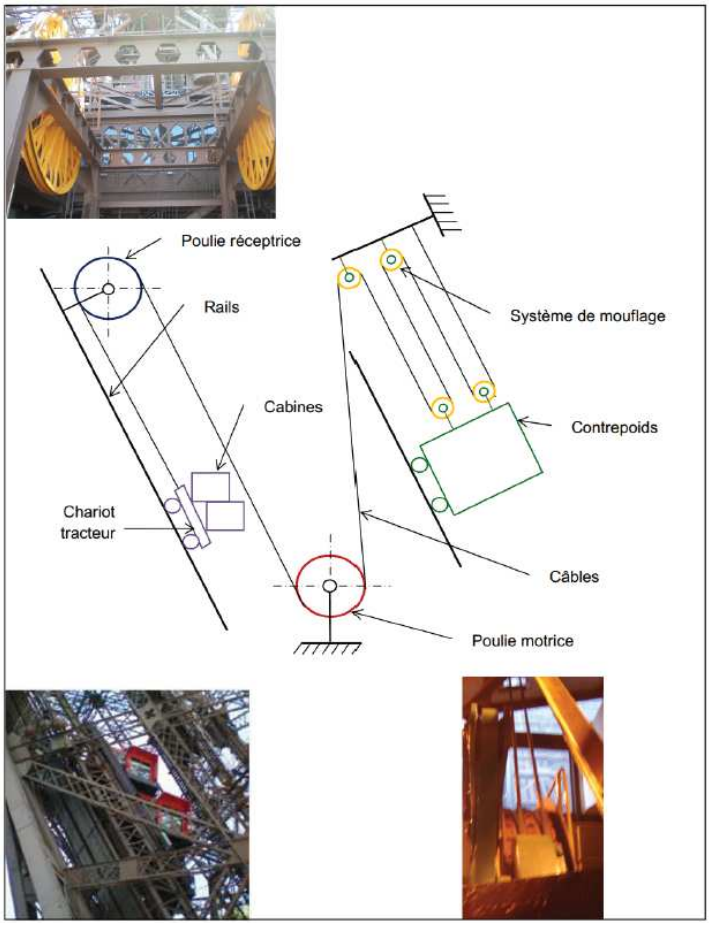
MOTORISATION DU MOTEUR DE L'ASCENSEUR DE LA TOUR EIFFEL

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

Figure 1 Chariot tracteur supportant les deux cabines de l'ascenseur du pilier nord de la tour Eiffel



L'ascenseur du pilier nord est constitué :
• 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 entrainent 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° ;
• 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 tr·min–1, qui assure l'entraînement des poulies motrices (le moment d'inertie du rotor est de 48 kg.m²) ;
• 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° de l'ensemble réducteur et machine à courant continu.

MOTORISATION DU MOTEUR DE L'ASCENSEUR DE LA TOUR EIFFEL

Description	Notation	Valeur-référence
Type de moteur		LAKC 6450 C
Puissance nominale	P_n	360 kW
Vitesse de rotation nominale	n_n	520 tr · min^{-1}
Tension nominale de l'induit	U_n	600 V
Courant nominal de l'induit	I_n	640 A
Nombre de balais		18
Moment d'inertie	J	48 kg · m^2
Résistance de l'induit	R	0,0247 Ω
Inductance de l'induit	L	0,95 mH
Tension nominale de l'inducteur	Ue_n	220 V
Courant nominal de l'inducteur	Ie_n	18,2 A
Refroidissement, volume d'air nécessaire	V	10 000 m^3 · h^{-1}
Dimensions avec moteur de ventilation	$L \times l \times h$	2077 × 1030 × 2163 mm
Montage		IM 1001
Hauteur d'axe		700 mm
Masse de la machine	M	4075 kg

1) Calculer le couple nominal du moteur à courant continu ainsi que le coefficient K liant E et la vitesse. En déduire le couple de pertes de la machine.

2) Déterminer le rendement du moteur.

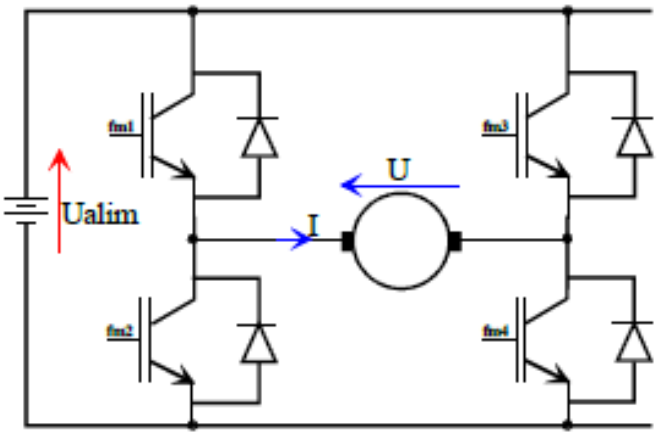
3) Écrire les 3 équations liant **Um**, **Im**, **E**, Ω et **Cm** qui caractérisent le fonctionnement de la machine à courant continu (en convention récepteur).

4) Pour respecter la vitesse du charriot tracteur et en tenant compte des masses et inerties concernées en régime permanent, on obtient un couple nécessaire en sortie du réducteur C_{red} = 172 kNm.

Hypothèses :
- rayon poulies = 1,382m
- accélération maximale : 0,15 m.s^{-2}
- le réducteur a un rendement estimé à η = 0,75 ;
- le rapport de transmission du réducteur est k = 116/3 ;
- le moment d'inertie équivalent de tout l'ensemble (moteur et charge) est 50 kg.m²
- les liaisons (autres que celles dans le réducteur) sont supposées parfaites.

En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'arbre du moteur, calculer le couple moteur *Cm* pour la phase à vitesse établie et pendant la phase d'accélération du charriot tracteur.
Conclure par rapport au moteur utilisé.

5) La structure de l'alimentation du moteur est la suivante avec Ualim source de tension de 750V réversible en courant.



5.1) En supposant que les interrupteurs 1 et 4 sont commandés de 0 à αT et les interrupteurs 2 et 3 le reste de la période : dessiner U(t) et I(t).

5.2) Déterminer la valeur de α pour obtenir la tension U correspondant à un déplacement de 1m/s du charriot tracteur avec le couple calculé à la question 4 en régime stabilisé.

5.3) Calculer alors l'ondulation Δi sachant que la fréquence est de 8kHz (on négligera R dans ce cas).

5.4) Exprimer Δi en % du courant fourni et conclure.