

# L'ASCENSEUR DE LA TOUR EIFFEL

(extrait Centrale TSI 2013 )

## 1 Contexte

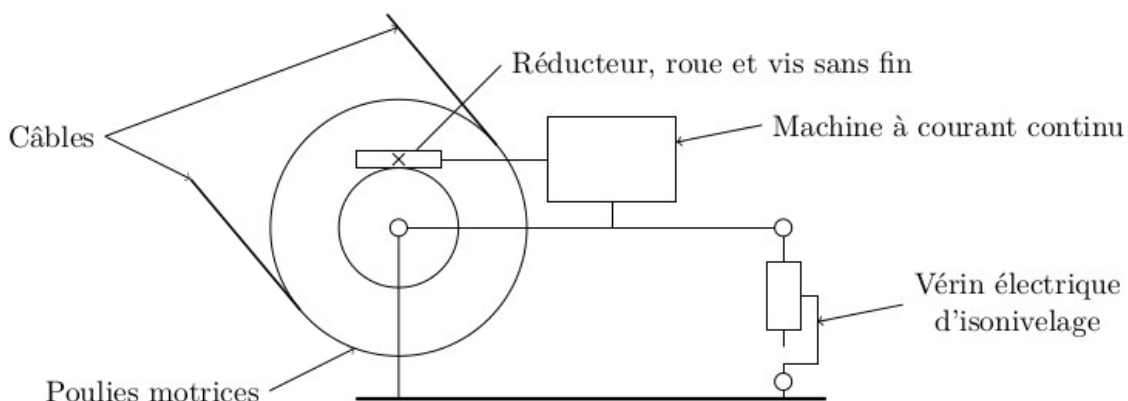
La tour Eiffel est actuellement le monument payant le plus visité au monde avec plus de six millions de visiteurs par an. En plus des mille six cent soixante-cinq marches d'escalier, la tour Eiffel est actuellement desservie par six ascenseurs et un monte-charge. Les parcours annuels cumulés des ascenseurs sont, d'après le site officiel de la tour Eiffel, équivalents à deux fois et demie le tour de la Terre, soit plus de 103 000 km.

Parmi les ascenseurs accessibles aux visiteurs de la tour Eiffel, l'ascenseur électrique du pilier nord offre la plus grande capacité avec cent dix personnes qui sont réparties dans deux cabines supportées par un chariot tracteur

L'ascenseur du pilier nord est constitué : ( **schéma en page 3** )

- d'un chariot tracteur sur lequel sont fixées les deux cabines destinées à transporter les visiteurs ;
- de deux ensembles de deux câbles en acier situés de part et d'autre du chariot ;
- de deux poulies réceptrices
- de deux poulies motrices qui entraînent les câbles (la masse d'une poulie est de 4280 kg) ;
- d'un contrepoids de 45 tonnes (45 103 kg) qui évolue entre le rez-de-chaussée et le premier étage, avec une inclinaison de  $54^\circ$  ;
- d'un système de mouflage qui réduit par quatre la distance parcourue par le contrepoids ;
- d'une machine à courant continu, de puissance utile nominale 360 kW et de vitesse nominale  $520 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ , qui assure l'entraînement des poulies motrices (le moment d'inertie du rotor est de  $48 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ) ;
- d'un réducteur différentiel, de type roue et vis sans fin de rapport de transmission de 116/3 ;
- d'un vérin électrique d'isonivelage qui corrige la variation de longueur des câbles lors de la montée et de la descente des visiteurs par une rotation de plus ou moins  $5^\circ$  de l'ensemble réducteur et machine à courant continu.

## 2 Etude du vérin d'isonivelage



Lorsque le chariot est à un étage, la variation de poids exercé par l'ensemble des visiteurs, lors de la montée ou de la descente des cabines, engendre des variations de longueur non négligeables des câbles. Un vérin d'isonivelage, entraîné par une machine asynchrone triphasée, permet de compenser cette variation de longueur des câbles. Il permet une rotation de plus ou moins  $5^\circ$  de l'ensemble réducteur et machine à courant continu, autour de l'axe des poulies motrices

Le chariot tracteur est soutenu par quatre câbles.

Hypothèses :

- les quatre câbles ont une tension identique ;
- la résistance au glissement entre le chariot tracteur et les rails est négligée.

Données :

- masse du chariot tracteur  $M_c = 12\,750\text{ kg}$  ;
- masse des cents dix passagers  $M_p = 8\,250\text{ kg}$  ;
- accélération de la pesanteur  $g = 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  .

*Question 1. Calculer la tension  $T$  dans chacun des câbles quand le chariot se situe au deuxième étage.*

*Question 2. Calculer la variation de cette tension  $\Delta T$  quand les cent dix passagers quittent les cabines.*

Le câble est assimilé à une poutre homogène.

L'acier utilisé pour le câble a une limite d'élasticité  $R_e = 355\text{ MPa}$ .

On considère la section utile d'un câble  $S_u = 536\text{ mm}^2$  .

*Question 3. Vérifier la résistance des câbles. Conclure quant à la résistance statique des câbles.*

Le module d'Young de l'acier utilisé pour les câbles est  $E = 125\,000\text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  .

La longueur d'un câble est  $L_c = 360\text{ m}$ . Pour ce calcul, on prendra  $\Delta T = 19\,450\text{ N}$ .

*Question 4. Calculer l'allongement du câble quand les passagers montent dans les cabines.*

Les poulies motrices ont un diamètre  $\Phi_{pm} = 2,764\text{ m}$ .

*Question 5. Q 31. Vérifier que la rotation de  $5^\circ$  de l'ensemble réducteur et machine à courant continu par le vérin d'isonivelage est suffisante.*

