

## Proposition de corrigé

Concours : Banque PT

Année : 2018

Filière : PT

Épreuve : Sciences Industrielles B

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

## Proposition de correction : SI B – Banque PT – 2018

### Question 1

La section de la partie centrale étant conservée à l'identique et la partie externe restant de même géométrie, l'ajout de matière se réduit, en première approximation, à deux rectangles pleins de part et d'autre du trou du porte-lame et de longueur 700mm. L'ajout de masse est donc :

$$M_{ajout} = \rho_{alu} * 0,7 * E_{PL} * (H_{PL} - T_{PL}),$$

soit  $M_{ajout} = 2700 * 0,7 * 10^{-2} * 5 * 10^{-2} \approx 1 \text{ kg}$ .

La masse du porte-lame est donc approximativement de  $M_{porte-lame} \approx 2,4 \text{ kg}$ .

Pour la lame, on remarque que la nouvelle longueur (1050mm) est trois fois celle de la lame initiale, donc  $M_{lame} \approx 0,6 \text{ kg}$ .

On déduit que la masse de l'ensemble {lame + porte-lame} est approximativement de  $M_{lame+porte-lame} \approx 3 \text{ kg}$ .

### Question 2

La présence de deux vérins permet d'éviter les blocages de la lame en phase de levage (arc-boutement) ainsi qu'une meilleure répartition des efforts sur le porte-lame. De plus la position en fin de course ne dépendra pas en fin de course du jeu dans le guidage.

### Question 3

Le mouvement souhaité étant une translation (levée et descente) de l'ensemble {lame+porte-lame} à course fixe, on peut se contenter d'actionneurs tout ou rien double effet.

### Question 4

Afin de pouvoir soulever le nouvel ensemble {lame + porte-lame}, la résultante des forces exercées par les pistons ( $R_{pistons \rightarrow porte-lame}$ ) doit a minima pouvoir supporter le poids de cet ensemble. En prenant en compte le frottement :

$$R_{pistons \rightarrow porte-lame} = M_{lame+porte-lame} * g * 1,1 \approx 3,6 * 10 * 1,1 \approx 40 \text{ N}.$$

Cette force étant répartie sur les deux vérins, on a pour chacun d'entre eux :

$$p * S_{mini} = 20 \text{ N}, \text{ soit } S_{mini} = 20 / 0,2 = 100 \text{ mm}^2.$$

### Question 5

Le relèvement de l'ensemble {lame + porte-lame} se faisant lors de la rentrée de la tige des vérins, la section à considérer est de la forme :

$$S = \Pi \frac{(D_{piston}^2 - D_{tige}^2)}{4}.$$

La condition à vérifier est donc  $D_{piston}^2 - D_{tige}^2 > 133 \text{ mm}^2$ , ce qui est vérifié pour la première fois par le vérin de caractéristiques  $D_{piston} = 16 \text{ mm}$  et  $D_{tige} = 8 \text{ mm}$ , avec une marge de sécurité de 44 %.

### Question 6

La lame est soumise aux actions mécaniques exercées par :

- la liaison avec le porte-lame (vis de fixation) ;
- la pâte ;
- la pesanteur.

### Question 7



Du fait de la viscosité de la pâte, les efforts exercés sur la lame sont portés suivant  $y_1$  et  $z_1$ , avec une composante prépondérante suivant  $y_1$  et une composante négligeable suivant  $z_1$  si la viscosité de la pâte est faible.

### Question 8

La déformation sur la lame doit être limitée de sorte à respecter le critère de flèche maximum. Seule la déformation le long de  $y_1$  induit une variation d'épaisseur de pâte, il est donc cohérent de ne prendre en compte que les efforts suivant  $y_1$ .

### Question 9

La configuration la plus souple est celle d'une lame bi-appuyée sur le porte-lame qui comporte 2 degrés de liberté de plus que l'autre modélisation.

On aura alors principalement une configuration de sollicitations de flexion avec une force répartie.

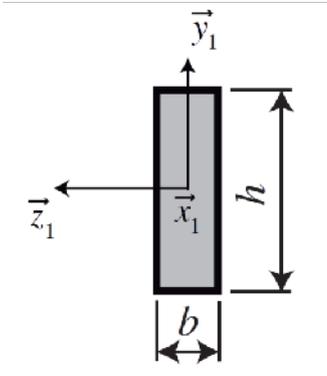
Type de sollicitation	VRAI	FAUX
Traction		X
Compression		X
Cisaillement	X	
Flexion	X	
Torsion		X

On aura un léger cisaillement au niveau des vis de fixation.

### Question 10

$$\{T^{coh}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ T_y(x) & 0 \\ 0 & M_{fz}(x) \end{pmatrix}_{(x_1, y_1, z_1)}$$

### Question 11



Pour la géométrie de section simplifiée présentée Figure 8 (p.21), on a :

$$I_{gz1} = \frac{b h^3}{12} = \frac{6 \cdot 20^3}{12} = 4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Et donc :

$$\delta \approx \frac{5 \cdot 2 \cdot 200 \cdot 10^9}{400 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^3} \approx 6,25 \text{ mm}$$

ce qui est environ 200 fois plus grand que la flèche maximum autorisée (une épaisseur de couche étant fixée à 0,03 mm) !!

### Question 12

Il faudrait un matériau avec un module d'Young plus grand afin de respecter le critère de flèche maximum. Les matériaux possédant les modules d'Young les plus élevés ne permettent pas d'atteindre un tel facteur correctif.

Pour exemple, le carbure de tungstène possède une valeur de module d'Young  $E_{wc} \approx 650 \text{ GPa}$  et le diamant  $E_c \approx 1000 \text{ GPa}$ . (ici il faudrait 5000 GPa !)

### Question 13

Pour  $h=20\text{mm}$ , il serait nécessaire de fixer  $b=6 \cdot 400=2400\text{mm}$ , ce qui est absurde.

Pour  $b=6\text{mm}$ , il serait nécessaire de fixer  $h=3 \sqrt[3]{400 \cdot 8000}=147\text{mm}$ , ce qui est plus raisonnable, mais reste excessif au vu des dimensions du porte-lame. De plus l'influence de la pesanteur ne serait probablement plus négligeable.

### Question 14

On remarque que l'ajout de fixation diminue la longueur de chaque portion de lame ainsi que l'effort s'y appliquant. Si l'on note  $n$  le nombre de fixations supplémentaires, alors l'effort sur chaque portion de lame est  $F_n = \frac{F}{n+1}$  et la longueur de chaque portion de lame est  $L_n = \frac{L}{n+1}$ .

Pour  $n$  fixations supplémentaires la flèche maximum de la lame est donc diminuée de  $(n+1) \cdot (n+1)^3 = (n+1)^4$ . On souhaite alors avoir :

$$(n+1)^4 > 200, \text{ soit } n \geq 3$$

### Question 15

La continuité entre deux tronçons se traduit par une orientation identique des sections sur les fixations supplémentaires, ce qui peut être modélisé par un encastrement des

sections sur les fixations supplémentaires. Or cette nouvelle liaison rigidifie la lame et ne remet donc pas en question le nombre de fixations supplémentaires définies à la question précédente.

Question 16

On souhaite que le défaut de parallélisme ne génère au maximum que 40% de l'épaisseur d'une couche, soit  $0,4 \cdot 30 = 12 \mu\text{m}$ . Les solutions envisageables sont donc celles surlignées :

Précision	Longueur du rail en mm												
	< 100	< 200	< 300	< 500	< 700	< 900	< 1 100	< 1 500	< 1 900	< 2 500	< 3 100	< 3 600	< 4 000
N	12	14	15	17	20	22	24	26	28	31	33	36	37
H	7	9	10	12	13	15	16	18	20	22	25	27	28
P	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	18	20	21

Question 17

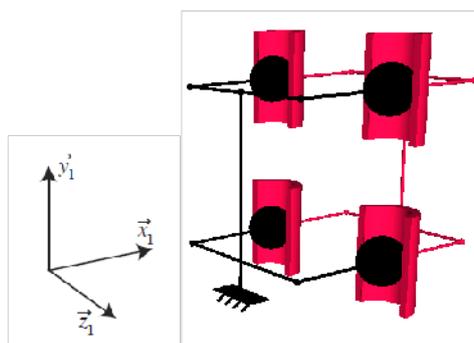
Compte tenu de la longueur de guidage souhaitée, il faut que la longueur du rail soit supérieure à 1,2m, (consigne paragraphe I13) il ne reste qu'une solution :

Précision	Longueur du rail en mm												
	< 100	< 200	< 300	< 500	< 700	< 900	< 1 100	< 1 500	< 1 900	< 2 500	< 3 100	< 3 600	< 4 000
N	12	14	15	17	20	22	24	26	28	31	33	36	37
H	7	9	10	12	13	15	16	18	20	22	25	27	28
P	3	4	5	6	7	8	11	13	15	18	20	21	21

Question 18

	1 patin par rail	2 patins par rail	3 patins par rail
1 rail	A	A	A
2 rails parallèles	A	B/C (-1ddl en trop)	C

Question 19



### Question 20

Le sujet nous impose la vision statique pour la détermination du degré d'hyperstatisme du modèle posé. On a :  $H = m_u + m_i + N_s - 6 (N_p - 1)$ .

On trouve **H= 3**

On trouve un hyperstatisme d'ordre 3 pour le modèle posé, on peut en conclure :

- 3 inconnues devront être posées (ou déterminées d'une autre manière) pour pouvoir déterminer la totalité des actions mécaniques dans les liaisons ;
- l'architecture retenue est relativement rigide pour le modèle. Si ce modèle colle à la réalité technologique, la solution adaptée est alors rigide. Ce qui amène des considérations dans la réalisation des différentes pièces formant le mécanisme, ainsi que dans le montage de ce dernier. On aboutira alors à une solution permettant un bon guidage.

### Question 21

On désire  $f_w < 1,2$ , pour cela il faut conserver  $V < 15 \text{ m.min}^{-1}$ .

Ainsi  **$V_{\max} = 15 \text{ m.min}^{-1} = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$**

### Question 22

Ainsi, en supposant la vitesse constante et donc en négligeant le temps d'accélération, on a :

$$T_{1\text{couche}} = \frac{L + L_{\text{deg}}}{V_{\text{raclage}}} = 60 \text{ s} = 1 \text{ min}$$

### Question 23

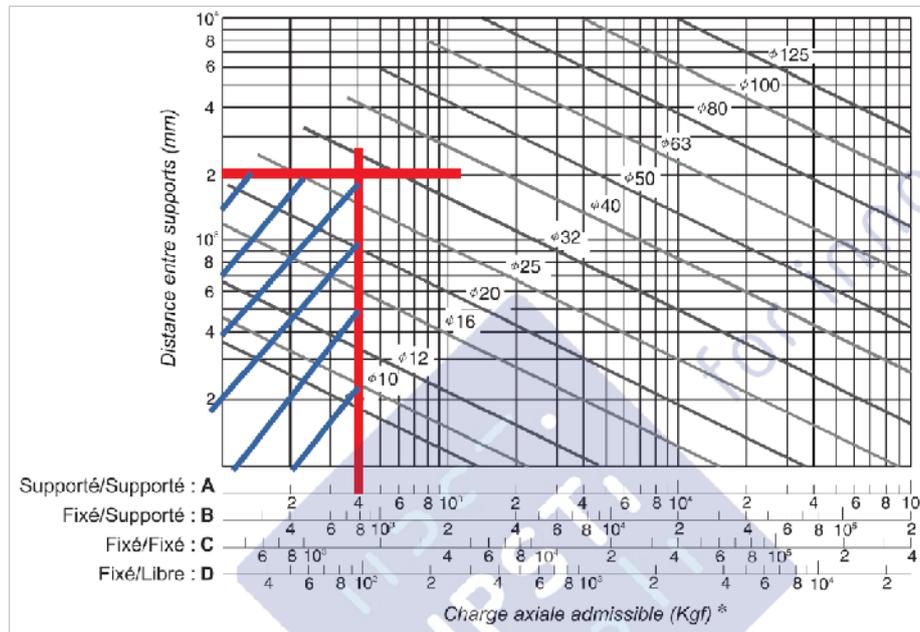
On a :

- $T_{\text{aller}} = N_{\text{couches}} T_{1\text{couche}} = 10\,000 \text{ min}$
- $T_{\text{retour}} = N_{\text{couches}} \frac{L + L_{\text{deg}}}{V_{\max}} = 800 \text{ min}$
- **$T_{\text{raclage}}^h = \frac{T_{\text{aller}} + T_{\text{retour}}}{60} = 180 \text{ heures}$**

Cela donne un temps total de 7,5 jours pour imprimer une pièce de dimension maximale possible avec cette machine de stéréolithographie, ce qui reste une durée importante pour la fabrication d'une pièce.

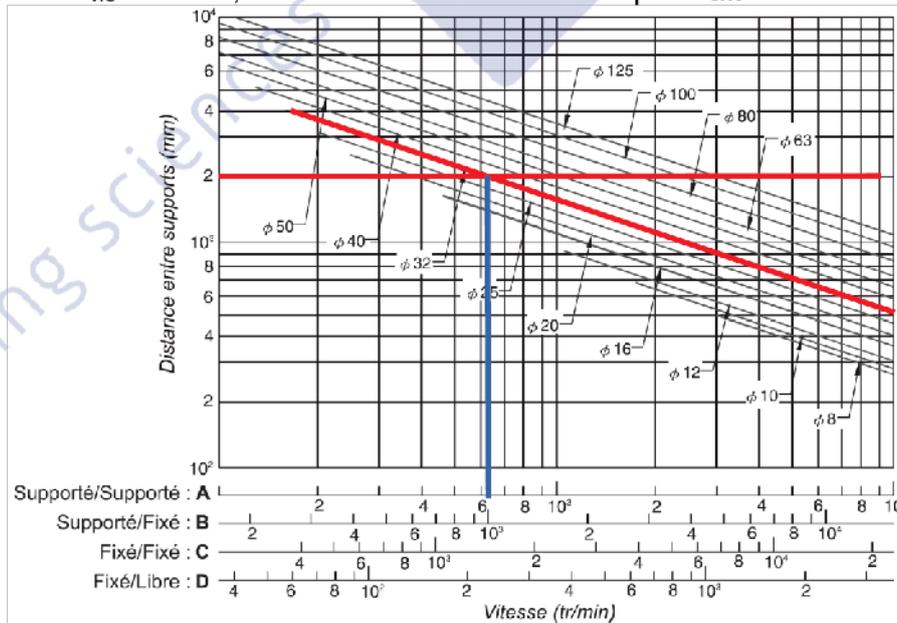
### Question 24

Pour un effort de raclage  $F_r=200\text{ N}$  avec un coefficient de sécurité de  $s=20$ , on obtient la charge axiale admissible (  $400\text{ kgf}$  ) à reporter sur la figure 12 (p.23), la distance entre les supports étant supposée (cas limite) à la valeur  $L_{vis}=2\text{ m}$  . On obtient alors un diamètre minimal  $D_{vis}=32\text{ mm}$ .



### Question 25

Par lecture graphique sur la figure 13 (p.24), pour une distance entre supports  $L_{vis}=2\text{ m}$  et un diamètre  $D_{vis}=32\text{ mm}$ , on obtient une vitesse critique  $N_{crit}=600\text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ .



### Question 26

On a alors :

$$v_{crit} = N_{crit} p \frac{2 \pi}{60} = 50 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 3,1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

On a une vitesse critique bien supérieure (20 fois !!) à la vitesse maximale d'utilisation déterminée question 21. On respecte largement le critère des 80% de la vitesse critique posé par le constructeur.

Cette vitesse est inférieure au 15m/min, c'est donc elle qui limitera la vitesse et non le facteur de charge.

### Question 27

En utilisant la formule fournie, on a :

$$L_T = \left( \frac{C}{P \cdot f_w} \right)^3 \cdot 10^6 = \left( \frac{3000}{400 \cdot 1,5} \right)^3 \cdot 10^6 = 125 \cdot 10^6 \text{ tours} = 8600 \text{ heures}$$

### Question 28

Un pièce nécessite au plus 180 heures (question 23), on peut donc réaliser :

$$N_{pièces} = \frac{8600}{180} \approx 48 \text{ pièces}$$

Cette valeur semble faible dans l'optique de rentabiliser l'achat d'une telle machine. Pour augmenter ce nombre de pièces réalisables sans maintenance de la vis à bille on peut envisager :

- Utiliser une vis à bille plus robuste (ce qui augmenterait le coefficient de charge dynamique C) ;
- Utiliser un autre matériau pour la lame dans le but de réduire le coefficient visqueux avec la pâte responsable des effort axiaux (et donc réduire la charge axiale F).

### Question 29

On a pour les énergie cinétique du racleur et la vis, dans leur mouvement par rapport au bâti :

- $T_{racleur} = 0,5 \cdot m_r \cdot v_r^2$
- $T_{vis} = 0,5 \cdot J_v \cdot \omega_v^2$

De plus, on a :  $v_r = \omega_v \cdot \frac{p}{2 \cdot \pi}$

$$\text{D'où : } J_{eq} = \left( m_r \frac{p^2}{4 \cdot \pi^2} + J_v \right) \approx J_v \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

### Question 30

On considère la phase d'accélération, ainsi la seule action extérieure considérée est le couple moteur. On peut donc écrire, en prenant en compte le rendement :

$$C_m \cdot \eta = J_{eq} \dot{\omega}_v$$

### Question 31

La loi de commande de la figure 16 donne une accélération du racleur de  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , donc une accélération angulaire de la vis d'environ :  $\dot{\omega}_v = 0,5 \frac{2\Pi}{5} \approx 0,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$

### Question 32

Le couple moteur nécessaire vaut alors :

$$C_m = \frac{J_{eq} \dot{\omega}_v}{\eta} \approx 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$$

On a ainsi la puissance maximale nécessaire :

$$P_{\max} = C_m \cdot \omega_v = C_m \cdot v_v \cdot \frac{2 \cdot \Pi}{p} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

### Question 33

Tous les modèles de moteurs semblent valables

### Question 34-35

On va appliquer le Théorème de l'Energie Cinétique à l'ensemble {vis+racleur} :

$$C_m = \left( J_{eq} \dot{\omega}_v + F_r \frac{p}{2\Pi} \right) \frac{1}{\eta} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$$

Et on obtient ainsi :

$$P_m = \omega_m \cdot C_m = \left( J_{eq} \dot{\omega}_v + F_r \frac{p}{2\Pi} \right) \frac{\omega_m}{\eta} = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

### Question 36

Encore une fois, tous les modèles de moteurs présentés semblent valables. La solution est alors surdimensionnée vis-à-vis de l'exigence FC3.1.

