

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
MAINTENANCE DES SYSTEMES
Option A

PHYSIQUE-CHIMIE

SESSION 2023

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

Session 2023	BTS Maintenance des systèmes	Page 1 sur 7
23MSPHYA1	U32 PHYSIQUE-CHIMIE	

Centre de maintenance du tramway de Tours

Les 21 rames du tramway de Tours transportent quotidiennement environ 50 000 personnes. Chaque rame de tramway fait l'objet d'un contrôle fréquent au centre de maintenance.



Rames de tramway dans l'atelier du centre de maintenance de Tours

Partie A : Fonctionnement de la rame (7 points)

Une rame comporte 4 bogies. Un bogie est une structure porteuse à 4 roues. 3 bogies sont motorisés. Chacune des roues d'un bogie motorisé est entraînée par un moteur asynchrone triphasé. Il y a donc au total 12 moteurs permettant la traction de la rame.

Une ligne aérienne appelée caténaire fournit une tension continue de 750 V. Le pantographe situé sur le toit du tramway assure la liaison entre la caténaire et le convertisseur statique qu'elle alimente. Le convertisseur statique alimente le moteur asynchrone.



Bogie

Données :

Plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé (valeurs nominales) :

Valeur efficace de la tension composée : $U_N = 590 \text{ V}$;

Valeur efficace de l'intensité en ligne : $I_N = 35 \text{ A}$;

Fréquence électrique : $f = 88 \text{ Hz}$;

Facteur de puissance : $\cos \varphi_N = 0,73$;

Fréquence de rotation du rotor : $n_N = 2\,610 \text{ tr.min}^{-1}$

Puissance utile fournie : $P_{UN} = 25,8 \text{ kW}$

Session 2023	BTS Maintenance des systèmes	Page 2 sur 7
23MSPHYA1	U32 PHYSIQUE-CHIMIE	

La vitesse angulaire est liée à la fréquence de rotation du rotor par la relation suivante :

$$\Omega = \frac{2 \times \pi \times n_N}{60} \quad \text{où } n_N \text{ s'exprime en tr.min}^{-1}$$

1. Fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé

1.1. Afin de mesurer la valeur efficace de la tension composée d'un réseau triphasé, indiquer la position AC ou DC à sélectionner sur le voltmètre.
Indiquer la manière de brancher le voltmètre : en série avec une phase, en dérivation entre deux phases ou en dérivation entre phase et neutre.

1.2. En utilisant la plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé, déterminer la valeur de la puissance nominale P_{AN} qu'il absorbe.

1.3. Donner l'expression littérale du rendement nominal du moteur η_N .
Calculer sa valeur numérique.

1.4. Montrer que la valeur de la vitesse angulaire nominale Ω_N du moteur asynchrone est égale à environ 273 S.I. Préciser son unité.

1.5. Donner l'expression littérale du couple utile nominal C_{UN} disponible sur le rotor en fonction de P_{UN} et Ω_N .
Effectuer l'application numérique. Préciser son unité.

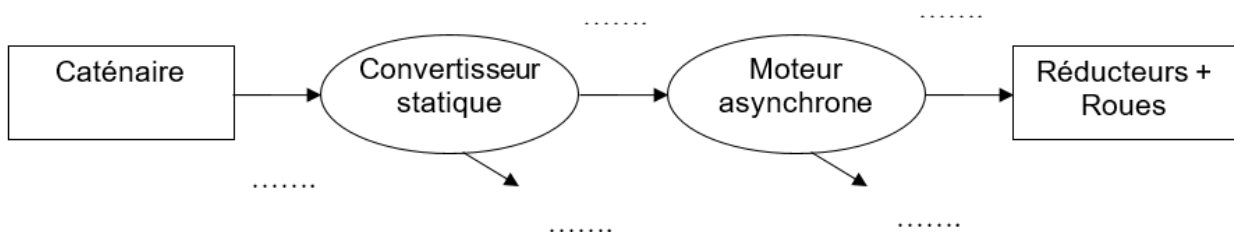
1.6. Calculer la puissance mécanique utile totale P_T développée par l'ensemble de la rame.

2. Alimentation électrique de la rame

2.1. Reproduire sur votre copie le bilan de puissance schématisé ci-dessous et le compléter sur les pointillés avec les termes suivants :

- P_{EA} pour la puissance électrique alternative ;
- P_M pour la puissance mécanique ;
- P_P pour la puissance perdue ;
- P_{EC} pour la puissance électrique continue.

Bilan de puissance :



2.2. Donner le nom du convertisseur statique.

Partie B : graissage automatique des rails (7,5 points)

Des riverains se sont plaints du niveau sonore trop élevé des crissements émis lors des virages dans certaines zones du parcours. Pour pallier ce désagrément, le service de maintenance remplit une fois par trimestre un réservoir de graisse embarqué dans la rame. Cette graisse, automatiquement injectée sur les rails par petite dose lors de chaque virage bruyant, permet de réduire le niveau sonore des crissements.

1. Situer sur une échelle de niveaux sonores, graduée de 10 dBA en 10 dBA, les seuils d'audibilité et de douleur.
2. Lors du passage de la rame dans un virage, la mesure du niveau sonore à 3 m des rails est $L = 102$ dBA sans le dispositif de graissage des rails. Celle mesurée avec le dispositif de graissage est $L' = 78$ dBA.
 - 2.1. Indiquer le nom de l'appareil de mesure d'un niveau acoustique.
 - 2.2. Conclure quant à la réelle efficacité du dispositif de graissage sur l'amélioration acoustique, proposé par le service de maintenance. Argumenter en utilisant le tableau ci-dessous qui recense quelques exemples de niveaux sonores en dBA et indique, pour certains d'entre eux, les effets connus sur les personnes.

Dans la vie quotidienne	L en dBA	Domaine professionnel	Les effets
Décollage de la fusée Ariane	180		
Coup de fusil	130	Banc d'essai des moteurs	
Groupe de musique pop	110	Atelier de chaudronnerie	
Passage d'un train en gare	100	Scie circulaire	
Smartphone volume au maximum	90		Risque avéré pour l'audition
Radio volume au maximum	80	Machine à affûter	Présomption de risque pour l'audition
Restaurant bruyant	70	Bureau avec imprimantes	Travail de bureau difficile
Conversation calme	50	Grand bureau calme	Travail intellectuel pénible
Campagne paisible	20		

D'après l'INRS

3. Des tests de freinage sont aussi effectués sur une portion de voie rectiligne horizontale AB, B étant le point d'arrêt de la rame.

Données :

- Vitesse de la rame au point A : $v_A = 36 \text{ km.h}^{-1}$.
- Masse de la rame : $m = 55 \text{ tonnes}$.

3.1. Rappeler l'expression de l'énergie cinétique d'un système en mouvement rectiligne (on négligera l'effet de la rotation des roues). Préciser son unité dans le système international.

3.2. En déduire sa valeur au point A et celle au point B.

3.3. L'énergie mécanique est-elle conservée entre le point A et le point B ? Proposer une explication.

3.4. Quel pourrait être l'influence du graissage des rails sur la distance de freinage du tramway ?

Partie C : Nettoyage des bogies sous haute pression (4 points)

Le graissage répété des roues entraîne un encrassement rapide des bogies. Le nettoyage est fréquemment assuré au centre de maintenance.

Le technicien en charge du nettoyage utilise un nettoyeur haute pression et haute température. L'eau est chauffée par une chaudière thermique alimentée par un réservoir de gasoil de volume $V_R = 25 \text{ L}$.

La consommation massique de la chaudière en gasoil vaut $c_M = 5,3 \text{ kg.h}^{-1}$.

Données :

- La pression p_L dans la lance du nettoyeur est réglable.
- Le rayon interne r_L de la section circulaire de la lance a pour valeur $r_L = 3 \text{ mm}$.
- Lors de l'utilisation, le débit volumique de l'eau est $D_V = 800 \text{ litres par heure}$.
- La masse volumique du gasoil est $\rho_g = 0,832$.

Rappels :

- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.
- La pression atmosphérique a pour valeur $p_{\text{atm}} = 1,0 \text{ bar}$.
- Aire S d'une section circulaire de rayon r : $S = \pi r^2$
- Le débit volumique D_V (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) d'un fluide incompressible se déplaçant à une vitesse v (en $\text{m}.\text{s}^{-1}$) dans une canalisation de section S (en m^2) a pour expression littérale : $D_V = v \times S$

Session 2023	BTS Maintenance des systèmes	Page 5 sur 7
23MSPHYA1	U32 PHYSIQUE-CHIMIE	

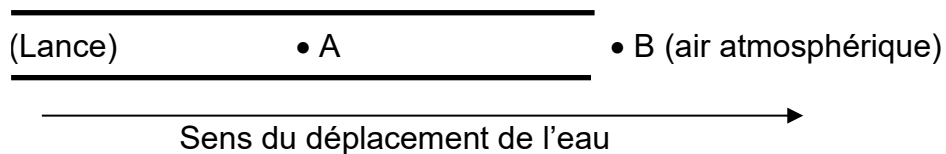
- Théorème de Bernoulli entre deux points A et B d'une même ligne de courant (en l'absence de pertes de charge et de machine hydraulique) :

$$\frac{1}{2} \times \rho \times (v_B^2 - v_A^2) + \rho \times g \times (z_B - z_A) + (p_B - p_A) = 0$$

Avec :

$\rho = 1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$, la masse volumique de l'eau ;
 v_A et v_B , les vitesses du fluide respectivement aux points A et B ;
 z_A et z_B , les hauteurs respectives des points A et B ;
 p_A et p_B , la pression du fluide respectivement aux points 1 et 2 ;
 $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$, l'accélération de la pesanteur.

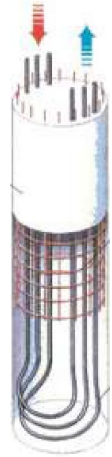
1. Le technicien doit régler la pression p_A dans la lance du nettoyeur pour obtenir la vitesse de l'eau v_B souhaitée à sa sortie.
 - 1.1. Exprimer le débit volumique de l'eau en unités du système international et montrer qu'il est égal à environ $D_V = 2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$
 - 1.2. En déduire la valeur de la vitesse de l'eau dans la lance v_A (en m.s^{-1}).
 - 1.3. Déterminer la pression p_A que doit choisir le technicien pour obtenir à la sortie de la lance du nettoyeur la vitesse $v_B = 100 \text{ m.s}^{-1}$. Le point A se trouve à l'intérieur de la lance et le point B à l'extérieur, à la même altitude que le point A (cf. schéma ci-dessous). On prendra pour v_A , la valeur de $7,9 \text{ m.s}^{-1}$.



2. Durée du chauffage de l'eau avec un plein de gasoil.
 - 2.1. Calculer la consommation volumique c_V (en L.h^{-1}) de la chaudière en gasoil.
 - 2.2. En déduire une estimation de la durée de fonctionnement de la chaudière correspondante au volume V_R du réservoir.

Partie D : Chauffage des locaux (1,5 point)

La production de chaleur pour le bâtiment du centre de maintenance est en grande partie assurée par une pompe à chaleur géothermique. Le fluide caloporteur utilisé (monoéthylène glycol dilué à 30 % d'eau ou MEG30) circule dans des tubes échangeurs situés dans 50 pieux de fondation de 15 m de long chacun. Il reçoit ainsi du sol, à la température de 12 °C, l'énergie thermique nécessaire. Cela permet de maintenir dans les locaux une température comprise entre 17 °C pour les ateliers, et 21 °C pour les bureaux, nuit et jour. Cette installation assure sa fonction jusqu'à une température extérieure en hiver de - 10 °C.



Pieu de fondation avec tubes échangeurs

Données :

Variation de température entrée/sortie des tubes échangeurs : $\Delta\theta = 2 \text{ °C}$.

Spécifications concernant le fluide caloporteur MEG30 :

- Masse volumique du MEG30 : $\rho_f = 1\,043 \text{ kg.m}^{-3}$.
- Capacité thermique massique du MEG30 : $c_f = 3\,700 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.
- Débit de fluide pour l'ensemble des pieux : $D_f = 32 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

L'énergie E_j qu'il faut extraire du sol est en moyenne de $E_j = 7\,000 \text{ kWh}$ pour un mois de janvier.

Rappels :

1 kWh = 3,6 MJ

Quantité de chaleur Q échangée par une masse m d'un corps de capacité thermique massique c pour une variation de température $\Delta\theta$:

$$Q = m \times c \times \Delta\theta$$

1. Nombre d'heures de fonctionnement de l'échangeur en janvier

1.1. Montrer que la masse de MEG30 échangée en 1 heure a pour valeur environ $M = 33 \text{ t}$.

1.2. En déduire la valeur de l'énergie échangée en 1 h de fonctionnement, notée E_{1h} . Exprimer E_{1h} en kWh.

1.3. Calculer le nombre d'heures de fonctionnement N_h que doit fournir l'échangeur en janvier (supposé sans pertes).