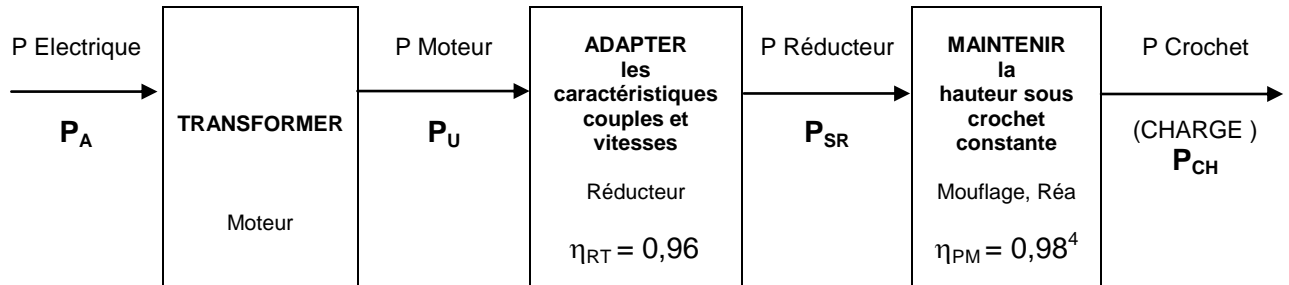


## PARTIE A : ETUDE MECANIQUE DU MOUVEMENT DE LEVAGE

(Éléments de correction)

- Graphe de transmission de puissance :

On adopte le modèle suivant :



**Le cas le plus défavorable sera retenu pour les questions de 1 à 3**

*Vérifier l'adaptation du moteur de levage aux différentes charges.*

- 1°) Calculer l'énergie potentielle  $W_P$  à fournir pour élever la charge à fond de cale bateau (course totale du câble).

$$W_P = m \times g \times h \quad \text{avec} \quad m = 35 \text{ T} = 35\,000 \text{ kg} \quad \text{et} \quad g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

$$W_P = mgh = 35\,000 \times 9,81 \times 46 = 15,794.10^6 \text{ J}$$

$$W_P = 15,794.10^6 \text{ J}$$

- 2°) Calculer le temps  $t$  et la puissance  $P_{CH}$  nécessaire au levage de la charge.

$$h = V_1 \times t \implies t = h / V_1 = 46 / 0,633 = 72,67 \text{ s}$$

$$\text{temps de levage} \implies t = 72,67 \text{ s}$$

$$P_{CH} = W_P / t = 15,794.10^6 / 72,67 = 217,34 \text{ kW}$$

$$P_{CH} = 217,34 \text{ kW}$$

- 3°) En déduire la puissance en sortie du réducteur  $P_{SR}$ , la puissance utile  $P_U$  nécessaire et la puissance absorbée  $P_A$ .

$$P_{SR} = P_{CH} / \eta_{PM} = 217,34.10^3 / 0,922 = 235,72 \text{ kW}$$

$$P_{SR} = 235,72 \text{ kW}$$

$$\eta_G = \eta_{PM} \times \eta_{RT} = 0,922 \times 0,96 = 0,885$$

$$\eta_G = 0,885$$

$$P_{U \text{ mot}} = P_{CH} / \eta_G = 217,34.10^3 / 0,885 = 245,58 \text{ kW}$$

$$P_{U \text{ mot}} = 245,58 \text{ kW}$$

$$P_A = P_{U \text{ mot}} / \eta_m = 245,58.10^3 / 0,92 = 266,93 \text{ kW}$$

$$P_A = 266,93 \text{ kW}$$

- 4°) Calculer les rapports de réduction  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  adaptés à chaque vitesse de levage obtenue par action sur le levier de manœuvre.  
( Le mouflage n'a aucune influence sur les différentes vitesses de levage )

**Petite vitesse :**  $V_1 = \Omega_{1T} \times R_T$  alors  $\Omega_{1T} = V_1 / R_T$  avec  $R_T = 0,315$  m

$$\Omega_{1T} = V_1 / R_T = 0,633 / 0,315 = 2 \text{ rad.s}^{-1} = 19,09 \text{ tr.min}^{-1}$$

$$R_1 = \Omega_{1T} / \Omega_M = 19,09 / 1492 = \mathbf{0,0127 = 1 / 78,74}$$

$$R_1 = \mathbf{0,0127 = 1 / 78,74}$$

**Vitesse moyenne :**  $V_2 = \Omega_{2T} \times R_T$  alors  $\Omega_{2T} = V_2 / R_T$  avec  $R_T = 0,315$  m

$$\Omega_{2T} = V_2 / R_T = 0,866 / 0,315 = 2,75 \text{ rad.s}^{-1} = 26,25 \text{ tr.min}^{-1}$$

$$R_2 = \Omega_{2T} / \Omega_M = 26,25 / 1492 = \mathbf{0,0175 = 1 / 57,14}$$

$$R_2 = \mathbf{0,0175 = 1 / 57,14}$$

**Grande vitesse :**  $V_3 = \Omega_{3T} \times R_T$  alors  $\Omega_{3T} = V_3 / R_T$  avec  $R_T = 0,315$  m

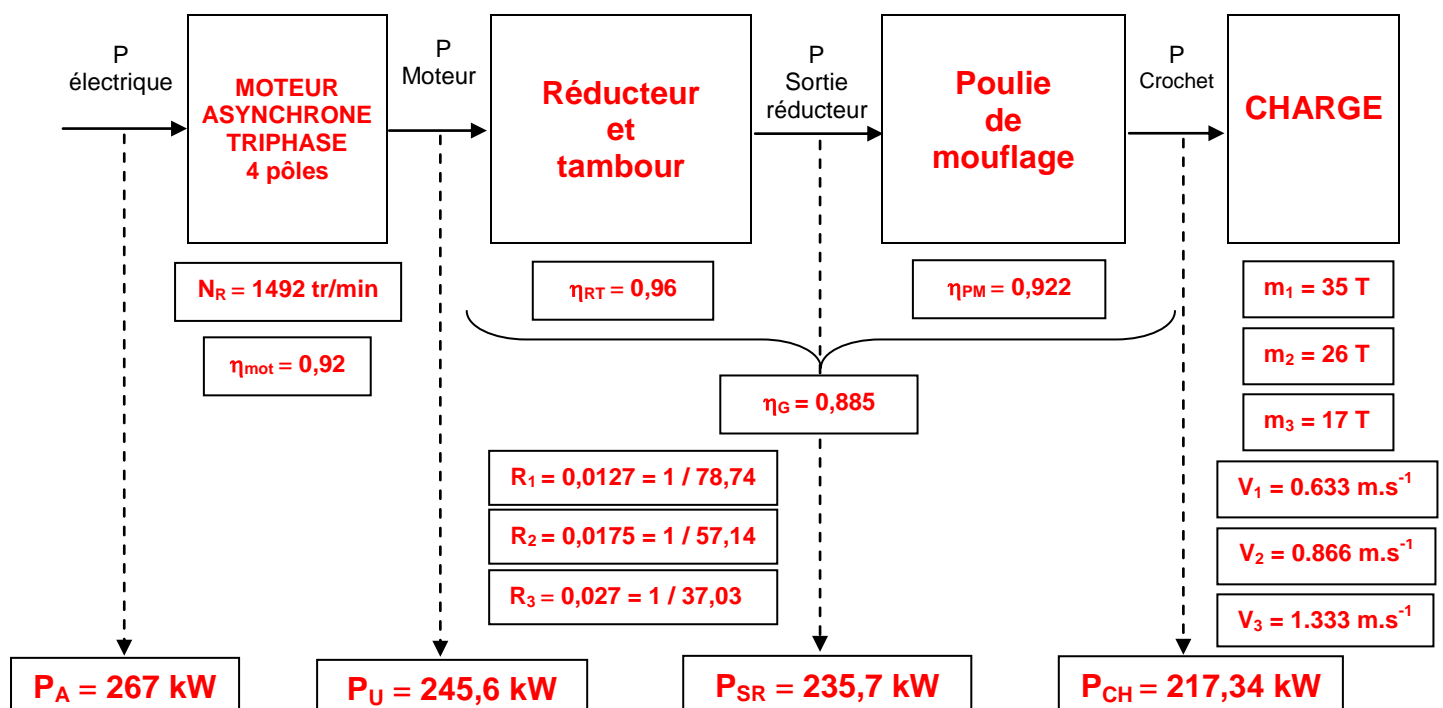
$$\Omega_{3T} = V_3 / R_T = 1,333 / 0,315 = 4,23 \text{ rad.s}^{-1} = 40,41 \text{ tr.min}^{-1}$$

$$R_3 = \Omega_{3T} / \Omega_M = 40,41 / 1492 = \mathbf{0,027 = 1 / 37,03}$$

$$R_3 = \mathbf{0,027 = 1 / 37,03}$$

- 5°) Compléter le graphe ci-dessous.

(Seules les puissances relevées dans le cas le plus défavorable seront reportées)



- 6°) Calculer, dans le cas le plus défavorable, le couple  $T_{Réd}$  que doit fournir le réducteur pour entraîner la masse  $m$  la plus importante à une vitesse constante dans la phase de montée de la charge. En déduire par calcul, la valeur du couple résistant  $T_{RM}$  ramené sur l'arbre du moteur.

Equation générale de la dynamique appliquée à l'arbre moteur :  $J \frac{d\Omega}{dt} = T_{mot} - T_R$

A vitesse constante  $\Omega = cte$  d'où  $d\Omega/dt = 0$  alors  $T_{mot} = T_R$

$T_R = F \times R_T$  avec  $F = m \times g$

$$T_{Réd} = T_R = m \times g \times R_T = 35000 \times 9,81 \times 0,315 = 108,155.10^3 \text{ Nm} \quad T_{Réd} = 108,155 \text{ kNm}$$

$\eta_{PM} = P_{CH} / P_{SR}$  et  $\eta_{RT} = P_{SR} / P_U$  avec  $\eta_{PM} = 0,922$  et  $\eta_{RT} = 0,96$  d'où  $P_U = P_{CH} / (\eta_{RT} \times \eta_{PM})$

$P_U = T_{RM} \times \Omega_M = T_{Réd} \times \Omega_{1T} / (\eta_{RT} \times \eta_{PM})$  avec  $R_1 = (\Omega_{1T} / \Omega_M)$

$$\text{D'où } T_{RM} = R_1 \times (T_{Réd} / \eta_{RT} \times \eta_{PM}) = 0,0127 \times (108,155.10^3 / (0,922 \times 0,96)) = 1551.9 \text{ Nm}$$

$$T_{RM} = 1551.9 \text{ Nm}$$

- 7°) Calculer le couple utile  $T_{U \text{ mot}}$  du moteur de levage. Conclure.

$P_{U \text{ mot}} = T_{U \text{ mot}} \times \Omega_M$  alors  $T_{U \text{ mot}} = P_{U \text{ mot}} / \Omega_M$

$$\Omega_M = 156,24 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$T_{U \text{ mot}} = 250.10^3 / 156,24 = 1600 \text{ Nm}$$

$$T_{U \text{ mot}} = 1600 \text{ Nm}$$

$T_{U \text{ mot}} > T_{RM}$  Le moteur utilisé est adapté à son utilisation.

*Vérifier la pertinence du choix des câbles de levage.*

- 8°) Relever l'effort résistant maximal  $F$  exercé par les différentes charges levées.

$F = m \times g$  avec  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

$$F_1 = m_1 g = 35\,000 \times 9,81 = 343,35 \text{ kN}$$

$$F_1 = 343,35 \text{ kN}$$

$$F_2 = m_2 g = 26\,000 \times 9,81 = 255,06 \text{ kN}$$

$$F_2 = 255,06 \text{ kN}$$

$$F_3 = m_3 g = 17\,000 \times 9,81 = 166,77 \text{ kN}$$

$$F_3 = 166,77 \text{ kN}$$

9°) En déduire, l'effort  $F'$  appliqué sur chacun des câbles de levage dans les 3 cas précédents.  
( voir la figure du document n°4 )

$$F'_1 = F_1 / 4 = 343,35 / 4 = 85,83 \text{ kN}$$

$$F'_1 = 85,83 \text{ kN}$$

$$F'_2 = F_2 / 4 = 255,06 / 4 = 63,76 \text{ kN}$$

$$F'_2 = 63,76 \text{ kN}$$

$$F'_3 = F_3 / 4 = 166,77 / 4 = 41,69 \text{ kN}$$

$$F'_3 = 41,69 \text{ kN}$$

10°) Vérifier la conformité du coefficient de sécurité  $C_0$  pour les câbles à âme métallique utilisés dans le cas le plus défavorable pour une rupture minimale de  $180 \text{ kg/mm}^2$  et calculer la masse  $m$  d'un câble.

Il faut un coefficient de sécurité  $> 5$  soit  $C_0 = ( CR / CMU ) > 5$

$$C_0 = 510370 / 85830 = 5,94$$

$$C_0 = 5,94$$

**Le câble est conforme car  $C_0 = 5,94 > 5$**

Poids/métrique =  $3,15 \text{ kg/m}$  ;  $L = 105 \text{ m}$

$$m = 3,15 \times 105 = 330,7 \text{ kg}$$

$$m = 330,7 \text{ kg}$$

11°) Calculer l'allongement maximal  $\Delta\lambda$  d'un câble de levage.

L'allongement s'écrit :

$$\Delta\lambda = ( N \times \lambda_0 ) / ( E \times S_0 )$$

$N$  : Force appliquée en N.

$\lambda_0$  : Longueur maximale en mm.

$E$  : Module d'élasticité  $\text{N/mm}^2$

$S_0$  : Section utile en  $\text{mm}^2$ .

$$E = 110000 \text{ N / mm}^2$$

Coefficient de remplissage du câble = Section d'acier/Section totale =  $0,61$

Le cahier des charges spécifie un allongement maximum de  $0,5 \text{ m}$ . Conclure sur le câble utilisé.

Coefficient de remplissage du câble : ( section d'acier/ section totale ) =  $S_0 / S_A = 0,61$

Section apparente du câble :  $S_A = \pi \times r^2 = \pi \times (28/2)^2 = 615,75 \text{ mm}^2$

La section utile est donc égale à  $S_0 = 0,61 \times 615,75 = 375,6 \text{ mm}^2$

$$S_0 = 375,6 \text{ mm}^2$$

Dans le cas le plus défavorable, l'effort maximal exercé sur le câble sera de  $85,83 \text{ kN}$ .

Alors :  $\Delta\lambda = ( N \times \lambda_0 ) / ( E \times S_0 ) = (85830 \times 182000) / (110000 \times 375,6) = 378 \text{ mm}$

$$\Delta\lambda = 378 \text{ mm}$$

**L'allongement calculé est inférieur aux préconisations le câble est donc correctement choisi.**

**Définir la vitesse maximale du vent autorisée pendant les manutentions.**

**12°)** Afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes, le cahier des charges stipule qu'un balan maximal ne peut excéder 0,65 m pendant sa manutention.

La densité de l'air  $\rho$  retenue est de  $1,2 \text{ kg/m}^3$  à  $20^\circ\text{C}$  et le coefficient d'aérodynamisme  $C_d$  est de 1,2 sur une surface notée  $S$ .

Après avoir calculé la force latérale  $F_{vt}$  exercée par le vent sur le conteneur de 20 T à 20 m sous la tête de flèche, déterminer la vitesse de vent maximale permettant l'utilisation de la grue.

La force exercée par le vent a pour expression :  $F_{vt} = S \times C_d \times \rho/2 \times (V_{vt})^2$

A 20 m sous crochet, on a  $d = \sin \alpha \times L \implies \sin \alpha = d / L = 0,65 / 20 = 0,0325$

$\alpha = 1,862^\circ \implies \tan \alpha = 0,0325$

$\tan \alpha = F_{vt} / F_{CH} \implies F_{vt} = F_{CH} \times \tan \alpha = 200000 \times 0,0325 = 6501.89 \text{ N}$

La force latérale est donc de 6501,89 N

**$F_{vt} = 6501.89 \text{ N}$**

Surface du conteneur de face :  $S = 6,1 \times 3 = 18,3 \text{ m}^2$

**$S = 18,3 \text{ m}^2$**

$$F_{vt} = S \times C_d \times \rho/2 \times (V_{vt})^2$$

$$(V_{vt})^2 = F_{vt} / (S \times C_d \times \rho/2) \implies V_{vt} = \sqrt{F_{vt} / (S \times C_d \times \rho/2)}$$

$$V_{vt} = \sqrt{6501,89 / (18,3 \times 1,2 \times (1,2 / 2))} = 22,21 \text{ m.s}^{-1}$$

**$V_{vt} = 22,21 \text{ m.s}^{-1}$**

$$V_{vt} = 22,21 \text{ m.s}^{-1} \text{ soit } 80 \text{ km.h}^{-1}$$

L'utilisation de la grue est donc interdite si le vent excède 80 km/h.

