

La plaisance

Présentation générale

La plaisance, en tant que sport ou loisir, est pratiquée sur des bateaux à voile ou à moteur, sur des lacs ou sur la mer.

Contrairement aux bateaux de course ou aux bateaux à usage professionnel, les constructeurs de bateaux de plaisance ont mis l'accent sur le confort et la sécurité des plaisanciers.

Afin de pouvoir assurer les opérations de maintenance sur la coque d'un bateau, celui-ci est mis en cale sèche pour l'hiver. Au printemps, la plupart des plaisanciers remettent leur bateau à l'eau à l'aide d'un camion grue, puis vérifient tous les éléments de sécurité.

Pour mettre à l'eau un voilier ou déplacer un bateau, la plupart des clubs nautiques louent des camions grues.

Pour cette étude, le voilier a les caractéristiques suivantes :

- longueur 12 m ;
- largeur 3,2 m ;
- masse $3,5 \cdot 10^3$ kg.

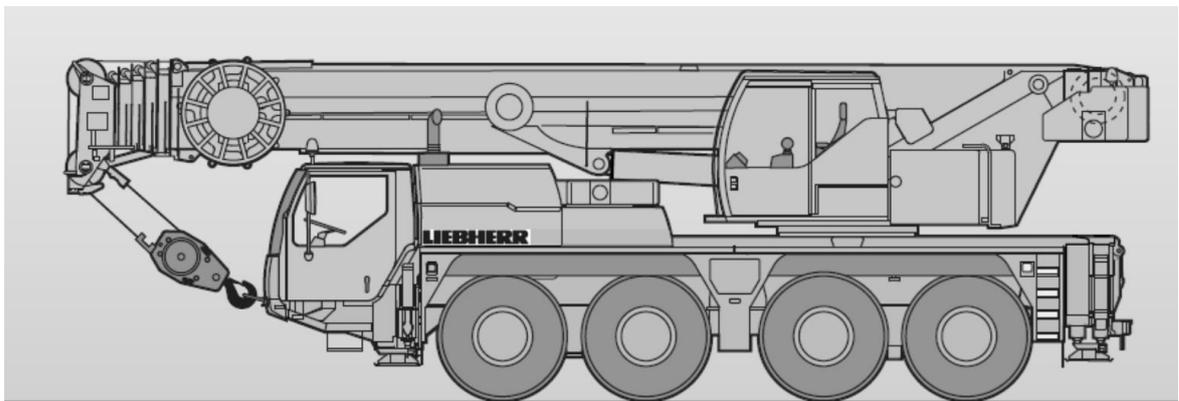


Figure 1 - Grue Mobile Liebherr LTM 1070-4.2

La grue utilisée, représentée **figure 1**, a les caractéristiques utiles suivantes pour la partie levage :

- masse du crochet : $m_c = 5,0 \cdot 10^2$ kg ;
- treuil équipé d'une boîte de vitesse à engrenages planétaires ;
- vitesse d'enroulement maximale du câble : $v_{max} = 1,2 \cdot 10^2$ m·min⁻¹ ;

- tension maximale du câble : $T_{max} = 56 \text{ kN}$;
- longueur de la flèche déployée : 50 m ;
- capacité de levage maximale retenue : 70 tonnes ;
- treuil : diamètre D du cylindre en une couche de câble : 500 mm, couple de sortie dynamique 23 kN·m (le couple dynamique correspond au couple maximum que le treuil peut supporter) ;
- poulie en haut de flèche : diamètre $d_p = 0,50 \text{ m}$;
- flèche : treillis métallique, formé de multiples sections triangulaires, qui tourne autour d'un axe vertical. La flèche est l'élément qui permet à l'engin de levage d'avoir une portée et une hauteur suffisantes pour déplacer des charges à des endroits précis.

Le crochet étant une partie de la charge, sa masse doit être prise en compte lors des calculs.

I.1 - Calcul de la tension du câble à l'équilibre et en phase de levage

Pour calculer la tension du câble, on suppose que le bateau est suspendu uniformément sur deux élingues, donc que la charge est répartie équitablement sur les élingues. (L'élingue est un élément souple, de masse négligeable, permettant d'attacher le bateau au crochet).

On supposera que la liaison est parfaite entre les élingues et le crochet. Le câble est inextensible.

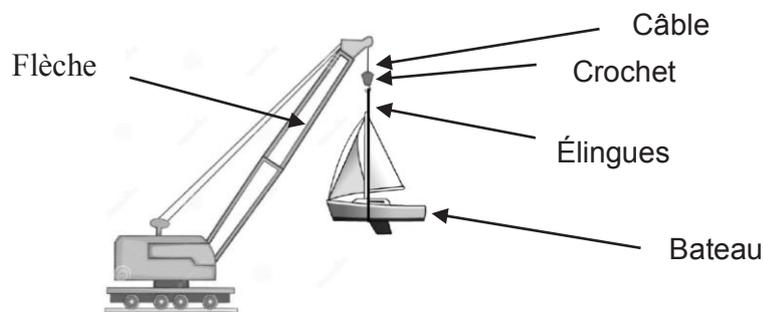


Figure 2 - Schématisation de la charge en haut de la flèche de grue

- Q1.** Reproduire sommairement le schéma de la **figure 2** en y faisant apparaître les forces exercées sur le crochet et calculer la tension T du câble lorsque la charge est à l'équilibre.
- Q2.** On veut maintenant déterminer la tension T' du câble en phase de levage accéléré. On suppose qu'on lève verticalement le bateau, initialement immobile, d'une hauteur $H = 10 \text{ m}$ sur une durée $t_1 = 1 \text{ min}$, l'accélération du bateau, notée a , étant constante.
- Exprimer la vitesse instantanée v du bateau en fonction de a et du temps t ;
 - Exprimer la hauteur d'élévation h en fonction de a et du temps t ;
 - En déduire l'expression de la vitesse instantanée v en fonction de h et du temps t ;
 - Calculer ainsi la vitesse finale v_f , vitesse atteinte à la fin de cette phase de levage de 10 m ;
 - Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour déterminer l'expression de la tension T' du câble en fonction de v_f , H , g et de m (masse totale de la charge) ;
 - Montrer ainsi que T' est numériquement peu différente de T .
- Q3.** En utilisant les caractéristiques de la grue :
- Déterminer, en fonction de T_{max} (tension maximale du câble), m et de g , l'expression littérale de a_{max} , accélération maximale supposée constante, pour ne pas dépasser cette tension maximale ;
 - Calculer la valeur de a_{max} ;
 - Calculer la vitesse v_{thmax} atteinte lors de cette élévation de hauteur $H = 10 \text{ m}$ avec l'accélération déterminée précédemment ;
 - Comparer cette vitesse v_{thmax} avec la vitesse v_f calculée en **Q2d**.

I.2 - Puissance et couple du treuil nécessaires pour soulever le bateau

Pour soulever le bateau, le treuil de la grue doit avoir une puissance suffisante. Nous allons déterminer la puissance du treuil et la comparer à la puissance nécessaire.

Pour simplifier l'étude, nous n'allons considérer qu'une seule poulie en haut de flèche, permettant de modifier uniquement la direction du câble.

Un treuil est un dispositif mécanique permettant de commander l'enroulement et le déroulement d'un câble, d'une chaîne ou de tout autre type de filin destiné à porter ou à tracter une charge.

On formule l'hypothèse que le treuil permet d'enrouler le câble autour d'un cylindre sur une seule épaisseur, ce qui nous donne un diamètre D d'enroulement constant.

- Q4.** À partir des caractéristiques de la grue, exprimer en fonction de T et de v_{max} la puissance P_u que peut développer le treuil pour la tension maximale T du câble si celui-ci est enroulé à la vitesse v_{max} . Calculer alors P_u .
- Q5.** Exprimer le couple maximum C développé par le treuil en fonction de P_u , v_{max} et de D . Calculer alors C .

Pour maintenir la charge en équilibre, le treuil doit fournir un couple appelé couple de maintien, C_m . On considère que la poulie est parfaite et que le câble est inextensible.

- Q6.** Exprimer C_m en fonction de m , g et de D . Calculer ce couple C_m .

- Q7.** En utilisant les caractéristiques de la grue, vérifier que le treuil pourra lever le bateau.

I.3 - Puissance du treuil pour la mise à l'eau

Lors de la mise à l'eau, le bas de la quille du voilier est soulevé d'une hauteur H de 10 m par rapport à l'eau.

- Q8.** En utilisant le théorème de l'énergie mécanique, déterminer l'expression littérale et la valeur numérique de la vitesse acquise lors de l'impact du bas de la quille avec l'eau si le treuil était débrayé (On néglige les différents frottements, le bateau se trouve ainsi en chute libre).
- Q9.** En réalité, la mise à l'eau du bateau est faite à vitesse constante de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quelle doit être la puissance de freinage développée par le treuil ?