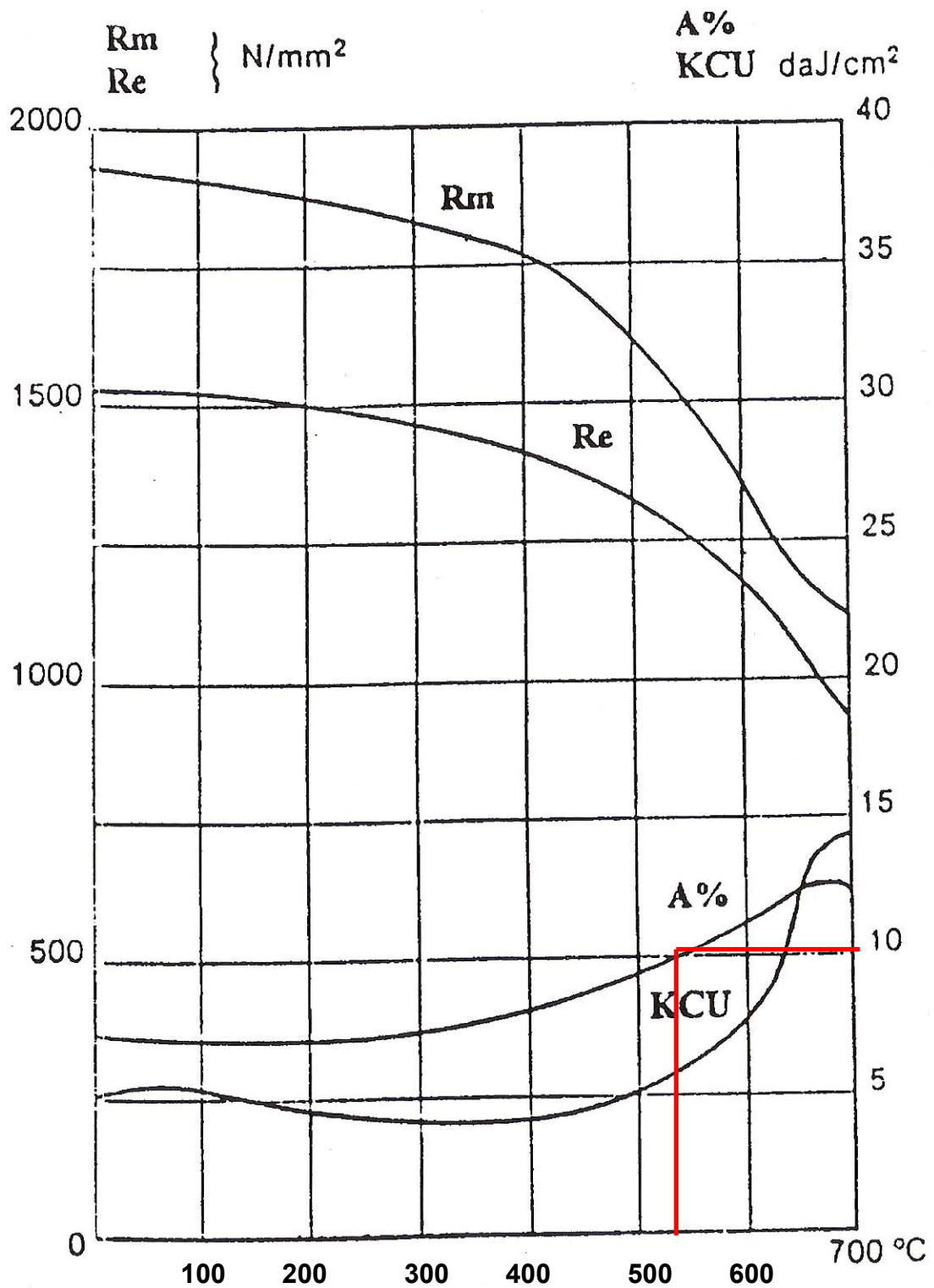


**Question 1 :**

L'objectif d'allongement à la rupture visé étant  $A\%=10$ , en utilisant le DRS1 on relève une valeur de température de revenu équivalente à 535-540°C.

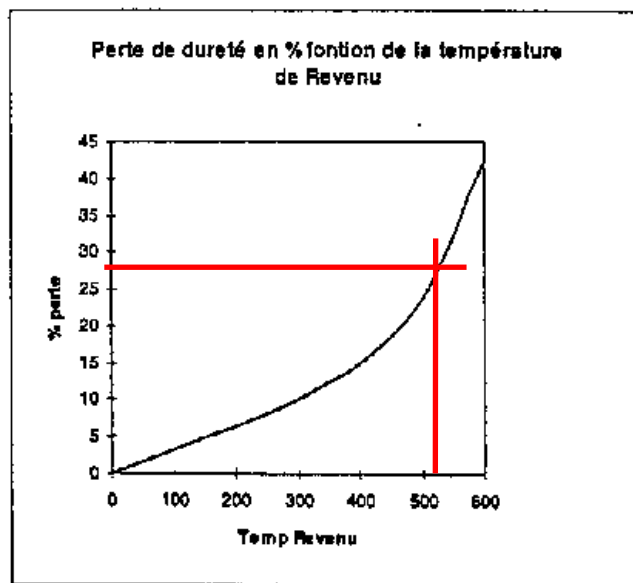


### Question n°2 :

On recherche un  $R_m = 1155 \text{ MPa}$  soit un équivalent de 36.6 HRc à l'issue du REVENU.

On relève sur le DRS2, pour une  $t^\circ$  de revenu de  $540^\circ\text{C}$ , une perte de dureté consécutive au revenu de 28%. (cf diagramme ci-dessous)

Finalement les 36.6 HRc finaux représentent les 72% de l'objectif de dureté après trempe soit 50.8 HRc .



### Question n°3 :

En utilisant la courbe de refroidissement à l'huile du DRS2, on relève pour le  $\varnothing 80$  un temps de refroidissement compris entre 500s et 15min.

Plus précisément, en reportant l'endroit approximativement sur le diagramme TRC (DRS4) du 36 Ni Cr Mo 10, on relève une dureté finale de 53 – 53,5 HRc.

De toute façon, la dureté prévisionnelle que nous venons de trouver est très supérieure (toutes proportions gardées) au 50.8 HRc qui était notre objectif.

En conclusion, l'emploi de cet acier faiblement allié 36 Ni Cr Mo 10 ne peut se faire qu'en envisageant la séquence de traitements thermiques (Trempe + Revenu) et qui complique sérieusement le processus d'industrialisation.

## Partie B :

### Question n°4 :

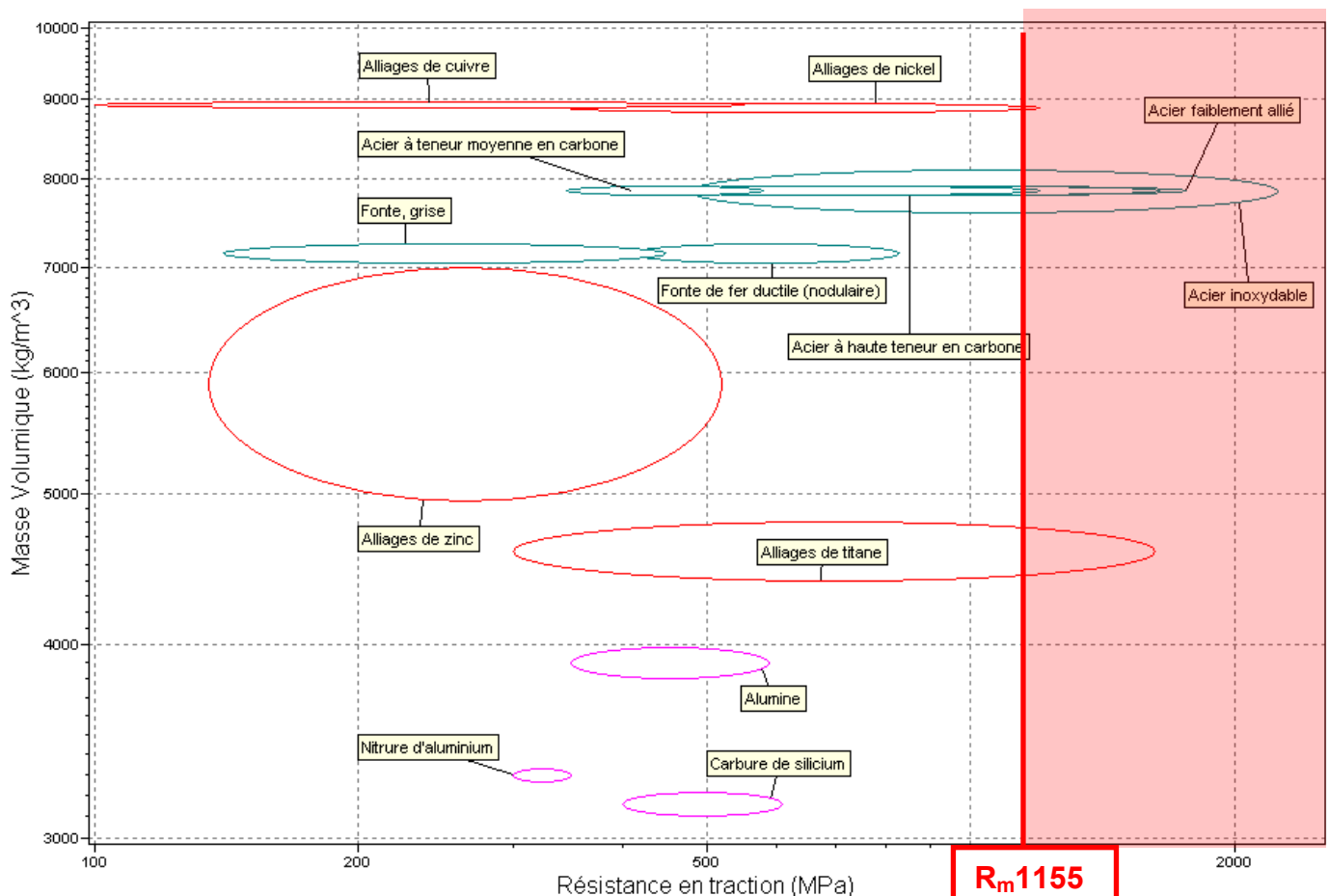
**36 Ni Cr Mo 10 :** Acier faiblement allié contenant au minimum 0.36% de carbone, 2.5% de Nickel, moins de 1% de Chrome et Molybdène.

### Question n°5 :

Compte tenu que l'allègement est une contrainte importante de cette application, il est normal de retrouver le paramètre physique de la masse volumique dans ce graphe de choix multi matériaux.

De plus, les performances mécaniques et notamment la résistance mécanique à la rupture sont quantifiées pour résister à « des efforts dynamiques importants » (cf cdc page 1/9 du sujet). Il est donc logique de retrouver cette caractéristique pour le choix.

### Question n°6 :



**Question n°7 :**

L'analyse du graphe de choix montre que les aciers faiblement alliés sont bien positionnés au niveau de la résistance à la rupture mais qu'ils sont loin d'être les meilleurs d'un point de vue allègement.

**Liste des familles de matériaux répondant au cahier des charges :** (par ordre de performance décroissante)

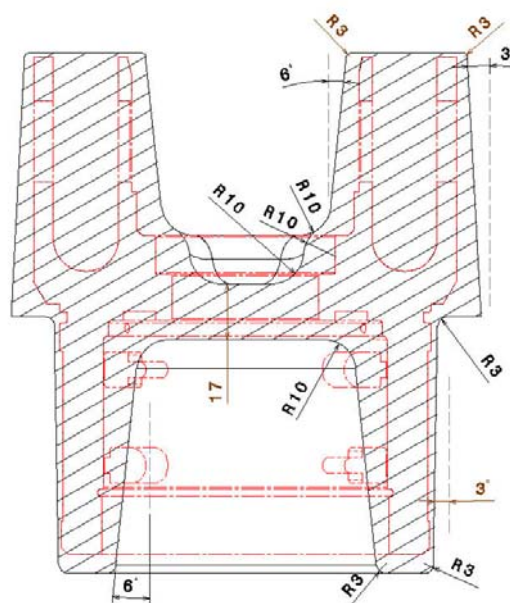
1. Les alliages de titane (le meilleur choix ici)
2. Les aciers inoxydables
3. Les aciers faiblement alliés
4. Les aciers à haute teneur en carbone (en option)
5. Les alliages de nickel (en option)

**Remarques :**

Pour être plus complète, l'étude devrait prendre en compte également le coût massique par rapport à la résistance mécanique.

**Partie C :**

**Question n°8 :**



## Partie D :

### Question n°9 :

L'usinage en question est un alésage de petit diamètre et de grande longueur (Ø6 qualité 8 et longueur nominale 74.5mm) qui doit respecter une spécification de rectitude serrée de Ø0.02.

En examinant le DRS7, on s'aperçoit que la puissance nette n'est pas significative compte tenu du faible diamètre.

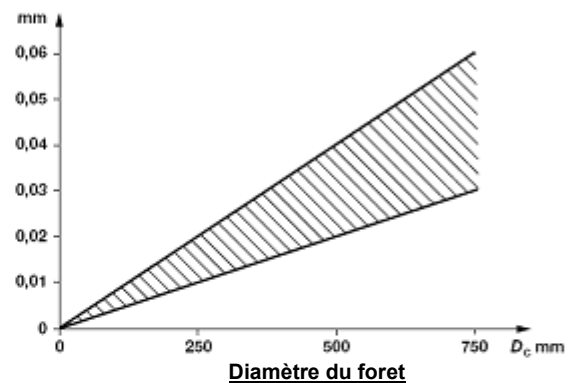
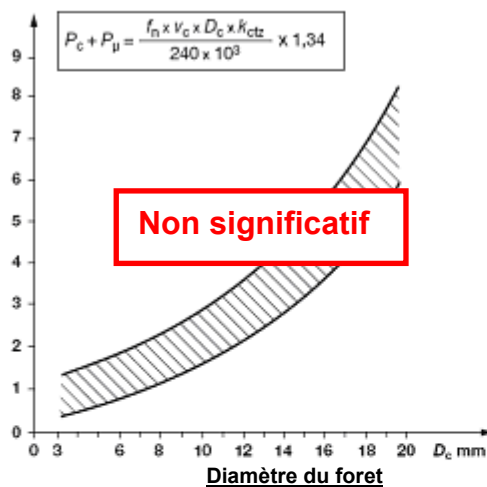
En revanche, la rectitude atteinte avec ce genre d'outil est largement inférieure à celle imposée par la définition.

En ce qui concerne les autres paramètres, il est nécessaire que le débit d'arrosage atteigne une valeur minimale imposée et que la pression d'arrosage soit également comprise dans les bornes fixées.

Pc (kW)

Puissance Nette (kW)

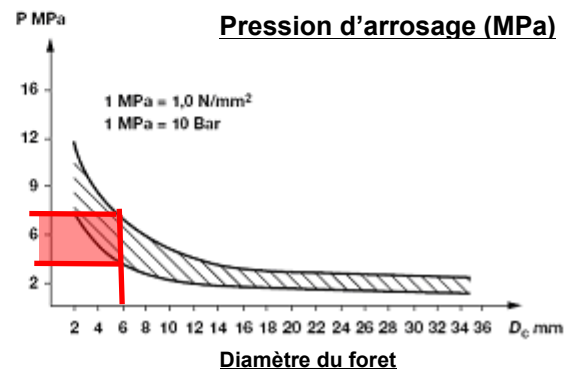
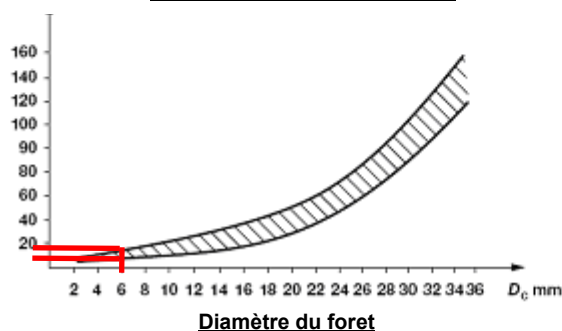
Rectitude du forage (mm)



q (l /min.)

Débit d'arrosage (l/min.)

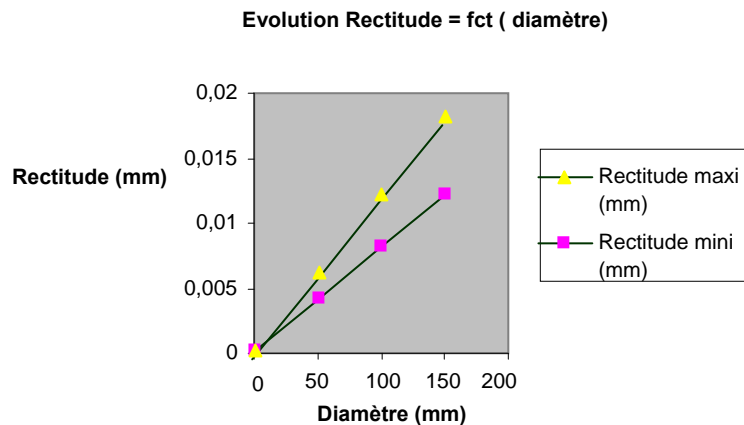
Pression d'arrosage (MPa)



**On relève donc :**

**Pression d'arrosage comprise entre 3.5MPa et 7.5MPa**

**Débit d'arrosage compris entre 10l/min. et 20l/min**



**Rectitude obtenue pour le diamètre 6 : supérieure à 0.0002 mm et inférieure à 0.0005 mm , dans tous les cas bien inférieure à la valeur maximale imposée.**

**Question n°10 :**

Compte tenu des exigences géométriques et dimensionnelles rappelées ci-dessus que doit respecter l'alésage, au regard de la rectitude qu'on peut obtenir avec ce type de foret  $\frac{3}{4}$  (HardCUT), on peut VALIDER le choix de ce type d'outil.

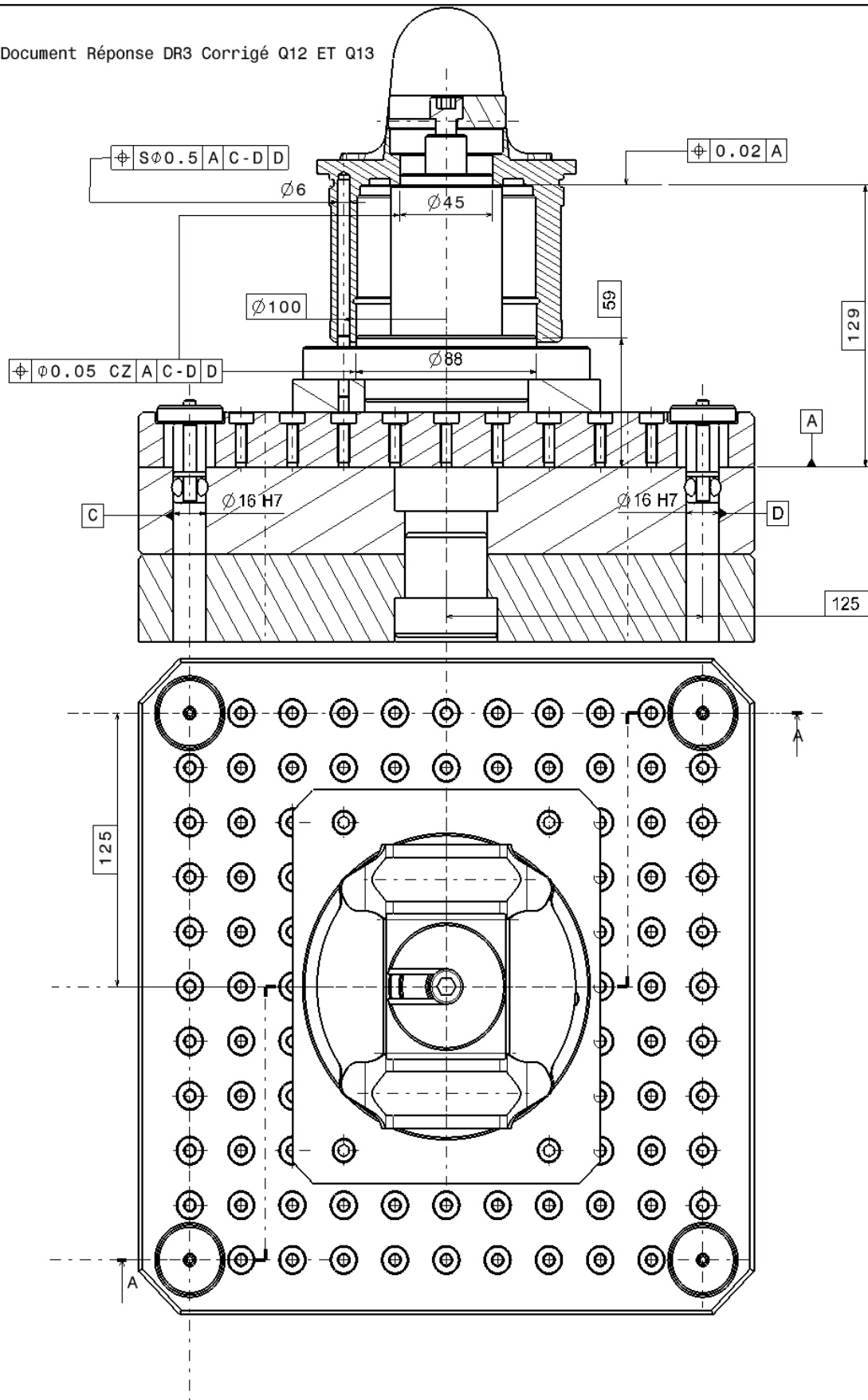
**Question n°11 :**

Pour envisager la capacité de ce nouveau Centre d'Usinage Horizontal , nous devons vérifier sa capacité à nous fournir une certaine pression d'arrosage et un certain débit accompagnés de l'arrosage centre broche.

En analysant le DRS9, on se rend compte que ce nouveau moyen devra avoir comme option particulière :

« Package de production système d'arrosage 980 litres, filtre à bandes en papier, arrosage par centre broche sous 40 bars / 23 litres / min. , arrosage de l'aire d'usinage par buses en plafond 300 litres/min, hublot rotatif »

**Partie E : Question n°12, 13 et 14 :**

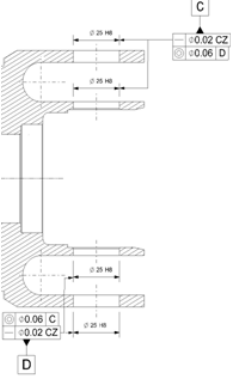


On accepte également pour la question 13, des schémas technologiques, cinématiques ou des croquis sur la feuille de copie pour définir le système de maintien en position.

## Partie 2 – Spécification technique

### Partie F :

#### Question n°15 :

Analyse des spécifications par zone de tolérance			Boitier d'irréversibilité		
Type de spécification	Éléments non idéaux		Éléments idéaux		
Forme <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Position <input checked="" type="checkbox"/> Battement <input type="checkbox"/> <b>Nom de la spécification :</b> Ex : localisation, planéité, battement	Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Références spécifiées	Zone de tolérance	
	Unique <input type="checkbox"/> Groupe <input checked="" type="checkbox"/>	Unique <input type="checkbox"/> Multiples <input checked="" type="checkbox"/>	Simple <input type="checkbox"/> Commune <input checked="" type="checkbox"/> Système <input type="checkbox"/>	Simple <input checked="" type="checkbox"/> Composée <input type="checkbox"/>	Contraintes : Orientations et position par rapport à la référence spécifiée
<b>Coaxialité</b>					
<b>Schéma</b>	nature géométrique	nature géométrique	nature géométrique et critère d'association	nature géométrique et dimension intrinsèque	
	Axe réel de 2 lignes nominalement circulaires, nominalement planes	Axe passant par les centres réels de 2 lignes nominalement circulaires, nominalement planes	Axe passant par les centres des 2 plus grands cercles inscrits nommé D	Cylindre de Ø 0.06	Axe confondu avec la référence spécifiée

Document Réponse DR4 corrigé

#### Question n°16 : réponse sous forme de tableau (DR5) ou sous forme littérale pour le corrigé

##### Procédé 1 : (priorité à la position de la palette)

- Pointage au foret à pointer pour minimiser les déviations du foret à l'attaque (cycle axial) ou alors suppression du pointage dans le cas de l'utilisation de foret autocentreur
- Perçage Ø10 au foret carbure monobloc pour minimiser la flexion des ailes de la chape – (cycle axial)
- Perçage Ø24.4 au foret carbure monobloc (cycle axial) ou à la fraise 2T, Ø24 à coupe centrale (cycle de contournage) pour minimiser les efforts de pénétration axiaux
- ½ finition à la barre d'alésage à grain pour rattraper les défauts dus au perçage (selon qualité de la machine) – (cycle axial)

e. Finition à la barre d'alésage à grain réglée sur la dimension de Ø25H8 ou alésoir (selon validation en production) - (cycle axial)

f. Rotation axe B de 180°

g. Reprise des opérations a. à d. incluse

**Procédé 2 : (Aucune rotation palette)**

a. Pointage au foret à pointer pour minimiser les déviations du foret à l'attaque (cycle axial)

b. Perçage Ø10 au foret carbure monobloc pour minimiser la flexion des ailes de la chape – (cycle axial) - longueur d'outil importante

c. Perçage Ø24.4 au foret carbure monobloc (cycle axial) ou à la fraise 2T, Ø24 à coupe centrale (cycle de contournage) pour minimiser les efforts de pénétration axiaux - longueur d'outil importante

d. ½ finition à la barre d'alésage à grain pour rattraper les défauts dus au perçage (selon qualité de la machine) – (cycle axial) – longueur d'outil importante

e. Finition à la barre d'alésage à grain réglée sur la dimension de Ø25H8 ou alésoir (selon validation en production) - longueur d'outil importante (cycle axial)

**Procédé 1 : (Avec rotation palette)**

Opérations	Outils coupants utilisés	Trajectoires d'usinage
a. Pointage	Foret à pointer (foret NC)	Linéaire (cycle axial)
<b>b. Perçage Ø10</b>	<b>Foret Ø10 carbure monobloc</b>	<b>Linéaire (cycle axial)</b>
<b>c. Perçage Ø24.4</b>	<b>Foret Ø24.4 carbure monobloc ou fraise 2T à coupe au centre Ø24</b>	<b>Linéaire (cycle axial) ou hélicoïdal ou interpolation circulaire (cycle de contournage)</b>
<b>d. ½ finition alésage</b>	<b>½ finition Barre d'alésage à grain</b>	<b>Linéaire (cycle axial)</b>
<b>e. Finition alésage</b>	<b>Barre d'alésage à grain réglée sur la dimension Ø25H8</b>	<b>Linéaire (cycle axial)</b>
Rotation axe B de 180°	/	/
Reprise des opérations nécessaires pour le 2 <sup>ème</sup> côté	/	/

## Procédé 2 : (Sans rotation palette)

### Procédé 2 (Sans rotation palette)

Opérations	Outils coupants utilisés	Trajectoires d'usinage
<i>a. Pointage</i>	<i>Foret à pointer (foret NC)</i>	<i>Linéaire (cycle axial)</i>
<i>b. Perçage Ø10</i>	<i>Foret Ø10 carbure monobloc (longueur outil importante)</i>	<i>Linéaire (cycle axial)</i>
<i>c. Perçage Ø24.4</i>	<i>Foret Ø24.4 carbure monobloc ou fraise 2T à coupe au centre Ø24 (longueur outil importante)</i>	<i>Linéaire (cycle axial) ou hélicoïdal ou interpolation circulaire (cycle de contournage)</i>
<i>d. ½ finition alésage</i>	<i>½ finition Barre d'alésage à grain (longueur outil importante)</i>	<i>Linéaire (cycle axial)</i>
<i>e. Finition alésage</i>	<i>Barre d'alésage à grain réglée sur la dimension Ø25H8 (longueur outil importante)</i>	<i>Linéaire (cycle axial)</i>

### Question n°17 :

	Procédé 1 (Avec rotation Palette)	Procédé 2 (Sans Rotation Palette)
Précision de la mise en position de la pièce sur le montage	X	X
Déformation de la pièce sous l'action des efforts de serrage		
Déformation de la pièce liée aux efforts de coupe	X	X
Déformation de l'outil liée aux efforts de coupe		
Déformation liée à la longueur utile minimum de l'outil	X	X
Dispersion de remise en position de la palette lors de la rotation	X	
Position du montage par rapport au centre de la palette	X	

## Partie G :

### Question n°18:

En se plaçant à la moyenne des paramètres de coupe préconisés par le Fournisseur de l'outil coupant :

. Perçage en pleine matière :  $a_p = D/2 = 12\text{mm}$

.  $\kappa_r = 88^\circ$  (on relève cette valeur sur le DRS13)

. Calcul de  $K_{cfz}$  :

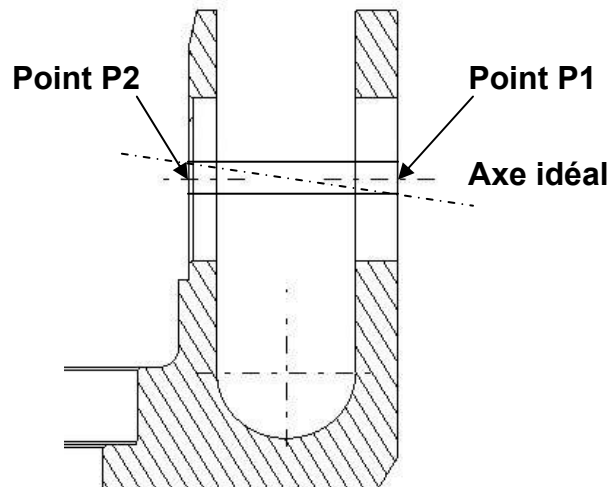
$$K_{cfz} = K_{c0.4} \times \left( \frac{0.4}{f_z \times \sin \kappa_r} \right)^{0.29} \quad \underline{K_{cfz} = 4624,5 \text{ N / mm}^2}$$

. Evaluation de  $F_f$  :

$$F_f = 0,5 \times a_p \times f \times K_{cfz} \times \sin \kappa_r \quad \underline{F_f = 4991.4 \text{ N } (F_f = 5000\text{N environ !})}$$

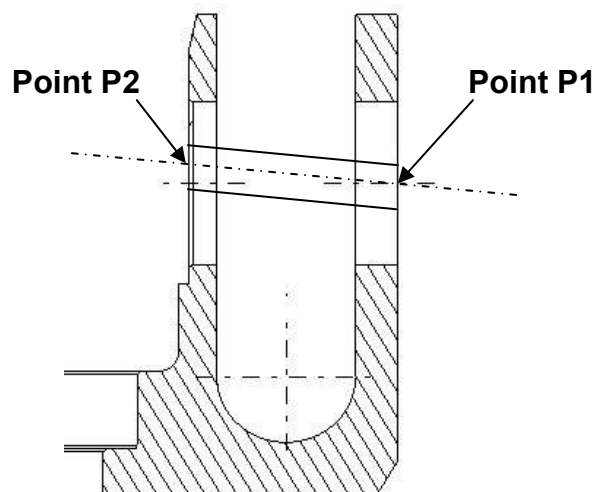
### Question n°19 : Flexion

#### Questions n°20, 21, 22 :



$$\tan \alpha_{\max i} = 0.2/30 \text{ soit } \alpha_{\max i} = 0.38^\circ$$

**Question n°23:**



**Valeur de la déformée durant le perçage :  $x = - 0.697$**

**$\tan \alpha = x/50$  ;  $\alpha = - 0.8^\circ$**

**La valeur de l'angle  $\alpha$  calculé est incompatible avec l'angle  $\alpha_{\max i}$  entre l'axe idéal et l'axe après perçage.**

**Question n°24:**

- . Augmenter le nombre d'opérations au détriment de la productivité**
- . Diminuer les paramètres de coupe au détriment de la productivité, de la durée de vie des outils, de l'écrouissage de la matière**
- . Rigidifier la zone de l'étude**

**Proposition de modification de forme au bureau d'études :**

**Rayonner davantage le pied des ailes de la chape pour conférer davantage de rigidité – Attention toutefois aux interférences éventuelles avec les pièces environnantes**

**Modifications de processus :**

- . Supprimer l'opération d'ébauche des chapes effectuées dans une phase précédente pour garder de la rigidité au niveau des ailes de la chape et percer, aléser dans le « plein » puis ébaucher et finir les 2 évidements → avec le risque de ne pas respecter les contraintes dimensionnelles et géométriques**

des ailes de la chape ( distances, parallélisme) à cause d'une grosse opération d'ébauche placée tardivement dans la gamme de fabrication.

**Modifications de processus induisant une modification de forme du bureau d'études :**

**En phase 40 : Ebauche des chapes (intérieur et extérieur)**

**En phase 60 ss phase 610 :**

- . Finition du côté extérieur des ailes de la chape**
  - . Calibration en ½ finition des évidements intérieurs (dimension de 18 ou 19mm) de chaque côté**
  - . Alésage des ailes de la chape en minimisant les déformations (chape plus épaisse)**
  - .Reprise de ces surfaces intérieures en sous phase 620 pour calibrer la dimension de 20mm dans la partie haute des ailes de chape avec une fraise 2T**
- >> Demande de modification au bureau d'études en admettant un ressaut admissible pour ces surfaces qui sont générées dans 2 posages différents et qui ne peuvent pas être coïncidentes à cause des dispersions de reprise...**