
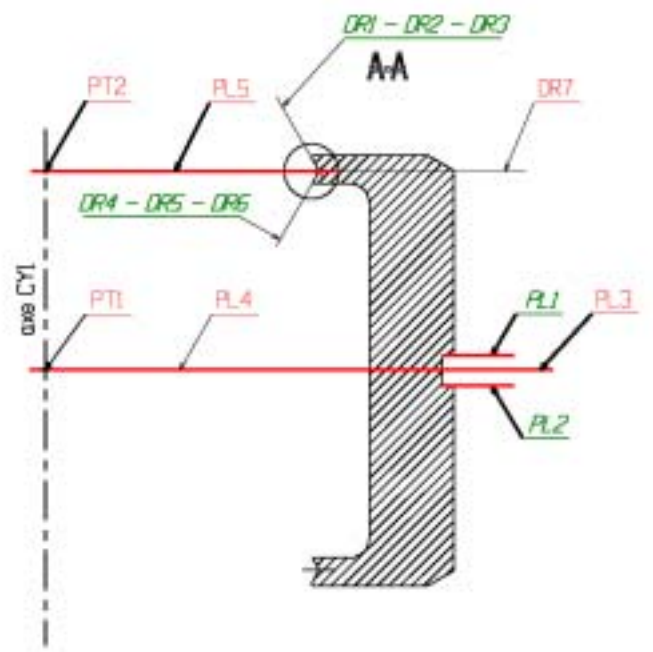
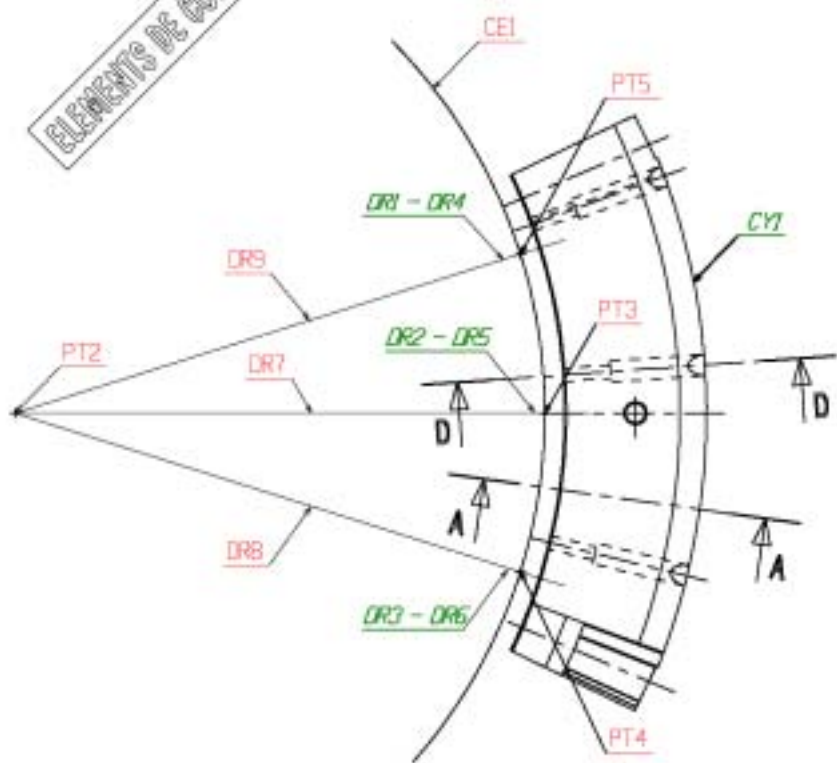
Remarque : Identificateur sans suivi d'un chiffre | pour différencier les identificateurs de même type

DOCUMENT REPONSE DR87

IDENTIFICATION DES ELEMENTS PALPES ET CONSTRUITS

Spécification : $0.04 \begin{matrix} A & H \end{matrix}$

ELEMENTS DE CORRECTION



	Point	Orlé	Corde	Plan	Cylindre	Cône	Sphère
Identificateur	PTI	DRi	CEI	PLi	CYi	CIi	SPi

Remarque : Identificateur sans suivi d'un chiffre | pour différencier les identificateurs de même type

DOCUMENT REPONSE DR86

GAMME DE MESURAGE SUR MMT

Définition des opérations de détermination de la spécification : $3 * \varnothing 7 H11$

$\varnothing 0,5$	A	B	D
-------------------	---	---	---

N° Op	N° palpeur	Opération de mesure	Repère élément palpé	Opération de construction ou de calcul. Contraintes.	Repère élément construit
1	7	Palper cylindre	CY1		
2	9	Palper plan	PL1		
3	9	Palper plan	PL2		
4	11	Palper plan	PL3		
5	11	Palper plan	PL4		
6	12	Palper plan	PL5		
7	8	Palper cylindre	CY2		
8	9	Palper cylindre	CY3		
9	10	Palper cylindre	CY4		
10				Plan bissecteur PL1, PL2	PL6
11				Plan bissecteur PL3, PL4	PL7
12				Intersection PL6, CY1	DR1
13				Intersection PL7, CY1	DR2
14				Intersection DR1, PL5	PT1
15				Intersection DR2, PL5	PT2
16				Intersection PL5, (axe de) CY1	PT3
17				Droite passant par PT1, PT3	DR3
18				Droite passant par PT3, PT2	DR4
19				Bissectrice DR3, DR4	DR5
20				Plan passant par DR5 et (axe de) CY1	PL8
21				Plan contenant l'axe de CY1 et d'angle 4° par rapport à PL8	PL9
22				Intersection PL9, PL5	DR6
23				Droite distante de 6.5mm par rapport à DR6 en direction Z	DR7
24				Intersection DR7, CY1	PT4
25				Plan perpendiculaire à DR7 passant par PT4	PL10
26				Plan parallèle à PL10, distant de 50mm en Y	PL11
27				Plan parallèle à PL10, distant de 70mm en Y	PL12
28				Intersection (axe de) CY2, PL11	PT5
29				Intersection (axe de) CY2, PL12	PT6
				<u>Contrainte : distance PT5,DR7<0.25</u>	
				<u>Contrainte : distance PT6,DR7<0.25</u>	

DOCUMENT REPONSE DRB9