

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
ÉLECTROTECHNIQUE**

SESSION 2013

ÉPREUVE E4.2

**BANCS DE MAINTENANCE DU
TRAMWAY DU MANS
DOSSIER QUESTIONNEMENT**

Le questionnaire comporte 3 parties :

Partie 1 : alimentation électrique d'un moteur de boggie

Partie 2 : test d'un climatiseur

Partie 3 : calcul du retour sur investissement

Ces 3 parties sont indépendantes.

Il est impératif de lire au préalable la présentation générale du dossier technique.

Partie 1 : alimentation électrique d'un moteur de boggie.

L'alimentation du banc de test d'un moteur de boggie (posé sur chandelles) qui se trouve au centre de l'atelier maintenance nécessite la pose d'un nouveau départ dans le TGBT.

Dans cette partie, il s'agit de faire tourner un moteur d'une puissance de 120 kW fonctionnant à vide à deux fréquences (1,3 et 2,6 Hz) dans le but de réaliser une analyse vibratoire.

Pour résoudre cette problématique, proposer des solutions pour :

- ✓ *les câbles d'alimentation du banc de test,*
- ✓ *les chutes de tensions,*
- ✓ *le disjoncteur de protection situé dans le TGBT SSR8,*
- ✓ *la connectique armoire/réseau,*
- ✓ *le variateur,*
- ✓ *l'interface Homme/machine (IHM).*

Le centre de maintenance du tramway est alimenté par un réseau triphasé 20 kV. Les deux postes HTA/BT qui se trouvent à l'intérieur du centre de maintenance. Le premier poste a pour fonction l'alimentation de la caténaire. Le second poste a pour fonction l'alimentation des auxiliaires du centre de maintenance.

Le schéma unifilaire, donné en page 6 du document technique, présente un extrait de la distribution du centre de maintenance.

Les techniciens du centre de maintenance ont effectué des mesures afin de ne pas surdimensionner l'appareillage et la canalisation car le moteur de 120 kW fonctionne à vide pour l'ensemble des essais (boggie posé sur chandelles).

Les résultats des mesures à vide effectuées sont les suivants :

- *petite vitesse : pour une consigne de fréquence de 1,3 Hz, l'intensité du courant en ligne est de 58 A,*
- *grande vitesse : pour une consigne de fréquence de 2,6 Hz, l'intensité du courant en ligne est de 85 A.*

1.1 Câble C1 d'alimentation du banc (TGBT/Prise atelier).

- 📁 Dossier technique page 5/11
- 📁 Dossier ressources pages 2/23 à 5/23

On prend pour hypothèse que le câble est multiconducteur de type polyéthylène réticulé triphasé + neutre (non chargé), l'âme du conducteur est en cuivre.

Le câble sera installé dans un fourreau enterré (déjà présent) seul dans un sol normal à une température de 20°C.

Le centre de maintenance, qui envisage des conditions de test plus contraignantes, souhaite majorer de 20% la valeur de l'intensité du courant mesuré à vide.

1.1.1 Calculer la valeur maximum du courant d'emploi I_b véhiculé pour le câble C1.

1.1.2 Calculer la valeur I_z .

I_z est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation.

On prendra $I_z = I_b$ et $K_n = K_s = 1$

1.1.3 On choisit une section de 25 mm² pour un conducteur du câble C1 ;

- justifier cette valeur,
- préciser les critères de choix.

1.2 Chute de tension globale (C1+C2+C3).

- 📁 Dossier technique page 5/11
- 📁 Dossier ressources pages 6/23 et 7/23
- 📁 Dossier réponses page 2/6

Pour cette question, on prendra une section de C1 de 25 mm².

Le câble C2 (liaison prise atelier/armoire banc moteur 120 kW) a une section de 25 mm² et une longueur de 3 m.

Le câble C3 de longueur 10 m (liaison armoire banc/moteur 120 kW) a pour référence : GVCSTV LSLH C1 4G25.

La chute de tension entre la sortie basse tension du transformateur HTA/BT 20 kV/410 V et le nouveau disjoncteur Q09.2 du départ à créer (jeux de barres) est évaluée à 1,2 %.

1.2.1 Déterminer la longueur du câble C1 (en sortie de fourreau, du côté TGBT, 6 m sont nécessaires pour la connexion et 1 m côté prise).

1.2.2 Détailler les valeurs des différentes chutes de tension depuis la sortie BT du poste de transformation jusqu'au moteur asynchrone 120 kW (tenir compte uniquement des câbles).
Déterminer la chute de tension totale pour un courant de 102 A (85 A +20%), puis reporter les valeurs sur le document réponses page 2/6.
La valeur trouvée est-elle acceptable par la norme (centre de maintenance, propriétaire du poste HTA/BTA), justifier ?

1.3 Choix du disjoncteur Q09.2 du nouveau départ.

- 📁 Dossier technique pages 8/11 et 9/11
- 📁 Dossier ressources pages 8/23 à 13/23
- 📁 Document réponses page 3/6

Le courant de court-circuit en amont de ce nouveau départ est de 24,7 kA, ce disjoncteur Q09.2 sera positionné dans l'armoire du TGBT SSR8. Le disjoncteur sera de type magnéto-thermique.

1.3.1 À l'aide du dossier technique, déterminer en le justifiant, le schéma de liaison à la terre du poste de maintenance.
En déduire le nombre de pôles du disjoncteur à installer.

1.3.2 Choisir le disjoncteur équipé d'un bloc différentiel de 300 mA et justifier l'utilisation d'un DDR dans cette installation.

1.3.3 Le nouveau disjoncteur doit être connecté au TGBT SSR8 en mode normal. Compléter le schéma et la nomenclature donnés dans le document réponses page 3/6.

1.4 Choix de la connectique armoire de test/réseau.

- 📁 Dossier ressources pages 10/23, 14/23 et 15/23

Le courant d'utilisation reste fixé à 102 A. La prise de l'atelier sera fixée sur un mât métallique de 1 mètre de hauteur, le câble arrivera par dessous, l'étanchéité sera réalisée par un presse-étoupe (fileté à M50), l'inclinaison du manchon sera de 20 degrés. La prise de l'armoire test sera fixée directement sur l'armoire (donc pas besoin de boîtier), l'étanchéité sera réalisée par le joint du manchon métal, l'inclinaison sera de 30 degrés.

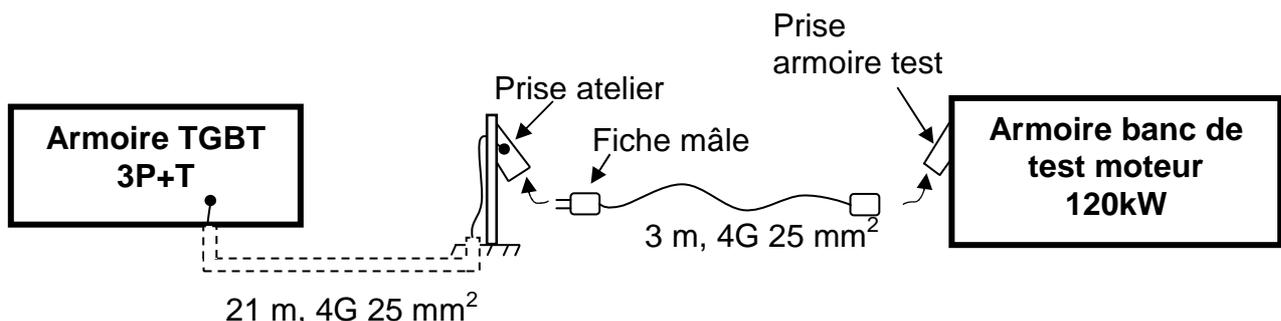


Figure 1

1.4.1 La gamme de courant de court-circuit des prises proposées est de 10 kA.

À partir des tableaux du document ressources page 10/23, vérifier que cette valeur est compatible avec les courants de court-circuit de l'installation.

1.4.2 Donner la référence complète de la prise atelier fixée sur le mât.

1.4.3 Donner la référence complète de la prise fixée sur l'armoire de test.

1.4.4 Donner la référence complète de la fiche mâle (figure 1), (avec presse-étoupe) permettant la jonction "prise atelier".

1.5 Le variateur de vitesse.

- 📁 Dossier technique page 7/11
- 📁 Dossier ressources pages 16/23 à 18/23
- 📁 Document réponses page 4/6

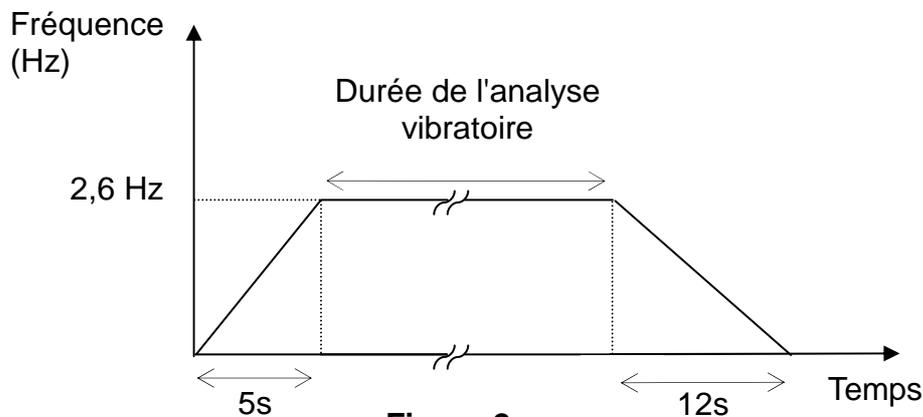
Pour des raisons de sécurité (boggie moteur posé sur chandelles), le test de l'analyse vibratoire sera effectué moteur à vide à basse vitesse (36 et 72 tr.min⁻¹ soit 1,3 Hz et 2,6 Hz de consigne variateur).

Ce fonctionnement à basse vitesse sera géré par un variateur de marque Schneider (ATV71HD75N4).

Rappel des mesures à vide du moteur :

- pour une consigne de 1,3 Hz, l'intensité du courant en ligne est de 58 A,
- pour une consigne de 2.6 Hz, l'intensité du courant en ligne est de 85 A.

Pour les réglages, on tiendra compte du chronogramme suivant, figure 2 :



1.5.1 Choisir la référence du variateur juste nécessaire.

L'opérateur souhaite pouvoir réaliser des essais en charge du moteur de boggie.

1.5.2 Justifier le choix du variateur ATV71 HD75N4.

1.5.3 Déterminer les valeurs à implanter dans le variateur pour les réglages des temps d'accélération et de décélération.

1.5.4 Compléter l'ensemble du document réponses 4/6 en indiquant le code de réglage des paramètres du variateur.

1.6 L'interface homme machine (IHM).

 Dossier ressources pages 19/23 à 22/23

 Document réponses page 5/6

On se propose de programmer la partie concernant l'envoi des consignes fréquences de 1,3 Hz et 2,6 Hz de l' IHM (en modbus) vers le variateur ATV71 (esclave 2).

1.6.1 Déterminer l'adresse logique (modbus) de la consigne de fréquence du variateur.

1.6.2 Compléter le document réponse page 5/6 pour que l'appui sur le bouton "petite vitesse" (MB 250) permette l'envoi de la consigne fréquence 1,3 Hz au variateur.

1.6.3 Compléter le document réponse page 5/6 pour que l'appui sur le bouton "grande vitesse" (MB 251) permette l'envoi de la consigne fréquence 2,6 Hz au variateur.

Partie 2 : test d'un climatiseur.

Le banc de test climatiseur permet de valider le fonctionnement et de dépanner les climatiseurs avant qu'ils soient réinstallés en toiture du tramway.

Le climatiseur n'étant plus en toiture du tramway pendant le test, le banc sera alimenté par une alimentation 750 V continue séparée.

Dans cette partie, il s'agit de mettre en œuvre les moyens de mesurage des températures pour valider une partie du fonctionnement (les températures mesurées devront être comprises entre 10°C et 60° C)

Pour résoudre cette problématique on doit :

- ✓ *analyser les besoins,*
- ✓ *justifier les solutions,*
- ✓ *établir les schémas de connexions.*

2.1 Analyse des besoins.

 Dossier technique page 10/11

Pendant le test du climatiseur un logiciel analyse l'évolution des températures pour les comparer à un modèle standard. Pour permettre de contrôler simultanément le fonctionnement du climatiseur et de ses sondes internes, des sondes supplémentaires de test seront placées aux mêmes endroits que les sondes internes pendant le test.

Ces sondes seront connectées à des afficheurs indépendants placés sur le pupitre de commande (Sonde PT100 du constructeur Pyrocontrol, longueur de câble 5 m, câble 3 fils).

2.1.1 Identifier les trois températures d'air à contrôler et expliquer les termes associés à ces trois sondes (provenance ou destination de l'air).

2.2 Justifier les solutions et établir les schémas.

-  Dossier technique page 11/11
-  Dossier ressources page 23/23
-  Document réponses page 6/6

Les indicateurs numériques seront alimentés sous une tension de 230 V alternative (en aval de Q1).

Les conducteurs devront être repérés en reprenant le principe existant de numérotation.

2.2.1 Le centre de maintenance a choisi l'indicateur numérique DIP10 pour mesurer les trois températures d'air.

Identifier les trois principaux critères retenus pour le choix de l'indicateur numérique DIP10.

2.2.2 Compléter le schéma de câblage du document réponses page 6/6 pour mettre en œuvre les afficheurs des trois températures.

Partie 3 : calcul du retour sur investissement.

La réalisation des deux bancs de tests à été chiffrée de la manière suivante :

Banc de test du moteur de 120 kW :

Matériel : 16 495 € HT (TVA à 19,6%)

Main d'œuvre : 20 jours (de 8 h)

Banc de test des climatiseurs :

Matériel : 13 918 € HT (TVA à 19,6%)

Main d'œuvre : 17 jours (de 8 h)

Les deux armoires ont été réalisées par un électrotechnicien dont le tarif horaire est de 65 € TTC.

Avant la présence de ces deux bancs de test au centre de maintenance, les moteurs et climatiseurs étaient expédiés par camion à Lyon (580 km) pour y être dépannés.

Le temps de transport d'un aller Le Mans/Lyon est d'une journée.

Tarif du transport HT, TVA à 19,6% (pour un moteur et un climatiseur) :

- coût variable par kilomètre (0,30 €/km)*
- coût conducteur par jour (200 €/jour)*
- coût fixe véhicule par jour (150 €/jour)*

Prix horaire du technicien spécialisé pour le dépannage à Lyon est de 117 €/h TTC. Les fournitures nécessaires à l'intervention ont le même prix à Lyon et à Le Mans (donc absentes du calcul).

Dans cette partie, il s'agit de déterminer le temps de retour sur investissement.

Pour résoudre cette problématique on doit :

- ✓ déterminer le prix global des deux bancs,*
- ✓ déterminer le prix du dépannage à Lyon,*
- ✓ déterminer le temps de retour sur investissement.*

3.1 Prix global TTC des deux bancs.

3.1.1 Déterminer le prix global TTC de la main d'œuvre (pour les deux bancs).

3.1.2 Déterminer le prix global TTC du matériel (pour les deux bancs).

3.1.3 Déterminer le prix global TTC des deux bancs.

3.2 Prix du dépannage à Lyon (pour un moteur et un climatiseur).

3.2.1 Déterminer le prix TTC global du transport aller-retour Le Mans-Lyon.

3.2.2 Déterminer le prix TTC du dépannage qui est en moyenne de 7 h pour le moteur et de 5 h pour le climatiseur.

3.2.3 Déterminer le prix global du dépannage à Lyon (sans les fournitures).

3.3 Retour sur investissement

Avant la présence des bancs de test au centre maintenance, l'ensemble des moteurs et climatiseur étaient dépannés à Lyon. Maintenant, on constate que six appareils sur dix sont dépannés sur place au centre de maintenance de Le Mans.

On considère en moyenne, que dix moteurs et dix climatiseurs tombent en panne chaque année. Afin de maintenir la disponibilité du matériel et limiter le coût du transport lié au dépannage, le déplacement à Lyon est toujours effectué avec un moteur et un climatiseur.

3.3.1 Déterminer le temps de retour sur investissement si la fréquence des pannes reste identique chaque année.