

## A - ANALYSE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE

### Question A.1

Solution technologique adoptée pour lier complètement la poulie réceptrice **3** et l'arbre d'entrée du réducteur **27-1** :

**Clavetage (clavette 35) avec mise en position sur surface cylindrique, maintien en position par vis de pression 18.**

### Question A.2

Liaison entre l'arbre d'entrée du réducteur **27-1** et le carter **27-11** de ce réducteur (préciser l'axe). Décrire la solution technologique adoptée pour cette liaison.

**Liaison pivot d'axe z**

**Réalisée par 2 roulements à billes 27-2**

### Question A.3

Liaison entre l'arbre de sortie du réducteur **34** et le carter **27-11** (préciser l'axe). **Liaison pivot d'axe y**

### Question A.4

Solution technologique adoptée pour lier complètement le moyeu support des pales **12** et l'arbre de sortie du réducteur **34**.

**Le moyeu est mis en position sur une surface cylindrique et une surface plane, arrêt en rotation par clavette 33 et maintien en position axiale par vis 10 et rondelle 11**

## B – VALIDATION DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT

### B.1 Validation des performances en vitesse.

Rapport de transmission de la transmission par courroie :  $r_{\text{courroie}} = D_m/D_r = 72/144 = 0.5$

#### Question B.1.1

Rapport de transmission du réducteur roue-vis :  $r_{\text{réducteur}} = Z_{\text{vis}}/Z_{\text{roue}} = 2/28 = 1/14$

#### Question B.1.2

En déduire le rapport global de la transmission.  $r_{\text{global}} = r_{\text{courroie}} \times r_{\text{réducteur}} = 1/28$

#### Question B.1.3

**Fréquences de rotation minimale et maximale des pales.**

$N_{\text{pale}} = r_{\text{global}} \times N_{\text{moteur}}$

$N_{\text{pale max}} = 1/28 \times 3600 = 129 \text{ trs/min}$

$N_{\text{pale min}} = 1/28 \times 2000 = 71 \text{ trs/min}$

### Question B.1.4

Cela est conforme aux caractéristiques techniques de la truelle car on exige une plage de vitesse 70 à 130 trs/min.

## B.2 Validation des performances en puissance

### Question B.2.1

Poids total de la truelle mécanique.  $P = m \times g = 76 \times 9,81$   $P = 745.6 \text{ N}$

### Question B.2.2

Bilan des actions mécaniques extérieures à la truelle :

- force de la pesanteur : résultante :  $\vec{P}$  en G  $\rightarrow \rightarrow$
- les forces du sol sur les 4 pales : résultante  $N + T$  aux points I de chaque pale
- la force de l'opérateur : résultante  $\vec{F}$

### Question B.2.3

Théorème de la résultante en projection sur  $\vec{y}$ .  $-P + 4 \times N = 0$

### Question B.2.4

$N = P/4$   $N = 745.6/4$   $N = 186,4 \text{ N}$

### Question B.2.5

$\|\vec{T}\|$  dans le cas où le frottement est le plus élevé.  $T = f.N$  avec  $f = f_{\text{maxi}} = 0.9$   $T = 167.8 \text{ N}$

### Question B.2.6

Moment  $M_{(Oy)}$  de  $\vec{T}$  par rapport à l'axe  $(O, \vec{y})$ .

Méthode du bras de levier :  $M_{(Oy)}(T) = OI \times T$

$OI = \text{racine de } (257^2 + 95^2) = 274 \text{ mm}$

$M_{(Oy)}(T) = OI \times T = 274 \times 167.8 = 45977 \text{ N.mm} = 45,9 \text{ N.m}$   $M_{(Oy)}(T) = 45.9 \text{ N.m}$

### Question B.2.7

Le moment du couple des forces de frottement créé par les quatre pales.

$C = 4 \times M_{(Oy)}(T)$   $C = 183.6 \text{ N.m}$

Quelque soit le résultat trouvé précédemment on utilisera pour moment du couple des forces de frottement :  $C = 200 \text{ N.m}$

### Question B.2.8

Calculer  $P_s$ , la puissance totale des forces de frottement sur les quatre pales lorsque celles-ci tournent à vitesse maximale 129 trs/min. (moteur à 3600 trs/min)

$P_s = C \times 129 \text{ trs/min} \times 2\pi/60 = 2702 \text{ W}$

### Question B.2.9

Rendement global de la transmission.  $\eta_{\text{global}} = 90 \% \times 87\% = 78.3\%$

### Question B.2.10

$$P_m = P_s / \eta_{\text{global}} = 3451 \text{ W}$$

### Question B.2.11

Le moteur développe 4000 W à 3600 trs/min ce qui est supérieur au 3451 W exigée donc il est bien adapté.

## C – ANALYSE DU SYSTEME DE REGLAGE ANGULAIRE DES PALES

### C.1 Etude de la structure du mécanisme de réglage.

#### Question C.1.1

Sur le plan du guidon, quelle est la liaison entre l'écrou 5 et le tube du guidon 1 ? Préciser comment la liaison est réalisée.

**Liaison glissière, guidage sur surface cylindrique avec arrêt en rotation par la tête de vis 7 couissant dans un trou oblong du tube de guidon.**

#### Question C.1.2

Expliquer comment l'opérateur en agissant sur la molette 11 peut exercer une traction sur le câble 2.

**L'opérateur tourne la molette 11 guidée en liaison pivot avec le tube, cette rotation est transformée en translation de l'écrou de l'écrou grâce à une liaison hélicoïdale écrou 5 / tige filetée 6**

**Donc l'écrou monte et exerce une traction sur le câble**

#### Question C.1.3

**La vis solidaire de l'écrou coulisse dans un trou oblong de longueur limitée**

#### Question C.1.4

**Longueur de la course : 50 mm**

#### Question C.1.5

**Liaison entre l'assiette 9 et l'arbre de sortie 34 : Liaison pivot glissant réalisée par un contact entre surfaces cylindriques.**

#### Question C.1.6

Justifier le fait que fabricant n'a pas mis directement en contact la fourchette 2 avec l'assiette 9 mais a préféré interposer la coupelle 8.

**Si on fait l'hypothèse que lorsque les pales tournent et qu'elles entraînent par adhérence l'assiette, la fourche étant immobile (une fois réglée en position) elle vient frotter sur l'assiette à ses deux extrémités provoquant une usure rapide.**

**Si on fait l'hypothèse que l'assiette reste immobile, elle frotte alors contre l'arbre de sortie et contre les têtes bombées des vis implantées dans les pales provoquant leur usure rapide.**

**Il est donc nécessaire d'interposer une pièce : la coupelle tournant par rapport à l'assiette.**

### Question C.1.7

Liaison entre une pale {24,26} et le moyeu 12. Décrire la solution technologique adoptée pour cette liaison.

**Liaison pivot réalisée par un contact cylindrique et un appui plan. Maintien en position par une vis sans tête vissée dans le moyeu et qui se loge dans une gorge de l'axe de pale. (avec un jeu entre le fond de la gorge et l'extrémité de la vis pour garantir la rotation de la pale)**

## C.2 Détermination de l'angle de rotation des pales par rapport au moyeu.

### Question C.2.1

Mouvement de la fourchette 2 par rapport au châssis 23 : **rotation d'axe (A,z)**

### Question C.2.2

On note F le centre de l'arrondi au bout de la fourchette. Tracer les trajectoires  $T_{B \in \text{fourchette} / \text{châssis}}$  et  $T_{F \in \text{fourchette} / \text{châssis}}$  des points B et F liés à la fourchette dans leur mouvement par rapport au châssis.

*Pour la suite on considérera pour simplifier les tracés que le câble reste en contact avec la poulie 37 au niveau du point I considéré comme fixe.*

**L'opérateur tourne la molette et remonte le câble de 50 mm.**

### Question C.2.3

$$IB_1 = IB - 50$$

### Question C.2.4

Déduire des questions 32 et 33, la position de  $B_1$ .

### Question C.2.5

En déduire  $F_1$ , la nouvelle position de F.

### Question C.2.6

**La distance reste constante**

### Question C.2.7

Sachant que l'arrondi, à l'extrémité de la fourchette, présente une forme cylindrique et connaissant le rayon EF, tracer la nouvelle position de E repérée  $E_1$ .

### Question C.2.8

**Mouvement de l'ensemble {8, 9} : translation d'axe y vers le bas**

### Question C.2.9

Course de ce déplacement.

*On note H est le centre de la surface sphérique de la tête de la vis de réglage 13 et G le point de contact entre la tête de cette vis et l'assiette 9.*

**Question C.2.10**

Déduire de la question 37, la position du plan  $P_G$  dans lequel se situe  $G_1$ , nouvelle position de  $G$ .

**Question C.2.11**

Tracer par ailleurs la trajectoire  $T_{H \in \text{pale} / \text{châssis}}$ .

**Question C.2.12**

Connaissant le rayon  $HG$  tracer la nouvelle position de  $H$  repérée  $H_1$ .

**Question C.2.13**

Mesurer et coter et l'angle de rotation  $\widehat{(H D H_1)}$  de la pale.

**Question C.2.14**

Vérifier si le cahier des charges est respecté.

### **C.3 Analyse du réglage de positionnement relatif des pales et de l'assiette.**

#### **Question C.3.1**

**Le réglage permettant de garantir ce contact est constitué par une vis 13 vissé dans la pale et un écrou 4.**

#### **Question C.3.2**

**Les opérations que doit effectuer l'opérateur au cas où une des pales n'est pas en contact avec l'assiette c'est à dire lorsqu'il y a un jeu entre la pièce 13 et l'assiette. :**

**Il dévisse un peu l'écrou 4, puis tourne la vis 13 de façon à ce que sa tête monte en contact avec l'assiette supprimant ainsi le jeu. Puis il revisse l'écrou 4 pour freiner le dévissage de 13.**

### Question D.1

Isoler l'ensemble pale (4+13+24+25+26+31) et établir le bilan des actions mécaniques dans le plan (O,x,y)

$$\{\tau(sol \rightarrow pale)\}_C = \begin{Bmatrix} 172 & 0 \\ 190 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

$$\{\tau(moyeu \rightarrow pale)\}_B = \begin{Bmatrix} Xb & 0 \\ Yb & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

$$\{\tau(assiette \rightarrow pale)\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Ya & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

### Question D.2

Enoncer le principe fondamental de la statique pour une résolution graphique et déterminer l'effort en A sur le **document réponse DR2**.

**3 glisseurs donc les résultantes sont ici coplanaires et concourantes**

**R(assiette->pale)=530N**

### Question D.3

L'ensemble assiette+ coupelle sont en liaison pivot glissant d'axe  $\vec{y}$  avec le châssis, écrire le torseur transmissible par cette liaison si on considère que la liaison est parfaite(cf. DT5)

$$\{\tau(arbresortie \rightarrow assiette)\}_E = \begin{Bmatrix} Xe & Le \\ 0 & 0 \\ Ze & Ne \end{Bmatrix}_R$$

### Question D.4

La coupelle subit également l'action ponctuelle en D de la fourchette **2**. Donner le torseur transmissible par cette liaison dans le plan (O,x,y) si on néglige les frottements.(Cf. DT5)

$$\{\tau(fourchette \rightarrow assiette)\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Yd & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

### Question D.5

Ecrire l'équation de résultante suivant l'axe y issue du principe fondamental de la statique appliqué à l'ensemble E = {assiette, coupelle} et en déduire l'action de la fourchette sur la coupelle en D.  
 $Yd + 0 + 4 \cdot 550 = 0$      $Yd = -2200N$

#### Question D.6

Déterminez l'effort du câble sur la fourchette en E.

$$2200 \cdot 90 = F_{\text{cable}} \cdot 195$$

$$F_{\text{cable}} = 1015 \text{ N}$$

#### Question D.7

A l'aide de la courbe ci-dessous donnant le couple à appliquer sur la molette du guidon (vis de manœuvre) par l'opérateur en fonction de l'effort voulu dans le câble, déterminer la valeur du couple fourni par l'utilisateur.

$$C = 0,57 \text{ Nm}$$

#### Question D.8

Cette valeur est-elle conforme aux normes d'ergonomie ?

Oui ( $< 0,7 \text{ Nm}$ )



## E- ETUDES DE RESISTANCE

### E.1 Etude de la résistance du câble

#### Question E.1.1

En prenant L'effort maximum dans le câble de 1000 N, calculez la contrainte de traction et déterminez si celui-ci résiste.

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{1000}{\pi * 1,5^2} = 141,5 \text{ MPa}$$

#### Question E.1.2

Quel est alors le coefficient de sécurité ?

$$S = 300 / 141,5 = 2,12$$

### E.2 Etude de la résistance de la fourchette

#### Question E.2.1

Relevez la valeur maximum de la contrainte dans la fourchette.

217 MPa

#### Question E.2.2

Si comme dans l'étude précédente un coefficient de sécurité de 2 est requis, listez à l'aide du tableau suivant les matériaux susceptibles de convenir.

Matériau	Limite élastique Re	Commentaire	Prix relatifs par kg
AL Cu 4 Mg Ti	200	Moulée	8
Al Zn 8 Mg Cu	560	Corroyée	10
Zamac ZA27	370	Zinc, moulée	2
Ti Al 4 V	780	Usinée, moulée, forgée	200
C55	420	Forgée, usinée	2
35 Cr Mo 4	770	Forgée, usinée	4
EN-JM1190 (fonte)	900	Moulée, usinée	2
POM (polyoxyméthylène)	60	Injection	2
Epoxy-verre fibres courtes	1500	Injection, moulage presse	4

#### Question E.2.3

Citez les matériaux pour lesquels il y a nécessité de mettre en œuvre un outillage (création d'un moule, de matrices) permettant de les mettre en œuvre.

EN-JM1190 (fonte) Epoxy-verre fibres courtes

#### Question E.2.4

En analysant le facteur de prix du matériau et du procédé, choisissez le matériau adapté, sachant que la production annuelle est de l'ordre de 500 machines, c'est-à-dire un nombre peu élevé.

EN-JM1190 (fonte) ou 35 Cr Mo 4

#### Question E.2.5

Une autre solution est de prendre un matériau moins résistant et de renforcer la pièce. Proposez une modification sur la perspective et la mise en plan **document réponse DR3**.

Epaissir la pièce au niveau des zones fragiles, mise en place de congés de raccordement pour réduire les concentrations de contraintes.

## F – MODIFICATION D'UNE SOLUTION

### F.1 Détermination des dimensions du nouveau roulement.

#### Question F.2.1

$$D1_{\max} = 104 - \text{jeu} = 104 - 15 = 89$$

#### Question F.2.2

$$D2_{\max} = D1_{\max} - 2 \text{ épaisseurs de coupelle} = 89 - 2 \times 3 = 83$$

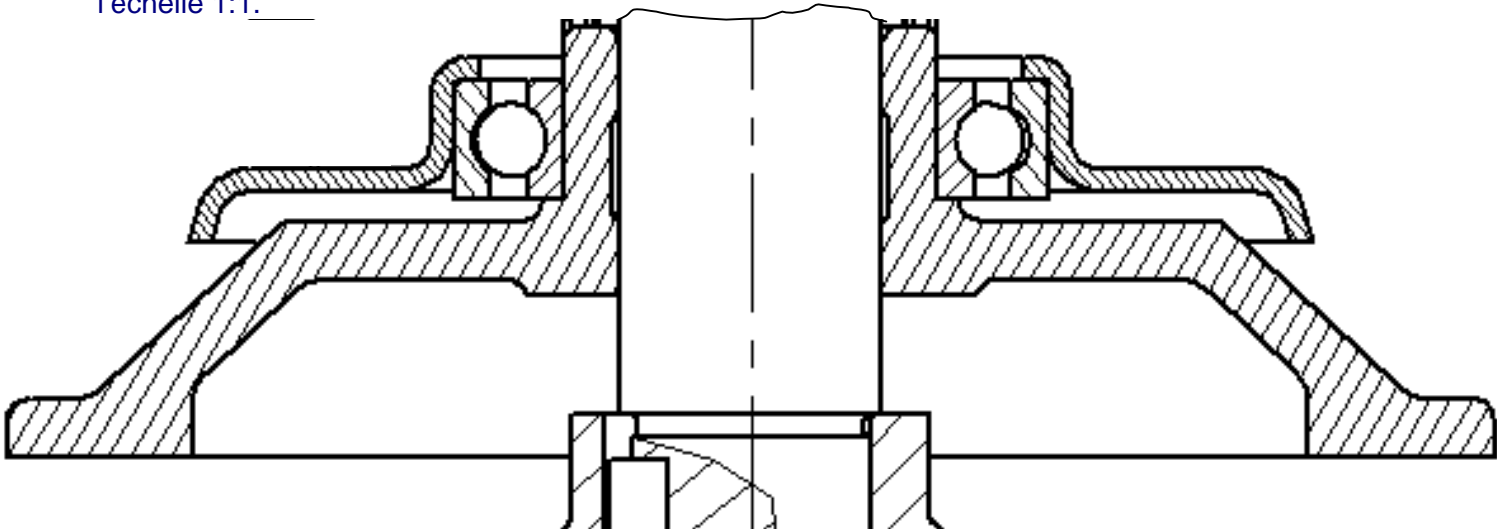
#### Question F.2.3

Roulement à billes  $d = 50$  , extérieur  $D = 80$  et largeur  $B = 16$ .

### F.2 Représentation de la nouvelle solution

#### Question F.2.4

Dessiner la coupelle et le roulement à billes en coupe A-A comme sur le plan d'ensemble et à l'échelle 1:1. \_\_\_\_\_



#### Question F.2.5

Types d'ajustement nécessaires pour les bagues du roulement. On est dans le cas où la charge tourne par rapport à l'arbre donc :

- Bague intérieure serrée sur l'assiette;
- Bague extérieure glissante dans la coupelle