

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

L'étrave est conçue pour fonctionner avec l'énergie hydraulique fournie par la pompe du véhicule porteur, entraînée par le moteur thermique de ce véhicule.

Les caractéristiques de cette pompe sont fixées par la norme NF P 98-791 qui impose :

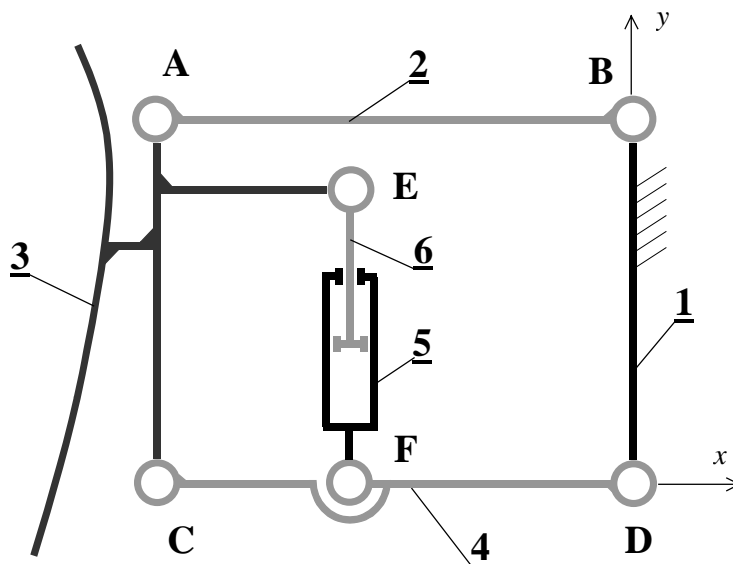
- une pression de service comprise entre 150 et 200 bars
- un débit nominal de 15 à 20 litres par minute.

L'objectif de cette première partie est de vérifier que l'étrave fonctionne correctement avec une pompe qui possède ces caractéristiques, pour les fonctions relevage et ouverture/fermeture.

A. Validation du fonctionnement du mécanisme de relevage

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

Le mécanisme de relevage peut être modélisé suivant le schéma ci-dessous :



Les liaisons en A, B, C, D, E et F sont considérées comme des liaisons pivots d'axe z.

Le cadre à cônes (1) est considéré comme fixe.

L'ensemble constitué par le cadre à cônes (1), les biellettes (2) et (4), et la pointe (3), forme un parallélogramme déformable.

Question 1 : Donner la nature du mouvement de la pointe (3) par rapport au cadre à cônes (1) lorsque l'on actionne le vérin de relevage.

Question 2 : Sachant que l'étrave peut être montée sur des véhicules de différentes hauteurs, justifier l'intérêt de ce type de mouvement pour le mécanisme de relevage.

12. Validation du fonctionnement du mécanisme de relevage

On se propose de déterminer l'effort minimal à fournir par le vérin pour relever l'étrave et de vérifier que cet effort peut être obtenu avec la pression de 15 MPa minimum délivrée par la pompe du véhicule porteur.

Hypothèses :

- Le problème est considéré comme plan, dans la position du schéma de la page 1/8,
- Les liaisons pivot en A, B, C, D, E et F sont considérées comme parfaites,
- Le poids de la biellette supérieure 2 est négligé devant les autres actions mécaniques,
- L'étrave ne touche pas le sol.

Notation : On appellera $\{S_3\}$ l'ensemble des pièces supportées par la pointe (3):

$$S_3 = \{3, 7, 7', 8, 8', 9, 9', 10, 10', 11, 11'\} \text{ (voir DT5)}$$

Pour obtenir le résultat recherché, il est nécessaire d'étudier successivement :

- l'équilibre de la biellette supérieure (2),
- l'équilibre de l'ensemble $S = \{S_3, 4, 5, 6\}$,
- l'équilibre de la biellette inférieure (4).

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

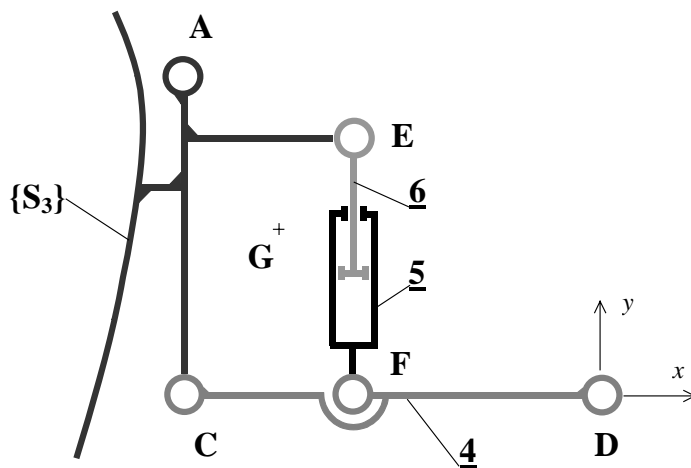
Question 3 : Montrer, en quelques phrases, que le support de $\vec{A} (S_3 \rightarrow 2)$, résultante des actions de S_3 sur 2, est la droite passant par les points A et B.

122. Etude de l'équilibre de l'ensemble $S = \{S_3, 4, 5, 6\}$

Donnée (unité: Newton) :

L'action de la pesanteur sur l'ensemble S est modélisée par le glisseur suivant :

$$\{T(\text{Pesanteur} \rightarrow S)\}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -8500 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$



A partir des éléments ci-dessus et en tenant compte de la question 3 :

Question 4 : Faire, sur feuille de copie, le bilan détaillé des actions mécaniques agissant sur l'ensemble isolé S.

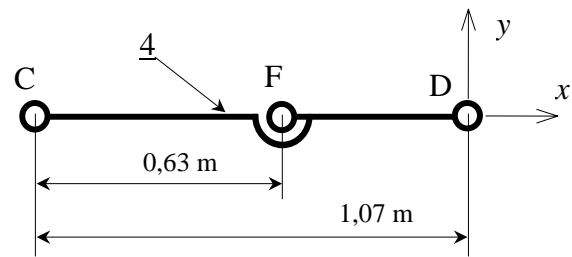
Question 5 : Appliquer le principe fondamental de la statique à l'ensemble S et déterminer graphiquement $\|\vec{D} (1 \rightarrow 4)\|$. Les tracés seront réalisés sur le document réponses DR1.

Question 6 : Exprimer les composantes de $\vec{D} (1 \rightarrow 4)$ dans le repère $(D; \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

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

Quels que soient les résultats obtenus à la question précédente, on admettra que :

$$\{T(1 \rightarrow 4)\}_D = \begin{Bmatrix} -8400 & 0 \\ 8500 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$



D'autre part, l'action du vérin en F sera considérée comme verticale. On notera $\|\vec{F}(5 \rightarrow 4)\| = F$

Question 7 : Etudier l'équilibre de la biellette inférieure 4 et en déduire F, intensité de l'effort mini que doit fournir le vérin.

Pour une résolution graphique, les tracés seront réalisés sur le document réponse DR2.

Pour une résolution analytique, répondre sur feuille de copie.

124. Validation du dimensionnement du vérin de relevage

Les graphes du document DT8 donnent l'effort développé par le vérin en fonction de la pression d'alimentation.

Question 8 : Relever l'effort fourni pour une pression d'alimentation de 15 MPa, dans le cas du vérin de relevage, lors de la sortie de la tige.

Question 9 : Comparer votre résultat à celui obtenu dans la question 7 et conclure quant au fonctionnement du mécanisme de relevage.

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

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

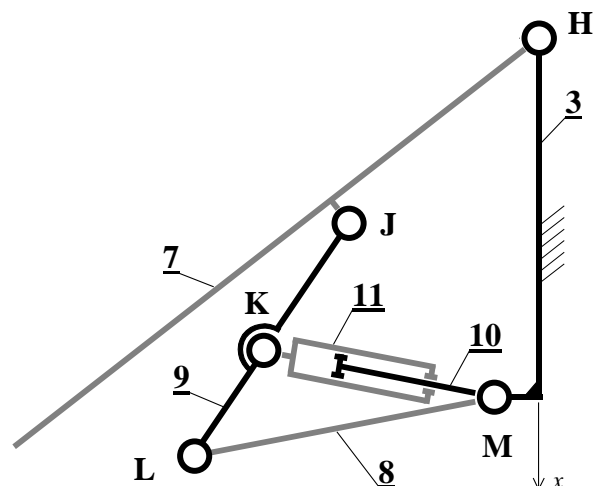
Les mécanismes servant à actionner les volets de l'étrave sont symétriques. Celui du volet droit peut être modélisé suivant le schéma ci-contre (vue de dessous).

Les liaisons en H, J, K, L et M sont considérées comme des liaisons pivots d'axe y.

La pointe (3) est considérée comme fixe.

Les barres (8) et (9) constituent un mécanisme à compas actionné par le vérin (10)+(11).

On se propose, dans un premier temps, de justifier l'utilisation de ce type de mécanisme pour actionner les volets. En effet, une solution simple aurait consisté à placer un vérin directement entre les points M et J. Vous allez mettre en évidence les avantages du mécanisme existant.



131. Tracé du mécanisme en position ouverture maxi (répondre sur le document réponses DR3).

Pour permettre à l'étrave de travailler en position lame (Voir DT2), l'amplitude du mouvement d'un volet est de 90° à partir de la position fermée représentée sur le document DR3.

Question 10 : Tracer la trajectoire du point J lié au volet (7) dans son mouvement par rapport à la pointe (3), notée $T_{J \in 7/3}$.

Question 11 : En déduire et tracer la position du point J en position ouverture maxi du volet, notée J'.

Question 12 : Tracer la trajectoire du point L lié aux barres (8) et (9) dans son mouvement par rapport à la pointe (3), notée $T_{L \in 8/3}$.

Question 13 : En déduire les positions en fin d'ouverture des points L et K, notées respectivement L' et K'.

132. Justification de l'utilisation d'un mécanisme à compas (répondre sur feuille de copie)

En prenant les mesures nécessaires sur votre tracé :

Question 14 : En admettant que le vérin soit accroché directement en M et J, déterminer la variation de la longueur MJ entre les deux positions extrêmes et en déduire la course que devrait avoir le vérin dans une solution sans mécanisme à compas.

Question 15 : Déterminer la course correspondante pour le vérin dans le cas du mécanisme à compas.

Question 16 : Comparer ces deux valeurs et conclure quant à l'intérêt d'utiliser un mécanisme à compas pour actionner les volets de l'étrave.
Pour cette conclusion, on se placera d'un point de vue constructif : type de vérin pouvant être utilisé, encombrement du mécanisme, ...

14. Validation du temps de fermeture des volets

Pour pouvoir réagir rapidement, en cas de croisement ou de rétrécissement de la chaussée, le constructeur souhaite obtenir le passage de la position largeur maxi à la position étrave fermée en 4 secondes maxi (voir aussi DT2).

On se propose de vérifier que le débit moyen nécessaire pour respecter cette condition est inférieur à la valeur minimale de 15 litres par minute délivré par la pompe du véhicule porteur.

141. Vitesse moyenne de fermeture des volets

L'amplitude du mouvement des volets pour notre étude est de 45° .

Question 17 : Calculer $\theta'_{7/3}$, vitesse moyenne nécessaire pour obtenir la fermeture souhaitée en 4 secondes (en radians par seconde).

142. Recherche de la vitesse moyenne de rentrée de la tige $\vec{V}_{K \in 11/10}$

Quel que soit le résultat obtenu à la question précédente, on prendra $\theta'_{7/3} = 0,2 \text{ rad/s}$

Les tracés seront réalisés sur le document réponses DR4 en utilisant des couleurs pour distinguer les différents tracés. Les justifications seront rédigées sur feuille de copie.

Question 18 : Déterminer complètement puis tracer $\vec{V}_{J \in 7/3}$ lors de la fermeture

Question 19 : Tracer le support de $\vec{V}_{L \in 8/3}$

Question 20 : Etablir que $\vec{V}_{J \in 7/3} = \vec{V}_{J \in 9/3}$ et que $\vec{V}_{L \in 8/3} = \vec{V}_{L \in 9/3}$

Question 21 : En déduire et tracer $I_{9/3}$, centre instantané de rotation du bras 9 dans son mouvement par rapport à la pointe 3.

Question 22 : Tracer alors le support de $\vec{V}_{K \in 9/3}$

Question 23 : Déterminer $\vec{V}_{K \in 9/3}$ (méthode au choix)

Question 24 : Etablir que $\vec{V}_{K \in 9/3} = \vec{V}_{K \in 11/3}$

Question 25 : Tracer le support de $\vec{V}_{K \in 10/3}$

Question 26 : Ecrire la relation de composition des vitesses qui lie $\vec{V}_{K \in 11/10}$, $\vec{V}_{K \in 11/3}$ et $\vec{V}_{K \in 10/3}$

Question 27 : Traduire graphiquement cette relation et en déduire $\vec{V}_{K \in 11/10}$, vitesse de rentrée de la tige du vérin.

143. Détermination du débit moyen nécessaire

On considère une vitesse moyenne de rentrée de la tige du vérin de 50 mm/s.

Le diamètre intérieur du vérin est de 80 mm et le diamètre de la tige de 60 mm.

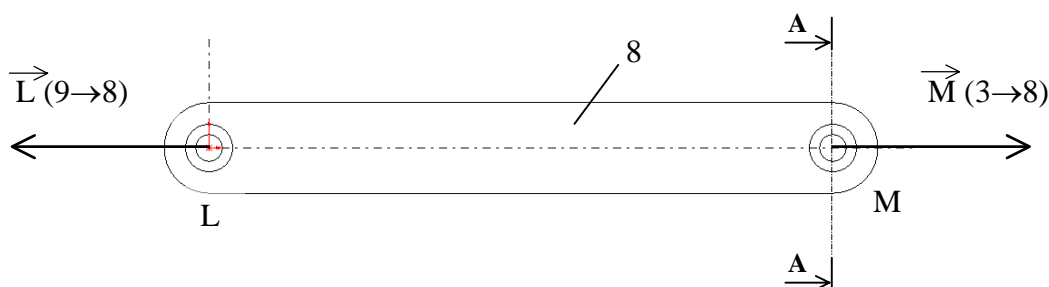
Question 28 : Calculer dans ce cas le débit moyen nécessaire pour obtenir la fermeture simultanée des *deux volets* en 4 secondes.

Question 29 : Comparer le résultat obtenu au débit de 15 litres par minute minimum délivré par la pompe. Conclure.

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

L'objectif de cette partie est d'étudier le niveau des contraintes dans une barre coté pointe (8) afin d'estimer la valeur du coefficient de sécurité dont on dispose.

Les actions mécaniques agissant sur une des barres coté pointe (8) peuvent être définies suivant le schéma ci-dessous (les formes de la barre (8) sont précisées sur le document DT10).



21. Identification des sollicitations

Au vu des actions agissant sur la barre (voir schéma page précédente) :

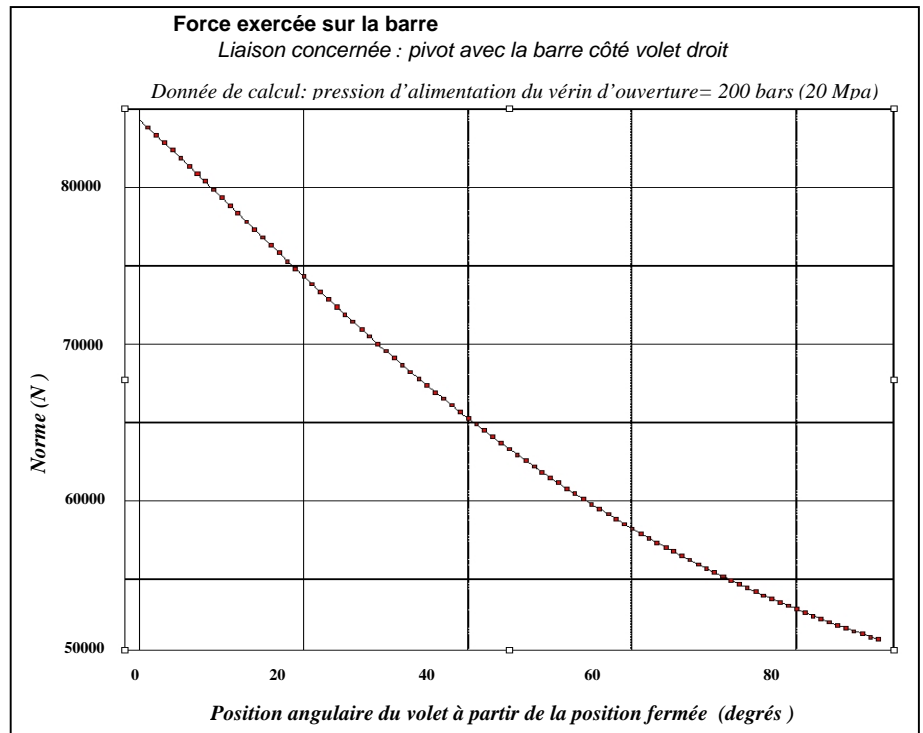
Question 30 :

Préciser la nature de la sollicitation existant dans la barre.

La courbe ci-contre donne l'intensité des actions agissant sur la barre en fonction de l'angle d'ouverture du volet.

Question 31 :

Relever sur la courbe la valeur de l'effort maximal supporté par la barre.



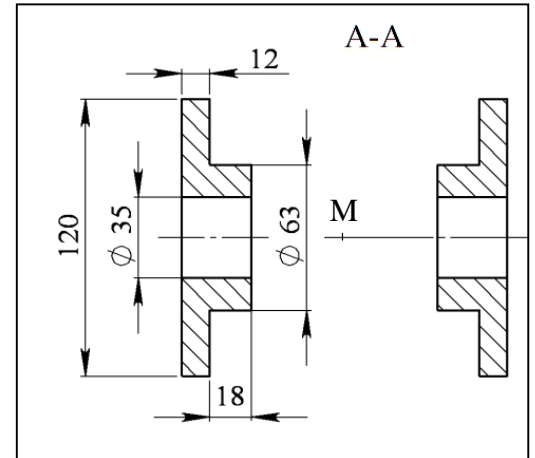
22. Détermination de la contrainte normale

Hypothèse : la barre (8), constituée de plusieurs éléments soudés entre eux, sera considérée comme une seule pièce vérifiant les hypothèses de la résistance des matériaux.

La section la plus sollicitée est celle qui passe par le point M, ses dimensions sont données sur la coupe (A-A) ci-contre.

Question 32:

Calculer, pour l'effort maxi, la contrainte normale σ_{Max} théorique existant dans la section A-A.



L'image donnée sur le document DT10 (obtenue à l'aide d'un logiciel de simulation) indique les niveaux de contrainte à l'extrémité de la barre.

Question 33 : Relever sur cette image la valeur maximale de la contrainte normale.

Question 34 : Comparer cette valeur à la valeur théorique calculée dans la question 32.

Question 35 : Justifier la différence entre ces deux valeurs.

23. Estimation du coefficient de sécurité

La barre (8) est réalisée en acier S355, dont la limite élastique est : $R_{e \text{ min}} = 355 \text{ MPa}$

Question 36 : Calculer le coefficient de sécurité s dont on dispose pour la barre si on souhaite rester dans le domaine élastique.

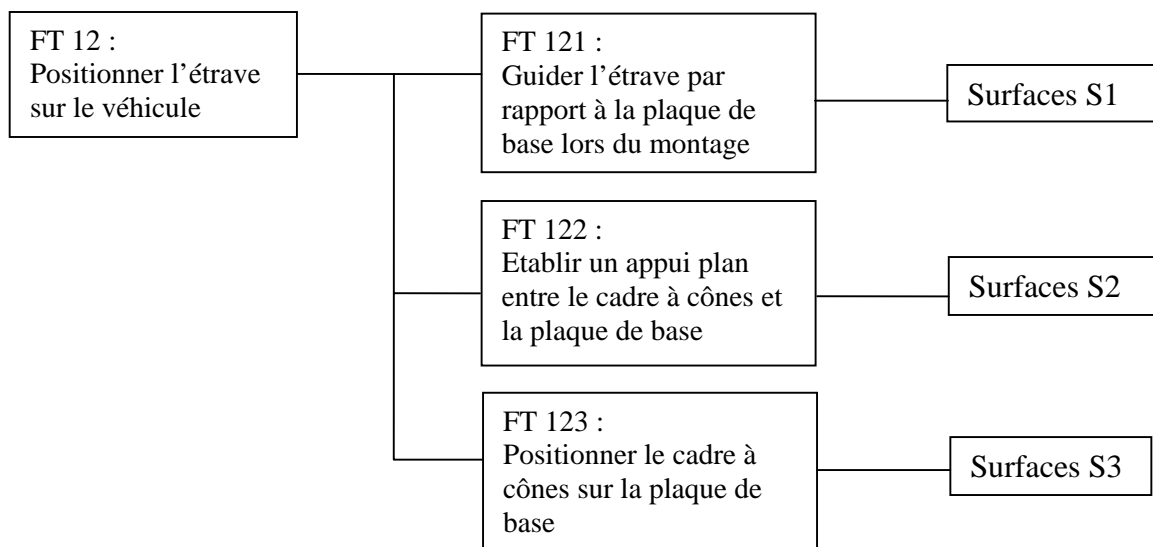
3^{ème} partie : Etude de la liaison avec le véhicule porteur

Les objectifs de cette troisième partie sont :

- d'analyser les éléments permettant de positionner l'étrave sur la plaque de base du véhicule porteur,
- de définir une solution pour la fixation de l'étrave sur cette plaque.
(voir définition de la plaque de base sur DT7)

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

La réalisation de la fonction FT 12 peut être décrite à l'aide du diagramme ci-dessous.



Question 37 : Colorier sur la vue en perspective du document réponses DR5

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

Question 38 : Préciser les degrés de liberté supprimés par les fonctions FT 122 et FT 123 , dans la liaison entre le cadre à cônes et la plaque de base (sans tenir compte des jeux).

Question 39 : Justifier, sur feuille de copie, la spécification de forme indiquée sur le dessin de définition de la plaque de base définie par la norme sur le document DT7.

Question 40 : Calculer les jeux mini et maxi pour le montage de la partie cylindrique $\varnothing 79$ d'un cône de centrage dans un alésage $\varnothing 82$ de la plaque de base (voir DT7)

Question 41: Justifier la présence et l'importance de ce jeu.

32. Définition des formes extérieures du cône 101

Question 42 : Tracer, sur DR5, la chaîne de cotes correspondant à la condition fonctionnelle J_A

Question 43 : Justifier, sur feuille de copie, l'existence de cette condition.

Question 44 : Tracer, sur DR5, l'esquisse permettant d'obtenir les formes extérieures du cône 101 par révolution de cette esquisse autour de l'axe donné.

Question 45 : Coter cette esquisse (sans valeurs numériques) en utilisant les couleurs suivantes :

- bleu pour la ou les cotes déduites de la chaîne de cotes,
- vert pour les cotes imposées par la norme,
- rouge si la cote intervient dans un ajustement,
- noir pour les autres cotes nécessaires à la définition complète de l'esquisse.

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

Une fois le cadre à cônes positionné sur la plaque de base du véhicule porteur, il est nécessaire d'en réaliser la fixation.

En utilisant les éléments du dossier technique,

Question 46 : Définir, à main levée sur le document DR6, une solution pour assurer FT 13 en respectant les contraintes suivantes :

- le principe de solution sera identique pour les 4 points d'attache (voir dessin ci-dessous),
- les opérations de montage/démontage devront être simplifiées au maximum et pourront être réalisées avec un outillage classique,
- utiliser, le plus possible, des composants standard.

Question 47 : Indiquer, directement sur le dessin, le nom et les dimensions principales de chacune des pièces utilisées pour votre solution.

