

Corrigé 1^{ère} partie : Validation du fonctionnement de l'étrave

A. Validation du fonctionnement du mécanisme de relevage

11. Fonctionnement du mécanisme de relevage (voir DT2 à DT4)

Q1 : Nature du mouvement de (3) par rapport à (1) : *translation circulaire*

Q2 : Intérêt de ce type de mouvement : *les volets conservent la même position par rapport à la route, quelle que soit la hauteur de fixation sur le véhicule porteur.*

12. Validation du fonctionnement du mécanisme de relevage

121. Etude de l'équilibre de la biellette supérieure 2

Q3 : Support de $\overrightarrow{A_{S3 \rightarrow 2}}$ = droite AB car la pièce 2 est soumise à l'action de 2 forces : $\overrightarrow{A_{S3 \rightarrow 2}}$ et $\overrightarrow{B_{1 \rightarrow 2}}$ (droite horizontale)

122. Etude de l'équilibre de l'ensemble S = {S₃, 4, 5, 6}

Q4 : Bilan des actions mécaniques agissant sur l'ensemble isolé S :

-Action de la pesanteur en G : $\{T_{\text{pesanteur} \rightarrow S}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -8500 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_G$ ou \vec{P}

-Action en A de 2 sur S : $\{T_{2 \rightarrow S}\} = \begin{Bmatrix} X_A & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$ ou $\overrightarrow{A_{2 \rightarrow S}}$

-Action en D de 1 sur S : $\{T_{1 \rightarrow S}\} = \begin{Bmatrix} X_D & 0 \\ Y_D & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_D$ ou $\overrightarrow{D_{1 \rightarrow S}}$

Q5 : Principe fondamental de la statique appliqué à l'ensemble S :

Les supports des 3 forces \vec{P} , $\overrightarrow{A_{2 \rightarrow S}}$ et $\overrightarrow{D_{1 \rightarrow S}}$ se coupent en un seul point I

Dynamique fermé : $\vec{P} + \overrightarrow{A_{2 \rightarrow S}} + \overrightarrow{D_{1 \rightarrow S}} = \vec{0}$

Les tracés réalisés sur le document DR1 donnent : $\|\overrightarrow{D_{1 \rightarrow 4}}\| = \|\overrightarrow{D_{1 \rightarrow S}}\| = \underline{11900 \text{ N}}$

Q6 : Composantes de $\overrightarrow{D_{1 \rightarrow 4}}$:

$$\begin{Bmatrix} -8300 \\ 8500 \\ 0 \end{Bmatrix}_{\mathcal{R}}$$

123. Etude de l'équilibre de la biellette inférieure 4

Q7 : Equilibre de la biellette inférieure 4 :

Bilan : la pièce 4 est soumise aux actions suivantes :

$$\{T_{3 \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} X_C & 0 \\ Y_C & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_C ; \{T_{5 \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -F & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_F ; \{T_{1 \rightarrow 4}\} = \begin{Bmatrix} -8400 & 0 \\ 8500 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_D$$

Résolution graphique : les tracés seront réalisés sur le document réponses DR2.

Résolution analytique :

Moment de 5 sur 4 en C:

$$\overrightarrow{M_{5 \rightarrow 4}^C} = \overrightarrow{M_{5 \rightarrow 4}^F} + \overrightarrow{CF} \wedge \overrightarrow{R_{5 \rightarrow 4}} = \vec{0} + \begin{vmatrix} 0.63 & 0 & 0 \\ 0 & -F & 0 \\ 0 & 0 & -0.63F \end{vmatrix}$$

Moment de 1 sur 4 en C

$$\overrightarrow{M_{1 \rightarrow 4}^C} = \overrightarrow{M_{1 \rightarrow 4}^D} + \overrightarrow{CD} \wedge \overrightarrow{R_{1 \rightarrow 4}} = \vec{0} + \begin{vmatrix} 1.07 & -8400 & 0 \\ 0 & 8500 & 0 \\ 0 & 0 & 9095 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} PFS : \quad X_C - 8400 &= 0 \\ Y_C - F + 8500 &= 0 \\ -0.63F + 9095 &= 0 \end{aligned} \quad \Rightarrow F = 9095 / 0.63 = \underline{\underline{14436.5 \text{ N}}}$$

124. Validation du dimensionnement du vérin de relevage

Q8 : Effort fourni pour une pression d'alimentation de 15 Mpa :

Vérin ref. 704/4 \Rightarrow diamètre piston : $\varnothing_B = 70\text{mm} \Rightarrow$ poussée = 5800 daN \Rightarrow effort fourni : 58000N

Q9 : Comparaison avec le résultat obtenu dans la question 7 :

le vérin choisi est largement suffisant : 58000/14436 \approx 4

B. Validation du fonctionnement du mécanisme d'ouverture / fermeture

13. Fonctionnement du mécanisme d'ouverture / fermeture des volets (voir DT5 et DR3)

131. Tracé du mécanisme en position ouverture maxi (réponse sur DR3).

Q10 : Trajectoire $T_{J \in 7/3}$: *arc de cercle de centre H de rayon [HJ]*

Q11 : Position du point J' : *sur $T_{J \in 7/3}$ sachant que l'angle [JHJ'] = 90°*

Q12 : Trajectoire $T_{L \in 8/3}$ = *arc de cercle de centre M et de rayon [ML]*
car la liaison 8/3 = pivot de centre M

D'autre part : $T_{L \in 8/3} = T_{L \in 9/3}$ car liaison 8/9 = pivot de centre L

Q13 : Positions des points L' et K' : *obtenues en reportant les longueurs JL et JK à partir de J'*

132. Justification de l'utilisation d'un mécanisme à compas

Q14 : Variation de la longueur MJ = course sans mécanisme à compas:

Mesures obtenues sur le tracé : MJ = 420 mm, MJ' = 1010 mm

$$\text{Course nécessaire} = MJ' - MJ = \underline{\underline{960 \text{ mm}}}$$

Q15 : Course dans le cas du mécanisme à compas :

Mesures obtenues sur le tracé : MK = 610 mm, MK' = 1010 mm

$$\text{Course nécessaire} = MK' - MK = \underline{\underline{400 \text{ mm}}}$$

Q16 : Conclusion :

Dans le cas sans mécanisme à compas, la taille du vérin serait beaucoup trop importante pour être qu'il soit intégré dans le mécanisme. La seule possibilité serait alors d'utiliser un vérin télescopique beaucoup plus coûteux et fragile. Le mécanisme à compas permet d'utiliser un vérin classique.

14. Validation du temps de fermeture des volets

141. Vitesse moyenne de fermeture des volets

Q17 : Valeur de $\theta'_{7/3}$: Temps de fermeture maxi = 4s
Angle parcouru lors de la fermeture = 45° soit $\pi/4$ rad
 $\theta'_{7/3 \text{ mini}} = \pi/16 \text{ rad/s}$ soit **0.1964 rad/s**

142. Recherche de la vitesse de rentrée de la tige $\vec{V}_{K \in 11/10}$ avec $\theta'_{7/3} = 0,2 \text{ rad/s}$

Les tracés sont réalisés sur le document DR4

Q18 : tracé de $\vec{V}_{J \in 7/3}$: *direction perpendiculaire à [JH] ; sens de la fermeture*

$$\|\vec{V}_{J \in 7/3}\| = \theta'_{7/3} \times [JH] = 0.2 \times 750 = 150 \text{ mm/s (soit 75 mm)}$$

Q19 : $\vec{V}_{J \in 7/3} = \vec{V}_{J \in 7/9} + \vec{V}_{J \in 9/3}$ or $\vec{V}_{J \in 7/9} = \vec{0}$ (mvt. 7/9 = rotation de centre J) donc : $\vec{V}_{J \in 7/3} = \vec{V}_{J \in 9/3}$

$\vec{V}_{J \in 8/3} = \vec{V}_{L \in 8/9} + \vec{V}_{L \in 9/3}$ or $\vec{V}_{L \in 8/9} = \vec{0}$ (mvt. 8/9 = rotation de centre L) donc : $\vec{V}_{L \in 8/3} = \vec{V}_{L \in 9/3}$

Q20 : Support de $\vec{V}_{L \in 9/3}$ = support de $\vec{V}_{L \in 8/3}$ = droite \perp à [ML] (mvt de 8/3 = rotation de centre M)

Q21 : Tracé de $I_{9/3}$: situé à l'intersection de la \perp à $\vec{V}_{L \in 9/3}$ en L et de la \perp à $\vec{V}_{J \in 9/3}$ en J
soit à l'intersection de [ML] et de [JH]

Q22 : Support de $\vec{V}_{K \in 9/3}$: droite passant par K et \perp à [IK]

Q23 : $\|\vec{V}_{K \in 9/3}\| = \|\vec{V}_{J \in 7/3}\| \times \frac{IK}{IJ} = 150 \times \frac{177}{211} \approx 125 \text{ mm/s (soit 62.5 mm sur le tracé)}$

(177 et 211 valeurs mesurées sur le tracé)

Q24 : $\vec{V}_{K \in 9/3} = \vec{V}_{K \in 9/11} + \vec{V}_{K \in 11/3}$ or $\vec{V}_{K \in 9/11} = \vec{0}$ (mvt. 9/11 = rotation de centre K) donc : $\vec{V}_{K \in 9/3} = \vec{V}_{K \in 11/3}$

Q25 : Support de $\vec{V}_{K \in 10/3}$ = droite \perp à [MK] (mvt. de 10/3 = rotation de centre M)

Q26 : $\vec{V}_{K \in 11/10} = \vec{V}_{K \in 11/3} - \vec{V}_{K \in 10/3}$ ou $\vec{V}_{K \in 11/3} = \vec{V}_{K \in 11/10} + \vec{V}_{K \in 10/3}$

Q27 : $\vec{V}_{K \in 11/10}$: sens \downarrow et $\|\vec{V}_{K \in 11/10}\| = 50 \text{ mm/s (soit 25 mm sur le tracé)}$

143. Détermination du débit nécessaire

Q28 : Débit moyen nécessaire : (données : $\varnothing_{\text{piston}} = 80 \text{ mm}$; $\varnothing_{\text{tige}} = 60 \text{ mm}$; vitesse de rentrée = 50 mm/s)

Pour 1 volet :

Volume transité en 1s = $\pi \times (R^2 - r^2) \times (\text{déplacement}) = \pi \times (40^2 - 30^2) \times 50 = 109956 \text{ mm}^3$

Soit un débit $\approx 0.11 \text{ dm}^3/\text{s}$ ou 0.11 l/s

Pour les 2 volets, le débit moyen est donc de $\approx 0.22 \text{ l/s}$ soit **13.2 l/min**

Q29 : Le débit de la pompe est suffisant car étant de 15 l/min.

Corrigé 2^{ème} partie : Estimation du coefficient de sécurité dans la barre (8)

21. Identification des sollicitations

Q30 : Sollicitation existant dans la barre : *traction simple*

Q31 : Effort maxi supporté par la barre : *84000 N*

22. Détermination de la contrainte normale maxi

Q32 : Calcul de la contrainte normale maxi théorique σ_{Max} .

Section sollicitée : $S = 2 \times [(63-35) \times 18] + [(120-35) \times 12] = 3048 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{Max} = \frac{N}{S} = \frac{84000}{3048} = \underline{27.56 \text{ MPa}}$$

Q33 : Valeur maxi de la contrainte normale relevée sur l'image = $6.006 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ soit *60 MPa*

Q34 : La valeur théorique calculée est de 27.56 Mpa .

Cette valeur est donc inférieur de moitié par rapport à celle obtenue par le logiciel de simulation.

Q35 : Justification de la différence entre ces deux valeurs :

La partie étudiée ne respecte pas les hypothèses de validité de la RDM (variation brusque d'épaisseur, angles vifs, ...) il apparaît donc un phénomène de concentration de contrainte dans la zone rouge de l'image. Le coefficient Kt de concentration de contrainte d'après cette image doit donc être de :

$$Kt = (60 / 27.56) = \underline{2.18}$$

23. Estimation du coefficient de sécurité

Q36 : Coefficient de sécurité $s = R_{e \text{ mini}} / \sigma_{calculé} = 355 / 60 \approx \underline{6}$

Corrigé 3^{ème} partie : Etude de la liaison avec le véhicule porteur

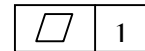
31. Analyse de la fonction FT 12 : positionner l'étrave sur le véhicule porteur

Q37 : Coloriage : sur la vue du document réponses DR5

- les surfaces S1 en vert
- les surfaces S2 en bleu
- les surfaces S3 en rouge

Q38 : Degrés de liberté supprimés par les fonctions FT 122 et FT 123 : voir tableau du DR4

Q39 : Justification de la spécification de forme donnée par la norme (DT7) :



La tolérance de planéité imposée de 1 mm se justifie par le souci d'avoir un appui homogène de la plaque à cônes sur toute la surface de la plaque de base

$$\begin{aligned} Q40 : \quad \underline{\text{Jeu}}_{\text{MAXI}} &= \varnothing_{\text{alésage}}^{\text{MAXI}} - \varnothing_{\text{arbre}}^{\text{mini}} = 83 - 78 = \underline{5 \text{ mm}} \\ \underline{\text{Jeu}}_{\text{mini}} &= \varnothing_{\text{alésage}}^{\text{mini}} - \varnothing_{\text{arbre}}^{\text{MAXI}} = 82 - 79 = \underline{3 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Q41 : Justification de la présence et l'importance de ce jeu :

Assemblage possible dans tous les cas : l'entraxe des trous et des cônes ayant un IT de 1mm, le jeu mini nécessaire doit être de 2mm au total soit 1mm pour chaque cône. Cette condition est vérifiée car le jeu mini est de 3mm.

Isostatisme : le jeu est très supérieur au minimum nécessaire, ceci permet un montage du type « centrage court » (élimination de 2 degrés de liberté) + « butée anti-rotation » (élimination de 1 degré de liberté)

32. Définition des formes extérieures du cône 101

Q42 : Tracé de la chaîne de cotes correspondant à la condition fonctionnelle J_A : sur DR5

Q43 : Justification de cette condition :

Elle garantit le non contact axial entre la face gauche du cône 101 et la face droite de la rondelle 102 ce qui permet d'être sûr de l'appui correct du cône 101 sur la pièce 100.

323 Esquisse du cône 101 :

Q44 : Tracé de l'esquisse : sur DR5

Q45 : Cotation de cette esquisse : sur DR5

33. Recherche de solution pour la réalisation de la fonction FT 13 : maintenir l'étrave en position

Q46 : sur DR6