

**DOSSIER
TRAVAIL DEMANDE**

Ce Dossier comporte 6 pages numérotées 1 / 6 à 6 / 6.

Première Partie

Validation du fonctionnement par la recherche des caractéristiques cinématiques du cabestan tournant

Cette partie visera à :

- l'identification des solutions techniques utilisées ;
- la définition du comportement cinématique ;
- la caractérisation des performances.

Ressources à utiliser :

- Dossier Technique
- Document Réponse 1, 2

Etude de la fonction FT 1132 Transmettre le mouvement aux paires :

- **Question 1.1 :** Le FAST (Document 3) ne précise pas la solution technique utilisée pour la fonction FT 1132 Transmettre le mouvement aux paires. Indiquer cette solution (sur feuille de copie).
- **Question 1.2 :** Sur le Document Réponse 1, compléter la représentation du câble entre le point d'entrée et le point de sortie et son enroulement autour des poulies. On indiquera par des flèches le sens d'avancement.
- **Question 1.3 :** Compléter, sous forme de schéma cinématique minimal, l'ébauche sur le Document Réponse 2 en vue de montrer la transmission des mouvements au câble à partir des moteurs M1 et M2. Les sens de rotation des groupes cinématiques 2, 3 et 4 seront également indiqués.

Afin de pouvoir déterminer la vitesse d'avance du câble, on recherche à présent les caractéristiques des mouvements de certains sous-ensembles du fût.

- **Question 1.4 :** Pour un régime moteur de 450 tr/mn, calculer la fréquence de rotation du fût du cabestan $N_{1/0}$ (exprimée en tr/mn).

Pour les questions suivantes 1.5 à 1.9, les résultats seront exprimés **en fonction de la vitesse angulaire** $\omega_{2/1}$:

- **Question 1.5 :** A l'aide du repérage représenté sur le Document Réponse 2, écrire en fonction de la vitesse angulaire (algébrique) $\omega_{2/1}$ et des caractéristiques de la transmission, les vecteurs rotation instantanés $\vec{\Omega}_{2/1}$, $\vec{\Omega}_{3/1}$, $\vec{\Omega}_{4/1}$ exprimés en utilisant la base $\mathcal{B}_1(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ liée au fût du cabestan 1.
- **Question 1.6 :** Pour le point C tel que $O_4\vec{C} = 0,175 \vec{z}_1$ (en m), déduire $\vec{V}_{C \in 4/1}$.

Le mouvement du câble résulte de la combinaison du mouvement de tirage du câble et du mouvement du fût autour de son axe. On cherche la vitesse d'avancement du câble, définie par $\vec{V}_{C\text{câble}/0} \cdot \vec{x}_1$ (Projection sur \vec{x}_1 du vecteur vitesse $\vec{V}_{C\text{câble}/0}$).

Hypothèses :

- Il y a non-glissement du câble sur la poulie motrice 4 ;
- $\omega_{1/0} > 0$
- **Question 1.7 :** Exprimer $\vec{V}_{C\text{câble}/0}$ en fonction de $\vec{V}_{C\in 4/1}$, $\vec{V}_{C\text{câble}/4}$, $\vec{V}_{C\in 1/0}$.
- **Question 1.8 :** Compléter la vue suivant V du *Document Réponse 2* en indiquant la direction et le sens de $\vec{V}_{C\in 1/0}$ (de norme arbitraire).
- **Question 1.9 :** En déduire la vitesse d'avancement du câble $\vec{V}_{C\text{câble}/0} \cdot \vec{x}_1$.

La vitesse nominale d'avancement du câble est fixée à 80 m/mn. Pour cette vitesse on a alors $\omega_{2/1} = 15,2$ rad/s.

- **Question 1.10 :** Quelle relation peut-on écrire entre les vecteurs $\vec{\Omega}_{2/1}$, $\vec{\Omega}_{2/0}$, $\vec{\Omega}_{1/0}$?
- **Question 1.11 :** Pour la fréquence nominale de rotation du cabestan $\omega_{1/0} = + 45$ rad/s (enroulement en S), supposée constante, indiquer la fréquence de rotation $\omega_{2/0}$ de la poulie double.
- **Question 1.12 :** Que devient la fréquence nominale de rotation $\omega_{2/0}$ si $\omega_{1/0} = - 45$ rad/s (enroulement en Z) ?
- **Question 1.13 :** Que doit-on en conclure sur le mouvement de la poulie double ? Est-ce ou non plus favorable pour les roulements qui assurent son guidage ?

Deuxième partie

Vérification de la résistance du fût du cabestan aux sollicitations dynamiques

Cette partie visera à :

- l'identification des solutions techniques utilisées ;
- la définition d'un modèle de chargement du fût ;
- la justification d'une conception en exploitant les résultats d'un logiciel de calcul ;
- le dimensionnement d'un composant.

Ressources :

- Dossier Technique
- Document Réponse 3

Prise en compte des sollicitations dynamiques sur le fût :

Compte tenu des masses tournantes mises en jeu (inertie des pièces et fréquence de rotation élevées), il est impératif de prendre en compte les aspects dynamiques pendant la phase de conception de la machine.

- **Question 2.1** : Enoncer la fonction technique concernée sur le FAST (*Document 3*).
- **Question 2.2** : Justifier le rôle des pièces Ma, Mb et Mc visibles sur les *Documents 5* et *6*.

Identification des charges exercées sur le fût :

Afin de vérifier le bon dimensionnement du fût à l'aide d'un logiciel de calcul de structure autonome, il est nécessaire de modéliser les charges qui s'exercent sur le fût du cabestan en régime stabilisé.

Hypothèses :

- Le fût est étudié pendant une phase de rotation stabilisée ($\omega = \text{constante}$) ;
- Compte tenu du montage, les actions mécaniques des ensembles poulie motrice et poulie folle (visibles sur le *Document 4*) sur le fût sont négligeables.

Pour information :

- Longueur : 1200 mm ; Diamètre du fût : 300 mm (partie centrale) ;
- Masse : 270 kg

Sur le *Document Réponse 3*, les zones pouvant être concernées par des actions mécaniques sont repérées Z_1 à Z_{14} .

- **Question 2.3** : Selon l'exemple ci-dessous, lister sur feuille de copie, en précisant les zones concernées, les actions mécaniques (*liaisons* et *charges appliquées*) à considérer pour le modèle du fût du cabestan en fonctionnement.

Exemple :

Actions mécaniques	Zones concernées
Efforts centrifuges dus à la première poulie folle et à la masse Mc correspondante	Z_1, Z_2, Z_3

Sur le *Document Réponse 3*, les zones concernées par la modélisation des liaisons nécessaires au calcul sont identifiées (symbole ▲).

- **Question 2.4 :** Selon l'exemple ($\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_3$), compléter la figure en représentant les charges appliquées sur la structure (en respectant les directions et sens d'effort) avec les symboles proposés, et cocher les cases des charges non symbolisées.

Exploitation du calcul de structure du fût :

La modélisation du cabestan dans un cas défavorable de charges dynamiques a finalement conduit aux résultats proposés sur les *Document 7-a à 7-d*. On constate que le cabestan est sollicité au niveau des cloisons (visibles sur le *Document 6*).

Le modèle A ne diffère du modèle B que par la suppression des cloisons.

- **Question 2.5 :** Quelles sont les conséquences de la suppression des cloisons sur la résistance et la déformation du fût ?

Le fabricant a opté pour la conception selon le modèle B.

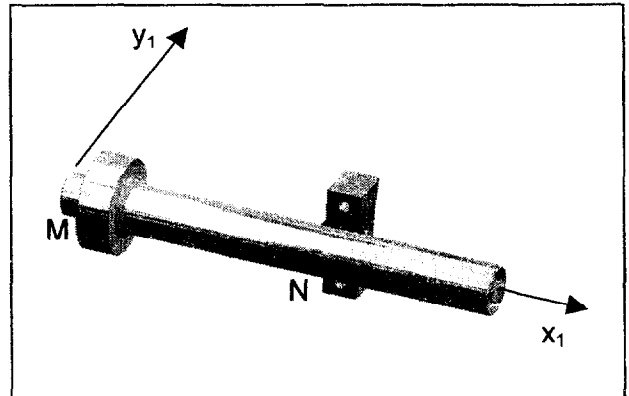
- **Question 2.6 :** Préciser quel est le coefficient de sécurité obtenu pour cette conception sachant qu'on donne, pour l'acier constituant le fût, $R_e = 335 \text{ MPa}$, $R_r = 600 \text{ MPa}$.

Validation des vis ST 112

La modélisation des charges appliquée sur le fût permet aussi de vérifier le choix des vis ST 112 (*Document 5*). Une approche simple permet de considérer le modèle ci-dessous :

Hypothèses et données particulières :

- la pièce Ma est modélisée par un cylindre en acier ;
- le problème est *supposé plan* dans le plan x_1y_1 (voir figure) ;
- on se place à la fréquence maximale de rotation du cabestan (900 tr/mn) et la charge centrifuge correspondante s'applique sur ce cylindre ;
- les liaisons avec le fût sont modélisées en M et N respectivement par une liaison sphère cylindre et une rotule ;



- **Question 2.7 :** Un logiciel de calcul mécanique a permis d'obtenir $Y_N = 4200 \text{ N}$. A l'aide de l'abaque du *Document 9*, déterminer la classe de qualité minimale de vis (diamètre 8) à choisir pour assurer la liaison fût – Ma, sachant que le constructeur impose pour ces vis un coefficient de sécurité $s = 6$.

Troisième Partie

Dimensionnement des moteurs

Cette partie visera à :

- l'exploitation des résultats d'un logiciel de simulation dynamique pour vérifier le choix du moteur M1 ;
- la détermination du moteur d'avancement du câble M2.

Ressources :

- Dossier Technique

Simulation dynamique en phase de démarrage

Le constructeur disposant d'un modèle numérique 3D de son ensemble, une simulation dynamique a été conduite à l'aide d'un logiciel.

L'utilisation d'un tel logiciel intégré au logiciel de CAO permet d'accéder rapidement aux charges dynamiques dont on avait besoin pour le calcul de structure réalisé précédemment. Le constructeur ne remet pas en cause ce calcul, mais souhaite optimiser le choix du moteur M1, en examinant la phase de démarrage.

Hypothèses :

La phase de démarrage dure 15 s avec simultanément :

- o une mise en rotation du fut de 0 jusqu'à 900 tr/mn ;
- o un avancement du câble de 0 à 120 m/mn (vitesse maximale) ;

La simulation dynamique donne notamment la courbe de couple moteur (calculé sur l'axe de rotation du fut) visible sur le *Document 8*. La vitesse de 900 tr/mn (soit environ 90 rad/s) est atteinte progressivement - par une rampe dite *cubique* - comme le montre la Courbe 1.

- **Question 3.1 :** Expliquer comment la courbe de puissance instantanée nécessaire à la rotation du fut (Courbe 3) et non fournie directement par le logiciel a été construite. Vérifier cette puissance pour la valeur maximale, en faisant apparaître les valeurs caractéristiques sur les axes des courbes.
- **Question 3.2 :** Quel phénomène physique explique la puissance non nulle, une fois le démarrage réalisé ?
- **Question 3.3 :** La puissance à prévoir pour le moteur M1 est évidemment supérieure. Que penser du moteur choisi par le constructeur ?

Calcul du moteur M2 en régime stabilisé

En régime de fonctionnement stabilisé, l'effort de tirage sur le câble en entrée de cabestan est au maximum de 300 N. Pour entraîner ce câble, un effort en sortie est également nécessaire, ce que réalise un régulateur de tension, disposé entre le cabestan tournant et l'enrouleuse (non visible sur le *Document 2*).

Hypothèses et données particulières :

- Fonctionnement en régime stabilisé (les effets dynamiques sont ignorés) ;
- Le modèle de la liaison entre les poulies et le câble est assimilé au modèle de la liaison poulie courroie – plate : $T = t e^{f\alpha}$
 - le contact câble-poulies est avec frottement de coefficient $f = 0,25$;
 - on prendra un angle d'enroulement sur la poulie motrice de $180^\circ = \pi \text{ rad}$;
 - la poulie motrice a pour rayon $R = 175 \text{ mm}$;
- La fréquence maximale de rotation de la poulie motrice est égale à $7,6 \text{ rad/s}$;
- Le rendement de la chaîne cinématique est égal à $0,8$;
- **Question 3.4 :** Déterminer le moment du couple moteur, puis la puissance à exercer sur la poulie motrice.
- **Question 3.5 :** En déduire la puissance du moteur M2 nécessaire.