

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR****PRODUCTIQUE MÉCANIQUE****SCIENCES PHYSIQUES****Durée 2 heures****Coefficient 2**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce document comporte: 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront de façon appréciable dans l'évaluation des copies.

**CALCULATRICE AUTORISÉE**

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celles-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

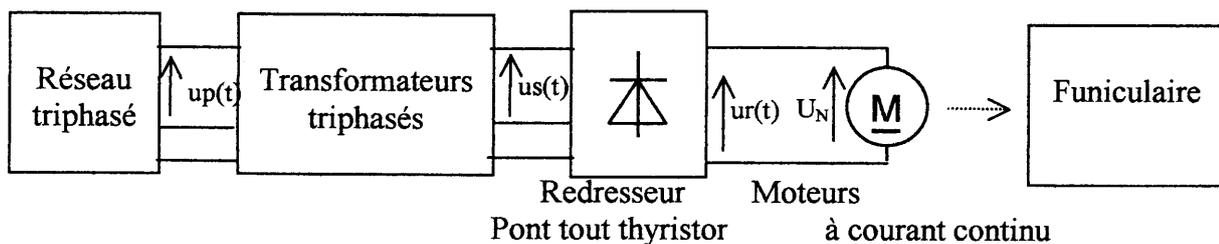
**Consignes :**

Le problème comporte 5 parties qui peuvent être traitées de façon indépendante.  
Néanmoins, il est conseillé de lire préalablement l'ensemble du sujet.  
Le document réponse est à rendre avec la copie.  
Les notations de l'énoncé sont à respecter impérativement.

**INTRODUCTION**

La Société des Téléphériques de la Grande Motte STGM est gérante de l'ensemble du domaine de Tignes. Afin d'élargir son domaine skiable, elle a créé l'espace Killy et s'est alors équipé d'un funiculaire qui permet à 3000 skieurs par heure de rejoindre ces nouvelles pistes en partie situées sur le glacier (3656m).

Le schéma de principe de l'entraînement électrique du funiculaire est le suivant :

**I/ ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DU FUNICULAIRE (5 points)****Caractéristiques techniques :**

Masse en charge (rames et câble)  $M_T = (59 + 35)$  tonnes.  
Longueur du parcours  $L = 3500$  m.  
Gare amont à l'altitude  $H_m = 3000$  m.  
Gare aval à l'altitude  $H_v = 2100$  m.  
Durée de montée nominale  $t_m = 6$  min.

- I.1/ Calculer la vitesse nominale moyenne  $V_{\text{moy}}$  en  $\text{m.s}^{-1}$ .  
I.2/ Calculer le dénivelé  $\Delta H$  et déduire le pourcentage moyen  $P$  de la pente (rapport du dénivelé par la distance parcourue correspondante).  
I.3/ Calculer l'énergie  $E$  nécessaire à la montée du funiculaire en Joules et en kW.h sachant que  $E = M_T \cdot 9,8 \cdot \Delta H$ . ( $M_T$  en kg)  
I.4/ Déduire la puissance moyenne mécanique nominale  $P_{MN}$  nécessaire.

## II/ ÉTUDE DU MOTEUR (6 points)

La gare amont regroupe un système de poulies, 3 réducteurs associés à 3 moteurs à courant continu à excitation indépendante dont chacun possède les caractéristiques suivantes :

### Caractéristiques de chaque moteur :

Puissance utile nominale  $P_N=800$  kW.

Vitesse de rotation nominale  $N_N=1200$  tr.min<sup>-1</sup>.

Induit:  $U_N=520$  V;  $I_N=1600$  A.

Inducteur:  $U_{ex}=290$  V;  $I_{ex}=11$  A.

Dans les conditions de fonctionnement nominales, pour un moteur:

- II.1/ Donner un modèle électrique équivalent du moteur en plaçant les tensions  $U_N$ ,  $U_{ex}$  et les courants  $I_N$ ,  $I_{ex}$ . (Document réponse 1 )
- II.2/ Donner l'expression littérale de la puissance absorbée  $P_a$ . Calculer  $P_a$ .
- II.3/ Calculer le rendement  $\eta_M$  d'un moteur.
- II.4/ Calculer le moment du couple utile  $T_u$  développé.

En vitesse de montée nominale, les trois moteurs fonctionnent à leur régime nominal.

- II.5/ Calculer la puissance mécanique totale  $P_{NTOT}$  délivrée par les 3 moteurs.
- II.6/ La puissance mécanique nominale  $P_{MN}$  nécessaire à la montée du funiculaire vaut 2300 kW. Déduire le rendement  $\eta_{RP}$  du système réducteur-poulies permettant la liaison mécanique entre les moteurs et le câble tirant le funiculaire.

### III/ ÉTUDE DU TRANSFORMATEUR TRIPHASE (6 points)

Le poste de transformation permet l'alimentation en énergie électrique du funiculaire. Il est constitué de 4 transformateurs.

3 transformateurs de **1300kVA (20kV / 500V)** alimentant les groupes moto-variateurs et 1 transformateur alimentant le bâtiment (éclairage....)

Afin de réduire la présence d'harmoniques sur la ligne d'alimentation, on choisit deux couplages différents pour les transformateurs alimentant les moteurs. Considérons le cas du couplage Dy.

Le transformateur sera supposé parfait.

III.1/ Compléter le document réponse 2 afin de représenter ce couplage.

III.2/ Calculer la valeur efficace  $V_p$  de la tension aux bornes d'un enroulement situé au primaire.

III.3/ Calculer la valeur efficace  $V_s$  de la tension aux bornes d'un enroulement situé au secondaire.

III.4/ Déduire le rapport des nombres de spires  $N_2/N_1$ .

III.5/ Calculer l'intensité efficace  $I_p$  du courant nominal en ligne au primaire.

On veut mesurer avec la méthode des 2 wattmètres la puissance absorbée au primaire.

III.6/ Donner le schéma de montage sur le document réponse 3.

III.7/ Quels essais faudrait-il faire afin de déterminer le rendement du transformateur par la méthode des pertes séparées ?

### IV/ ÉTUDE DU REDRESSEUR (3 points)

Le montage redresseur est un pont tout thyristor.

Caractéristiques :

Tension efficace d'alimentation du réseau  $U_s = 500V$ ;  $50Hz$ .

La valeur moyenne de la tension en sortie du pont s'écrit

$$\bar{U}_r = 3 \cdot \frac{\hat{U}_s}{\pi} \cdot \cos \theta$$

avec  $\theta$  angle de retard à l'amorçage et  $\hat{U}_s$  valeur maximale de  $u_s$ .

IV.1/ Compléter le document réponse 4 et placer  $u_s(t)$  puis  $u_r(t)$  et  $i_r(t)$ .

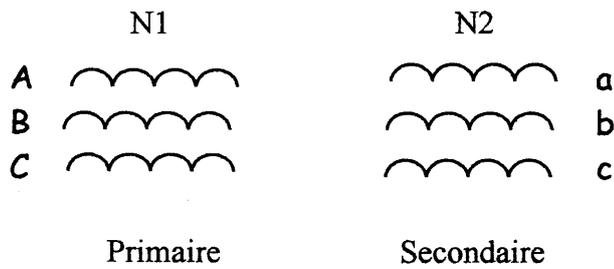
IV.2/ Calculer  $\theta_N$  permettant un fonctionnement du moteur au régime nominal (soit une tension  $\bar{U}_r = U_N = 520 V$  aux bornes de l'induit).

**DOCUMENT À RENDRE AVEC LA COPIE**

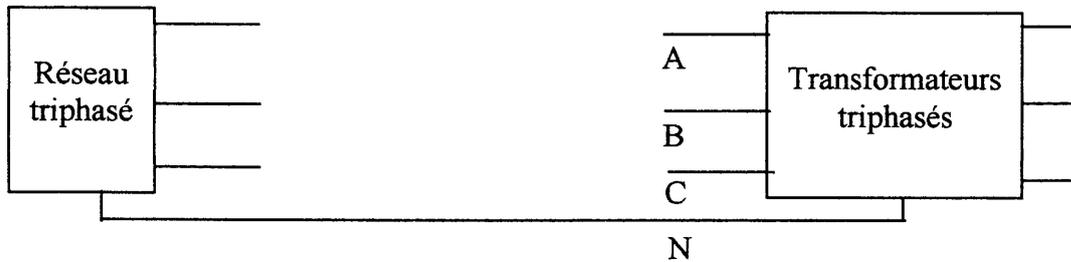
**Document réponse 1: Modèle électrique du moteur**



**Document réponse 2: Couplage d'un des transformateurs.**



**Document réponse 3: Mesure de puissance absorbée au primaire.**



**Document réponse 4: Redresseur tout thyristor.**

