

## Examen Médian

Vendredi 8 novembre 2013

Durée : 2h

*Aucun document n'est autorisé.*

*La calculatrice non-programmable est autorisée.*

*Le téléphone portable et le traducteur numérique sont strictement interdits.*

*Tout prêt de matériel et toute collaboration sont strictement interdits.*

Ce sujet comporte 5 pages.

Lisez attentivement et entièrement l'énoncé des exercices proposés.

Respectez les instructions de l'énoncé.

Écrivez votre nom sur vos copies et numérotez-les.

### **Ce sujet comporte deux parties (A et B) qui sont à faire sur des copies séparées**

#### **A) Partie A (Pierre Dumas)**

*Les notations utilisées doivent être rappelées si besoin. On rappelle que l'ensemble des réponses doit être donné sous la forme d'un calcul littéral généralisé à  $n$  ( $n$  étant le nombre de point du parcours).*

*Attention aux unités, n'oubliez pas votre nom en haut du sujet de l'examen.*

#### **Questions de cours (Plusieurs réponses possibles)**

**(Pas de réponse : 0 | Réponse fausse : -1 | Réponse incomplète : 0,5 | Réponse juste : 1)**

- 1) Comment est-il possible de maîtriser l'adhérence ?
  - En gérant l'accélération du matériel roulant
  - En réglant la masse de l'essieu
  
- 2) Comment se définit l'adhérence ?
  - Rapport entre la charge à l'essieu et la force de traction
  - Un résultat compris entre 0 et 1 voire 1,5 au maximum
  - Ne se définit pas, il se vit
  
- 3) Comment varie l'adhérence lorsque la vitesse augmente ?
  - Stagne
  - Augmente
  - Diminue

- 4) Combien de type d'effort résistant existe-t-il?
- 2
  - 8
  - Aucun type
- 5) Quel système possède une plage de variation du coefficient d'adhérence la plus grande?
- Pneumatique / Chaussée
  - Fer / Fer
  - Aucun des deux

### Exercice

Dans le cadre du développement d'un système de transport innovant sur pneumatique, il vous a été confié la modélisation de l'ensemble du matériel roulant. Grâce à cette modélisation, il sera possible d'évaluer la pertinence d'un tel matériel roulant sans effectuer de prototype.

La chaîne cinématique est totalement définie. On retrouve sur le véhicule deux types de motorisation différents composés de machine synchrone et asynchrone.

- L'essieu avant (essieu directeur noté **E-AV**) est composé de deux machines synchrones à aimant permanent de type moteur roue, logées directement dans la roue
- L'essieu arrière (noté **E-AR**) est constitué d'une machine asynchrone couplée à un réducteur, lui-même couplé aux roues

L'architecture du démonstrateur ainsi que la motorisation retenue est donnée par les figures 1 et 2.

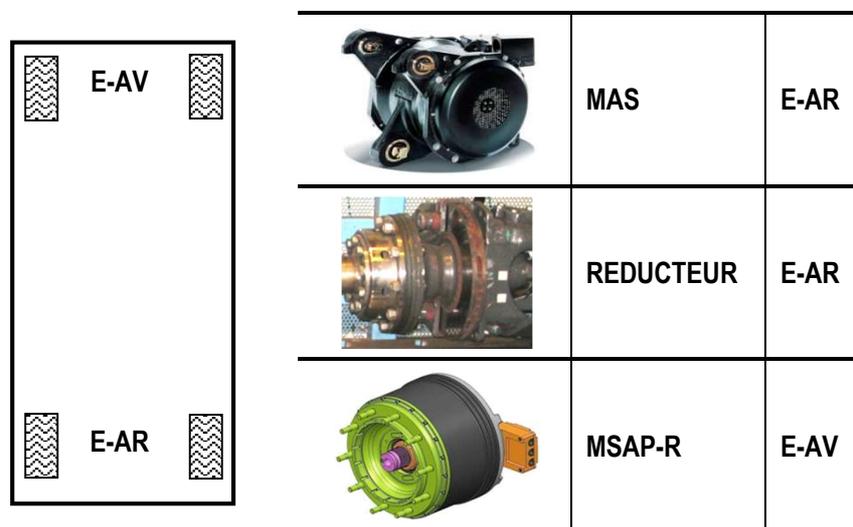
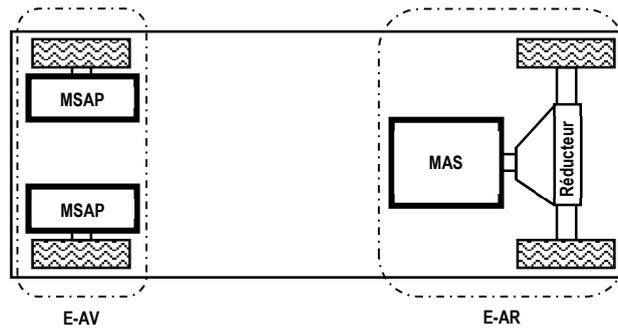


Figure 1 : Définition des essieux / Motorisation du BUS Démonstrateur

La figure 2 de la page 3 décrit la chaîne cinématique du véhicule composé de deux essieux moteurs.


**Figure 2 : Motorisation du Démonstrateur**

Les données nécessaires pour la modélisation du véhicule sont données dans le tableau 1 ci-dessous.

Système	Données	Notation	Unité
PARCOURS	Position	$x(n)$	m
	Pente sur le parcours	$i(n)$	/
DEMONSTRATEUR	Masse du véhicule	$M$	T
	Force résistance au roulement (M en T)	$2000 + 50.M$	N
	Répartition Traction / Freinage <b>MSAP*</b>	$RE_{MSAP}$	%
	Répartition Traction / Freinage <b>MAS*</b>	$RE_{MAS}$	%
TRANSMISSION	Rendement du réducteur	$\eta_R$	/
	Rapport de réduction	$k_R$	/
	Rayon de roue	$R$	mm

**Tableau 1 : Données d'entrées nécessaire à la modélisation [ \*  $RE_{MSAP} + RE_{MAS} = 100\%$  ]**

- 1) Déterminez la vitesse du véhicule sur le parcours.
- 2) Déterminez l'accélération du véhicule sur le parcours.
- 3) Déterminez la force de traction nécessaire au déplacement du véhicule :
  - a) Déterminez la force de traction nécessaire à l'essieu avant pour le déplacement du véhicule.
  - b) Déterminez la force de traction nécessaire à l'essieu arrière pour le déplacement du véhicule.
- 4) Déterminez l'adhérence de chaque essieu.
- 5) Déterminez la vitesse de rotation de la roue.
- 6) Déterminez la vitesse de rotation de chaque machine.
- 7) Déterminez la puissance de chaque machine.
- 8) Déterminez le couple de chaque machine.

## **B) Partie B (Julien Pouget)**

### **Questions de cours**

- 1) Définissez le rôle des industriels ferroviaires depuis 1985 en considérant le cadre réglementaire européen.
- 2) Définissez le rôle de RFF depuis 1985 en considérant le cadre réglementaire européen.
- 3) Donnez les postes de dépenses liés à la fourniture d'électricité pour RFF.
- 4) Donnez les postes de dépenses liés à la fourniture d'électricité pour un exploitant ferroviaire qui achète lui-même son énergie.
- 5) Expliquez les caractéristiques des différents produits disponibles sur la bourse de l'électricité (EPEX SPOT et EEX).
- 6) Donnez les 4 topologies d'engin de traction.
- 7) Présentez un comparatif entre les chaînes de traction ferroviaire diesel et électrique.

### **Exercice**

Le service de bureau d'étude d'un industriel ferroviaire a reçu la commande de 100 locomotives de type BoBo 9001 électriques sous tension 1500V. Votre travail est de dimensionner cette locomotive utilisée pour du trafic fret suivant le programme de traction suivant :

- Type de charge remorquée : voitures corail (voyageur) ;
- Charge remorquée maximale ( $M_r$ ) : 10 wagons corail de 42 t ;
- Rampe maximale (i) : 8‰ ;
- Courbe maximale ( $\rho$ ) : 300 m ;
- Charge par essieu (Q) : 20 tonnes ;
- Vitesse maximale  $V_{max}$  : 140 km/h ;
- Accélération minimale : 0,002 (m/s<sup>2</sup>) ;
- Réserve d'accélération : 0,008 (m/s<sup>2</sup>) ;
- Coefficient d'adhérence : 0,35.

Pour réaliser l'étude, il convient de considérer les caractéristiques du convoi ferroviaire suivantes :

- Coefficient de majoration des masses tournantes remorquées : 4% ;
- Coefficient de majoration des masses tournantes de la locomotive : 9% ;

- 1) Déterminez l'effort maximal au démarrage à partir des formules classiques.
- 2) Déterminez l'adhérence sollicitée et comparez aux coefficients usuellement utilisés. Que constatez-vous ? Que feriez-vous ?
- 3) Tracez la caractéristique effort vitesse en limite d'adhérence.
- 4) Tracez la caractéristique effort vitesse en équi-puissance.

**Formulaire :**

La résistance à l'avancement de la locomotive BoBo 9001s'exprime selon la relation (1).

$$R_L = M_L \left( 13 + 0,1 \times V + 0,375 \times \frac{V^2}{100} \right) \quad (1)$$

Avec  $R_L$  la résistance à l'avancement de la locomotive en N,  $M_L$  la masse de la locomotive en t et  $V$  la vitesse du train en km/h.

La résistance à l'avancement d'un convoi de voiture corail s'exprime selon (2).

$$R_r = M_r \left( 12,5 + \frac{V^2}{630} \right) \quad (2)$$

Avec  $R_r$  la résistance à l'avancement des wagons en N et  $M_r$  la masse remorquée en t.

L'expression de la caractéristique effort-vitesse en limitation d'adhérence (3)(2).

$$F(V) = F_D \frac{8 + 0,1 \times V}{8 + 0,2 \times V} \quad (3)$$

Avec  $F_D$  l'effort maximal au démarrage et  $V$  la vitesse du train en km/h.