

## Proposition de corrigé

Concours : Banque PT

Année : 2013

Filière : PT

Épreuve : Sciences Industrielles C

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](http://www.upsti.fr) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

### A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

### Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : [corrigesconcours@upsti.fr](mailto:corrigesconcours@upsti.fr).

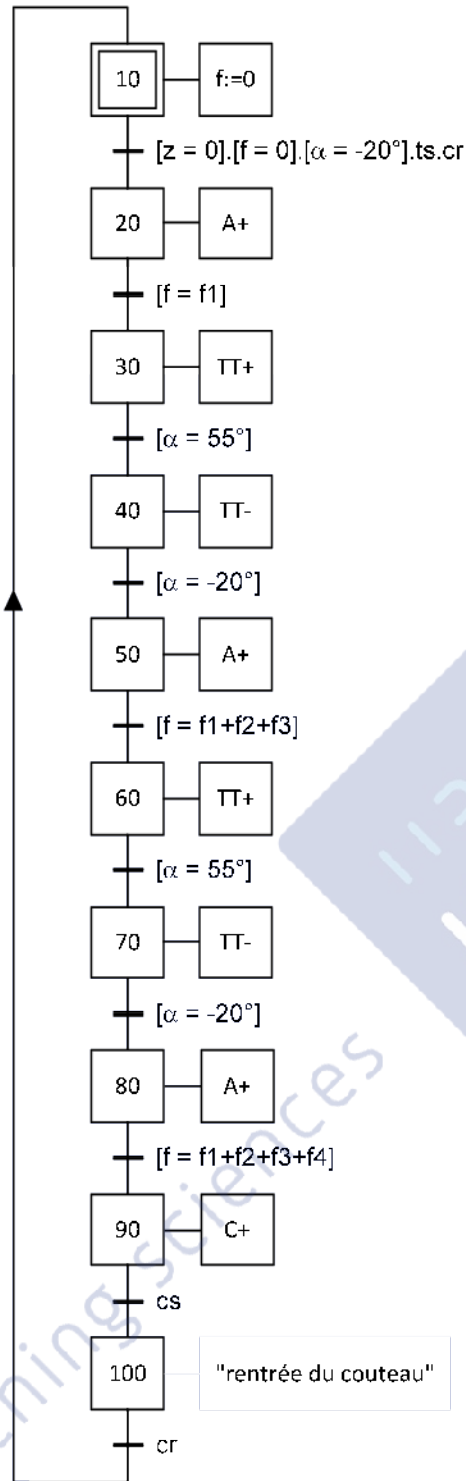
### Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : [www.upsti.fr](http://www.upsti.fr)

L'équipe UPSTI

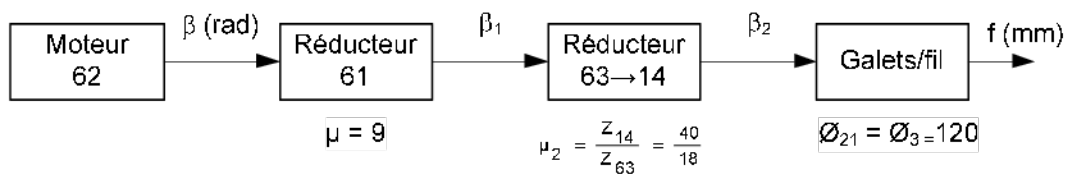
**Partie I**

**Question 1 : Grafset de production normale**



Rem : on suppose que pour [f = 0], le couteau est au niveau de la section d'entrée du coude 1. Pour cela il est nécessaire d'avoir un cycle initial de coupe de l'extrémité de chaque nouvelle bobine de fil.

**Question 2 : Déterminer f sous forme littérale**

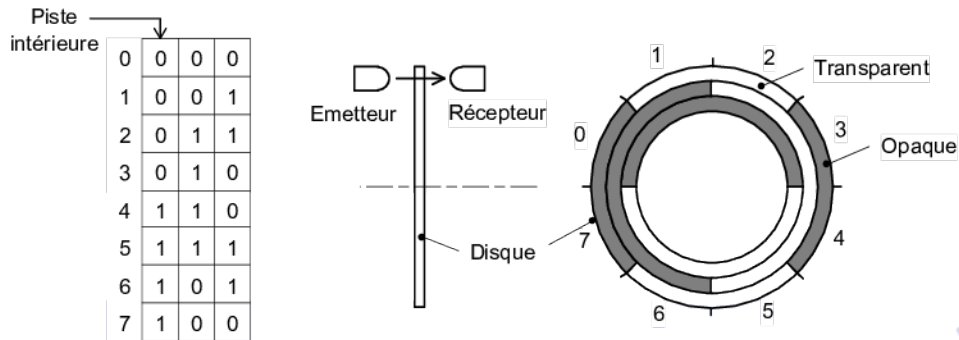


$$\beta_1 = \frac{\beta}{\mu} ; \beta_2 = \frac{\beta_1}{\mu_2} ; f = \frac{\Phi_{21}}{2} \cdot \beta_2 \Rightarrow f = \frac{\Phi_{21} \cdot \beta \cdot Z_{63}}{2 \cdot \mu \cdot Z_{14}}$$

**Question 3 : Fonctionnement d'un codeur numérique absolu de position à trois pistes en code Gray**

Le capteur est à 3 pistes en codage binaire réfléchi (code Gray), donc sur 3 bits, soit  $2^3 = 8$  positions différentes de 0 à 7.

Rem : au démarrage, il est nécessaire d'initialiser l'axe sur un capteur spécifique pour savoir dans quel tour l'axe se trouve.



**Question 4 : Incrément minimum  $\Delta\beta$**

Le capteur comporte 10 pistes  $\Rightarrow 2^{10}$  positions = 1024 positions / tour de codeur

$$\Rightarrow \Delta\beta = \frac{2\pi}{1024} \approx \frac{6}{1024} \Rightarrow \Delta\beta \approx 6.10^{-3} \text{ rad}$$

**Question 5 : Incrément minimum  $\Delta f$**

D'après Q2 :  $f = \frac{\Phi_{21} \cdot \beta \cdot Z_{63}}{2 \cdot \mu \cdot Z_{14}} \Rightarrow \Delta f = \frac{\Phi_{21} \cdot Z_{63}}{2 \cdot \mu \cdot Z_{14}} \cdot \Delta\beta = \frac{120.18}{2.9.40} \cdot 6.10^{-3} \Rightarrow \Delta f = 18.10^{-3} \text{ mm}$

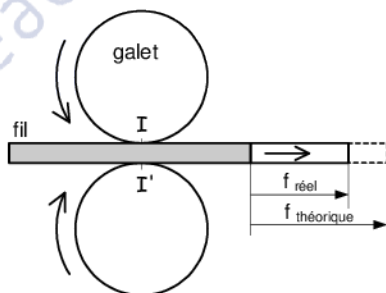
**Question 6 : Hypothèse « la longueur de fil à amener est la longueur de l'axe du fil »**

On a :  $w \leq \frac{d}{2}$ ,  $\forall \frac{R_i}{d}$  (si :  $3 \leq d \leq 10 \Rightarrow 1 \leq \frac{R_i}{d} \leq 3,3$ ) Donc, la fibre neutre est côté intérieur de la pliure  $\Rightarrow$  Longueur réellement amenée > longueur théorique à amener

L'écart maximal entre ces 2 longueurs est obtenu pour  $w = \frac{d}{3}$ , soit :  $\frac{R_i}{d} \approx 1$  donc pour :  $d = 10 = d^*$

$$\Rightarrow \Delta f_{\text{maxi}} = f_{\text{réel}} - f_{\text{théorique}} = \frac{\pi}{2} \left[ \left( R_i + \frac{d^*}{2} \right) - (R_i + w) \right] = \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{d^*}{2} - w \right) = \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{d^*}{2} - \frac{d^*}{3} \right) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{d^*}{6} = \frac{3.10}{12} \Rightarrow \Delta f_{\text{maxi}} = 2,5 \text{ mm}$$

**Question 7 : Hypothèse « on néglige le glissement entre les galets 21 et le fil à amener »**



S'il y a glissement en I et I', l'avance du fil est réduite

$$\Rightarrow \text{Longueur réellement amenée} < \text{longueur théorique à amener}$$

**Partie II**

**Question 8 :** A partir d'une fermeture géométrique vectorielle, déterminer  $\alpha$  en fonction de  $Ri$ ,  $a$ ,  $b$  et  $d$

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE} + \vec{EA} = \vec{0} \quad \text{En projection sur } \vec{X} \text{ et } \vec{Y} : \begin{cases} / \vec{X} & a \cdot \cos\alpha - (b + d + Ri) \cdot \sin\psi = 0 \\ / \vec{Y} & a \cdot \sin\alpha - (b + d + Ri) \cdot \cos\psi - \left(Ri + \frac{d}{2}\right) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (b + d + Ri) \cdot \sin\psi = a \cdot \cos\alpha \\ (b + d + Ri) \cdot \cos\psi = \left(Ri + \frac{d}{2}\right) - a \cdot \sin\alpha \end{cases} \Rightarrow (b + d + Ri)^2 = a^2 \cdot \cos^2\alpha + \left(Ri + \frac{d}{2}\right)^2 + a^2 \cdot \sin^2\alpha + (2 \cdot Ri + d) \cdot a \cdot \sin\alpha$$

$$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{a^2 + \left(Ri + \frac{d}{2}\right)^2 - (b + d + Ri)^2}{a \cdot (2 \cdot Ri + d)} \approx \alpha \quad (\alpha \text{ faible})$$

**Question 9 :** Application numérique

$a = 50$   
 $Ri = 200$   
 $d = 10$   
 $b = 10$

$$\alpha = \frac{50^2 + (200 + 5)^2 - (10 + 10 + 200)^2}{50 \cdot (400 + 10)} = \frac{2500 + 42025 - 48400}{50 \cdot 410} = \frac{44525 - 48400}{20500} = \frac{3875}{20500}$$

$$\Rightarrow \alpha \approx -0,189 \text{ rad} \quad \text{ou :} \quad \alpha = \frac{-0,189}{\pi} \cdot 180 \approx -0,06 \cdot 180 \approx 10,8^\circ$$

**Question 10 et 11 :** Etude graphique

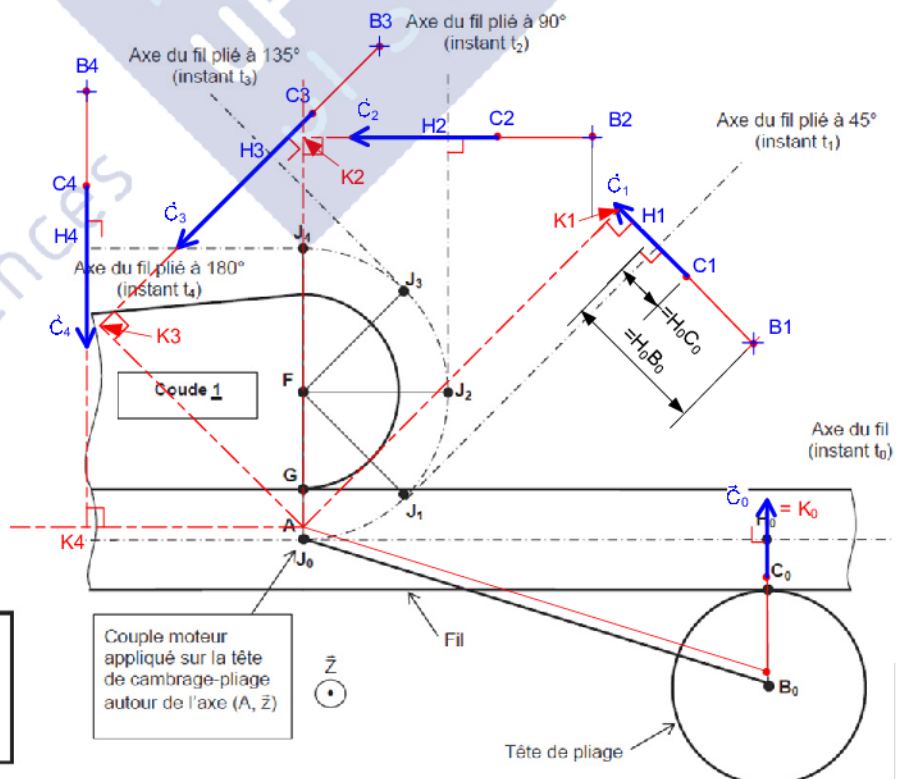
Q10. et Q11. Etude graphique.

$M_f = 75 \text{ N.m}$

On pose :  $\vec{C}_i$  = force tête → fil

$$\|\vec{C}_i\| = \frac{M_f}{J_i H_i}$$

	$J_i H_i$	[m]	$\ \vec{C}_i\ $
	éch 2	éch 1	[N]
0	0,096	0,048	1600
1	0,072	0,036	2100
2	0,051	0,0255	3000
3	0,038	0,019	3900
4	0,046	0,023	3300

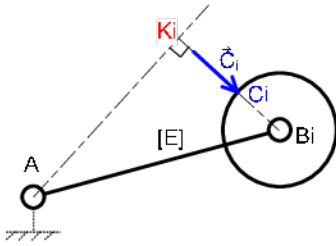


$AB_0 = a$   
 $B_0C_0 = b$   
 $AG = d / 2$   
 $FG = Ri$

Echelle des forces  
 1 cm ↔ 1000 N

Echelle des distances  
 2 : 1

**Question 11 et 12 : Couple moteur**



On isole l'ensemble E = [rotor + gale] de la tête de cambrage-riage.  
Hypothèse : en A pivot parfaite

Le mouvement se fait à faible vitesse ; les phénomènes d'inertie sont négligés.

On applique le théorème du moment statique à [E] au point A :

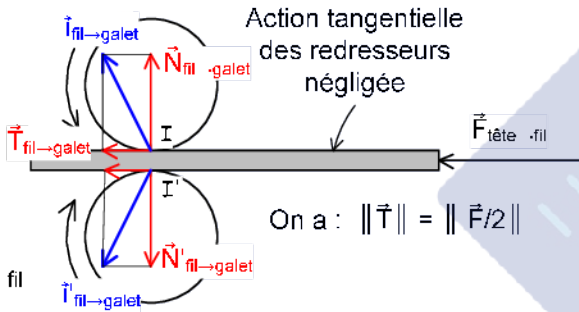
$$C_m = AK_i \cdot \|\vec{C}_i\|$$

Instant	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
Aki (éch 2) [m]	0,096	0,093	0,081	0,060	0,047
Aki (éch 1) [m]	0,048	0,0465	0,0405	0,030	0,0235
Effort $\ \vec{C}_i\ $ [N]	1600	2100	3000	3900	3300
<b>Cm [N.m]</b>	<b>77</b>	<b>98</b>	<b>122</b>	<b>117</b>	<b>77</b>

Conclusion : avec un couple C<sub>max</sub> de 500 N.m, le moteur est largement dimensionné pour cette application.

**Partie III**

**Question 13 : Effort normal N au contact d'un gale et effort de serrage de la vis**



Hypothèse : facteur d'adhérence = facteur de frottement

On se place à la limite de l'adhérence :

$$\frac{T/2}{N} = \tan \phi = f \Rightarrow N = \frac{T/2}{f} = \frac{400}{0,1} \Rightarrow N = 40000N$$

Si on fait l'équilibre d'un ensemble [3+5+8+57] et qu'on néglige les frottements :  $F = N = 40000 N$

**Question 14 : Avantages d'un système vis-écrou différentiel**

- Précision du réglage
- à résistance au matage égale, une seule vis à pas fin (ici 0,5 mm) nécessiterait d'avoir un diamètre plus important

**Question 15 : Translations z(5/54), z(7/4) et l'angle θ correspondant à la phase d'approche du fil**

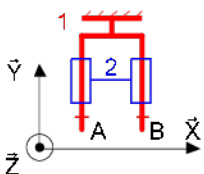
$z(5/54) = z(5/7) + z(7/54) = z(5/7) = +p_8 \cdot n_7$  avec : n<sub>7</sub> = angle de rotation de la vis 7/54 en tours  
(on a un signe +, car lors de l'approche, avec p<sub>8</sub> < p<sub>6</sub>, 7 se visse dans 5 et 5 se rapproche de 54)

$$z(7/4) = -p_6 \cdot n_7$$

Descente du gale :  $z(3/4) = z(5/4) = z(5/7) + z(7/4) = z(5/54) + z(7/4) = (p_8 - p_6) \cdot n_7$

$$\Rightarrow n_7 = \frac{z(3/4)}{p_8 - p_6} = \frac{-2}{-0.5} = 4 \text{ tours} \quad \text{ou : } \theta = 8 \cdot \pi \text{ rad} \Rightarrow z(5/54) = 4 \cdot p_8 = 8 \text{ mm} \quad \text{et : } z(7/4) = -4 \cdot p_6 = 10 \text{ mm}$$

**Question 16 : Liaison équivalente**



Choix d'une méthode statique : torseurs tous écrits en A, dans la base (X̄, Ȳ, Z̄) :

$$[\mathcal{T}_{4 \rightarrow 5}] = [\mathcal{T}_{4 \rightarrow 5}(A)] + [\mathcal{T}_{4 \rightarrow 5}(B)] = \begin{bmatrix} X_A & L_A \\ Y_A & M_A \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_B & L_B \\ Y_B & M_B \\ 0 & -AB \cdot X_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A + X_B & L_A + L_B \\ Y_A + Y_B & M_A + M_B \\ 0 & -AB \cdot X_B \end{bmatrix}$$

C'est bien le torseur statique d'une liaison glissière parfaite d'axe Y

**Question 17 : Avantages et inconvénients d'un système hyperstatique****Avantages :**

- rigidité
- utilisation de surfaces de guidage simples (cylindres)
- utilisation possible de composants standards (douilles à billes, coussinets, barres calibrées)

**Inconvénients :** hyperstatique d'ordre 3, induisant des contraintes géométriques.

- parallélisme des 2 axes de pivot glissant
- entraxe

**Question 18 : Degré d'hyperstatisme**

Les hypothèses reviennent à enlever les galets et le fil du modèle cinématique figure 8b.  
La mobilité de ce modèle est 1 (rotation du rotor/stator moteur).

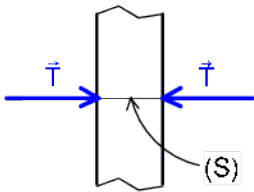
On a donc (méthode statique), degré d'hyperstatisme :

$$h = m - 6(p-1) + \sum IS_i \quad (p = \text{nb de pièces, } \sum IS_i = \text{nb total d'inconnues statiques de liaison})$$

$$h = 1 - 6 \cdot (4 - 1) + (2 \times 5 + 2 \times 5 + 5) \quad (2 \text{ hélicoïdales, 2 pivots, 1 glissière})$$

$$h = 1 - 18 + 25 = 8$$

$$h = 8$$

**Partie IV****Question 19 : Effort nécessaire pour couper le fil**

L'effort tranchant génère une contrainte tangentielle  $\tau$  dans la section droite (S).

On suppose  $\tau$  uniforme. Condition de rupture :  $\tau = \frac{T}{S} = \tau_R \Rightarrow T = \tau_R \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

$$T = 360 \cdot \frac{3 \cdot 100}{4} \Rightarrow T = 27000 \text{ N}$$

**Question 20 : Vérification de la pression**

Le vérin est simple effet (Doc R3) et la tige sort pour la coupe ; la chambre AR est donc alimentée.

$$\text{D'où : } p = \frac{T}{\frac{\pi \cdot D_e^2}{4}} = \frac{27000 \cdot 4}{3 \cdot 140^2} = \frac{3^3 \cdot 4 \cdot 10^3}{3 \cdot 49 \cdot 4 \cdot 10^2} = \frac{3^2 \cdot 10}{49} \approx \frac{90}{50} \quad p = 1,8 \text{ MPa} = 18 \text{ bars}$$

La pression d'alimentation de 60 bars est donc largement suffisante pour couper le fil de diamètre 10

Remarque : Pourquoi donner la pression en MPa ? Ce n'est pas l'unité de pression usuelle rencontrée dans les documentations techniques .

**Partie V****Question 21 : Procédé d'obtention du brut**

Matière : acier non allié.

Série : petite série

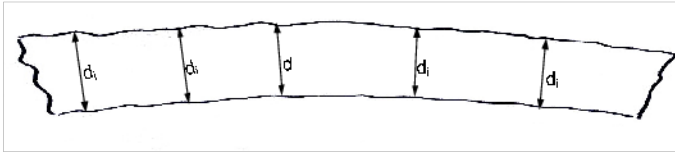
Pièce usinées aux formes extérieures prismatiques (132 x 132 x 450)

Brut longueur 454 découpé dans une barre laminée de 140 x 140

Remarque : solution fonderie trop complexe. Acier à bas taux de carbone très délicat à mettre en œuvre en fonderie. Seul avantage de cette solution : obtenir les 4 lignes alésées ébauchées (4 noyaux sable).

**Question 22 : Désignation de l'acier C38**

Acier non allié comportant 0,8 % de carbone, le reste étant du fer

**Question 23 : Spécification  $132 \pm 0,05$** 

Distance locale entre deux points en vis-à-vis.

Toutes les distances locales  $d_i$  doivent être dans l'intervalle de tolérance  $131,95 \leq d_i \leq 132,05$

**Question 24 : Voir grille GPS à la fin du corrigé****Question 25 : Conditions de coupe en ébauche**

Vitesse de rotation de la fraise :

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{11 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 240}{11 \cdot 160} = \frac{1000 \cdot 3}{11 \cdot 2} = 500 \text{ tr / min}$$

Vitesse d'avance de la fraise  $V_f = f_z \cdot Z \cdot N = 0,25 \cdot 10 \cdot 500$   $V_f = 1250 \text{ mm / min}$

Profondeur de passe maximum : utilisation de la puissance maximum disponible à la broche.

$$a_p = \frac{P_{\text{Maxi}} \cdot 6 \cdot 10^7}{a_e \cdot V_f \cdot K_c} = \frac{20 \cdot 6 \cdot 10^7}{132 \cdot 1250 \cdot 2000} = \frac{10^7}{22 \cdot 1250 \cdot 10^2} = \frac{10^4}{11 \cdot 250} = \frac{10^3}{275}$$
 $a_p = 3,6 \text{ mm}$

**Question 26 : Puissance de coupe**

Pour enlever les 4 mm de surépaisseur :

- 1) Ebauche : profondeur de passe de 3 mm (on se réserve une marge de puissance).
- 2) Finition : profondeur de passe de 1 mm

	Profondeur $a_p$	Vitesse de coupe $V_c$	Vitesse de rotation $N$	Avance par dent $f_z$	Avance $V_f$	Puissance $P$
<b>Ebauche</b>	3 mm	240 m / min	500 tr / min	0,25 mm	1250 mm / min	16,5 kW
<b>Finition</b>	1 mm	300 m / min	625 tr / min	0,10 mm	625 mm / min	2,75 kW

Commentaires :

- en ébauche on a une petite marge de puissance qui pourrait être utile quand les plaquettes seront en fin de vie.
- en finition la puissance est très faible : calcul sans intérêt.

**Question 27 : Agencement d'opérations pour la sous-phase 10**

Il faut dans cette phase d'usinage :

- Surfaçer le plan F : ébauche puis finition avec une fraise carbure à surfaçer  $\varnothing 160$  (voir question 26)
- Réaliser l'alésage  $\varnothing 80$  H7 : ébauche puis finition pour obtenir la qualité 7.
- Réaliser l'alésage  $\varnothing 82$  H11 : une ébauche soignée peut suffire pour obtenir la qualité 11.
- Réaliser l'alésage  $\varnothing 90$  H7 : ébauche puis finition pour obtenir la qualité 7.
- Réaliser le lamage supérieur : on peut supposer une qualité 13

Problèmes :

- Epaisseur de la pièce (132), donc longueur des outils.
- Ebauche dans la masse de gros diamètres.
- On n'a pas une liste précise des outils de coupe disponible : forets (ARS, carbure monobloc pour les petits diamètres, à plaquettes rapportées ??), outils à aléser (a-t-on un alésoir machine de 80 ?)

Pour l'ébauche dans la masse de gros diamètres on peut envisager 3 solutions :

1 - Perçages successifs avec des forets en ARS (3 à priori).

Questions concernant cette solution :

- A-t-on un foret de 79 , voire un de 89 ?
- La puissance du moteur de broche est-elle suffisante (très faible vitesse de rotation) ?
- La poussée du moteur d'avance est-elle suffisante ?

2 - Perçage avec un foret carbure à plaquettes diamètre 75 (coût 1500 Euros !). Les mêmes questions de puissance et de poussée se posent.

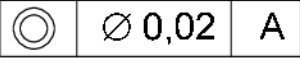
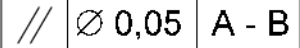
3 - Forage avec une fraise carbure à plaquettes rondes ( $\varnothing 32$  par exemple) en interpolation hélicoïdale avec refroidissement à l'air : solution utilisant un outil non spécifique. La lubrification à l'air doit être particulièrement soignée afin de favoriser le dégagement des copeaux.

Fort de ces remarques (**qui dépassent les connaissances de nos étudiants**), suite à l'ébauche précédente (solution 3), on propose les opérations suivantes :

Opération	Outil
a) Surfaçage ébauche du plan F	Fraise carbure à surfaçer $\varnothing 160$
b) Surfaçage finition du plan F	Fraise carbure à surfaçer $\varnothing 160$
c) Ebauche du lamage, du $\varnothing 90$ , $\varnothing 82$ et $\varnothing 80$	Fraise carbure $\varnothing 32$ à plaquettes rondes (descente en interpolation hélicoïdale).
d) Finition du lamage	Fraise carbure à surfaçer dresser $\varnothing 32$
e) Demi finition du $\varnothing 90$	Fraise carbure à surfaçer dresser $\varnothing 32$
f) Finition du $\varnothing 82$ H11	Fraise carbure à surfaçer dresser $\varnothing 32$
g) Demi finition du $\varnothing 80$	Fraise carbure à surfaçer dresser $\varnothing 32$
h) Finition du $\varnothing 90$ H7	Outil à aléser à plaquette cermet $\varnothing 90$
i) Finition du $\varnothing 80$ H7	Outil à aléser à plaquette cermet $\varnothing 80$



**Question 24 :**

Tolérance : •Symbole •Nom •Type (forme, orientation, position, battement)	Eléments non idéaux			Eléments idéaux	
	Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance	
				Forme	Position
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">  </div> <b>Nom</b> : coaxialité  <b>Type</b> : position	Ligne réputée droite (verte) axe d'une surface réputée cylindrique (Ø 90 H7).	Ligne réputée droite axe d'une surface réputée cylindrique (Ø 80 H7 repéré A).	Axe (rouge) du plus gros cylindre tangent à A du coté libre de la matière, limitant les écarts.	Cylindre Ø 0,02	Coaxial à la référence spécifiée
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">  </div> <b>Nom</b> : parallélisme  <b>Type</b> : orientation	Ligne réputée droite (verte) axe d'une surface réputée cylindrique (Ø 80 H7).	2 lignes réputées droites axes de 2 surfaces réputées cylindriques (Ø 80 H7 repéré A et Ø 90 H7 repéré B).	Axe commun (rouge) du plus gros cylindre tangent à A, du coté libre de la matière, limitant les écarts, et du plus gros cylindre tangent à B, du coté libre de la matière, limitant les écarts.  <i>Rem : pour A et B on est en présence de cylindres courts</i>	Cylindre Ø 0,05	Parallèle à la référence spécifiée

Montage de roulements :  
position axiale précise

⇒ roulements à contact oblique ⇒ 2 solutions :

- 2 rts à contact oblique montés en opposition
- 1 roulement à 2 rangées de billes à contact oblique  
+ 1 roulement à rouleaux cylindriques

Avec un effort radial de 40000 N sur le galet :

-  $r^l$  gauche :  $F_{rG} = 59000$  N et  $r^l$  droit :  $F_{rD} = 17600$  N

Dimensionnement avec  $C_0$  (charge statique de base)

et facteur de sécurité statique  $s_0 = 1$  :

$P_{0G} = 59000$  N ;  $P_{0D} = 17600$  N

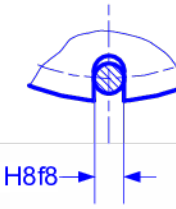
seule la 2<sup>e</sup> solution est acceptable avec  $r^l$  à rouleaux à G :

NU 35x80x21  $C_{0G} = 68000$  N et 35x80x34,9  $C_{0D} = 49500$  N

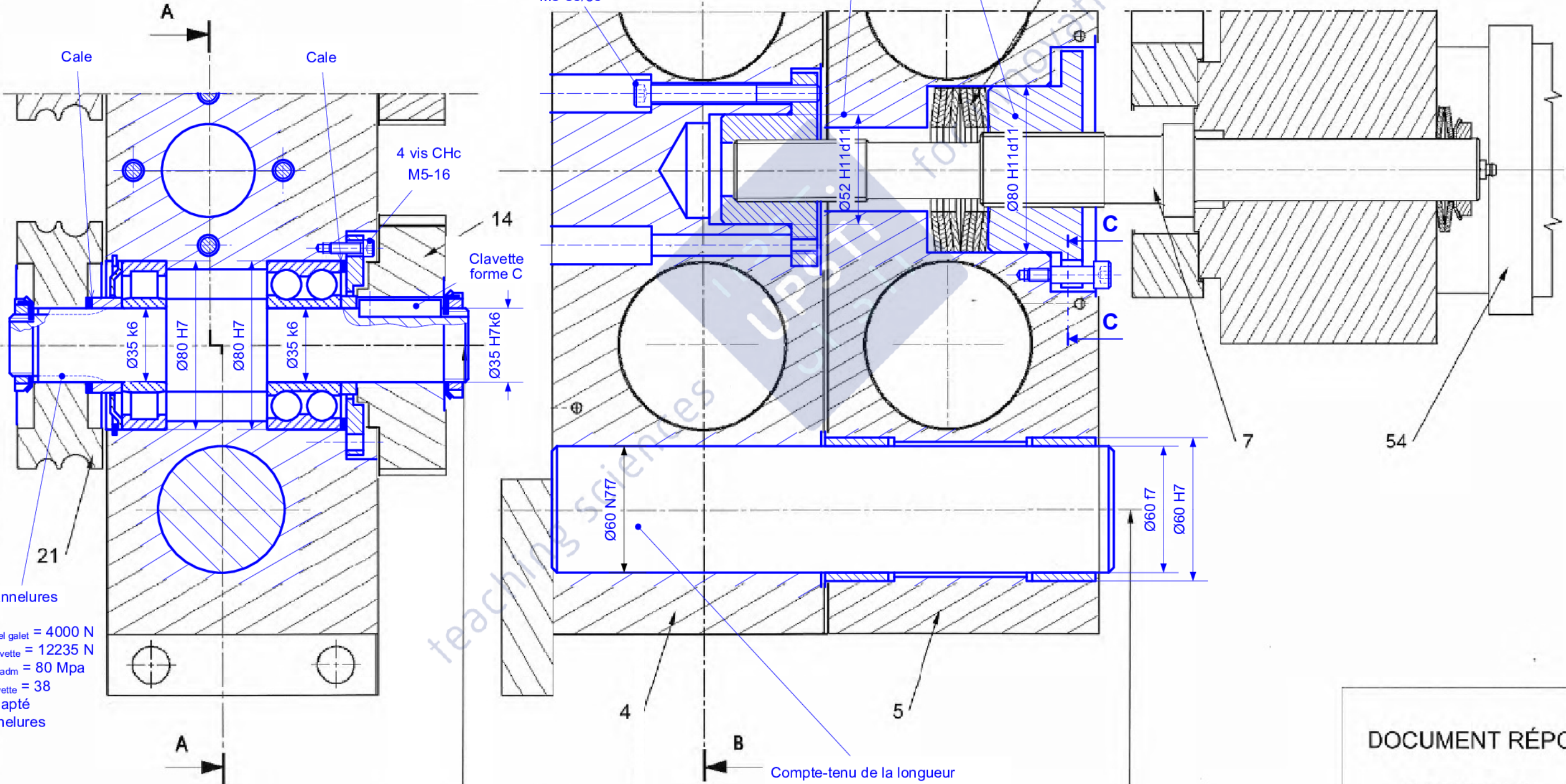
Hypothèse : bloc 5 représenté en position serrée

L'accès sous le bloc 4 permet le serrage une fois l'ensemble [bloc 5 + rondelles 57 + écrou 8 + vis 7 + écrou 6] monté et engagé dans le bloc 4 (résolution de l'hyperstatisme et facilité de montage du vis-écrou différentiel)

C-C



Un seul arrêt ponctuel suffit (le couple sur la vis est faible)  
La tête de vis permet le recul du bloc 5 au desserrage



$F_{\text{tangentielle galet}} = 4000$  N  
⇒  $F_{\text{clavette}} = 12235$  N  
Avec  $p_{\text{adm}} = 80$  Mpa  
⇒  $L_{\text{clavette}} = 38$   
⇒ inadapté  
⇒ cannelures

Axe de l'arbre intermédiaire

Axe de la colonne 16

Compte-tenu de la longueur emmanchée serrée, un ajustement du type H7k6 devrait suffire

DOCUMENT RÉPONSE

Echelle 1 : 2 A3

Systeme d'amenage