

## PORTE D'ACCES DE TRAMWAY CORRIGE

### PRESENTATION ETUDE

Analyse fonctionnelle

Question 1A :

Etape de coulissement : Translation rectiligne.

Etape de louvoiement : Translation circulaire.

Etape de verrouillage : Translation rectiligne.

Question 1B :

- Les unités de supervisions permettent de gérer le bus MVB. Elles reçoivent les informations de tous les systèmes indépendants (climatisation, pantographe, portes,...). Elles informent les deux postes de conduites sur l'état des différents systèmes.

Organisation fonctionnelle

Question 1C :

2 : énergie électrique tension continue modulée.

3 : énergie mécanique de rotation  $C1$   $\omega_1$ .

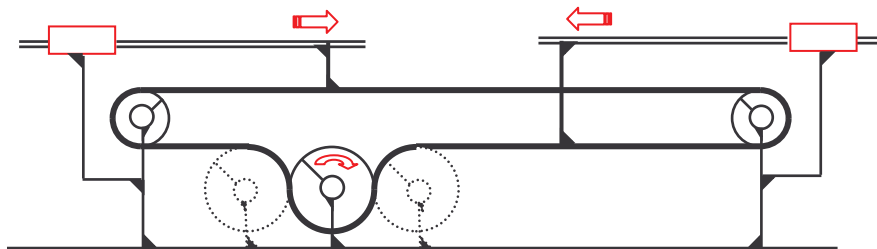
4 : énergie mécanique de rotation  $C2 > C1$  et  $\omega_2 < \omega_1$ .

5 : énergie mécanique de translation  $F$   $V$ .

### SITUATION D'ETUDE 1

Etude de la structure

Question 2A :



Question 2B :

Durée pour les trois phases

phase ① : Mouvement uniformément varié.  $a = \text{cte} = 1.17 \text{ ms}^{-2}$  ;  $V = at + v_0$  ;  $X = \frac{1}{2} at^2 + x_0$

$t=0$   $X=0$   $V=0$  donc  $x_0 = 0$  et  $V_0 = 0$

$t = t_1$   $V = 0.305$

donc  $t_1 = V/a = 0.305/1.17 = 0.26 \text{ s}$   **$T_1 = t_1 = 0.26 \text{ s}$**

phase ② : Mouvement uniforme.  $A = 0$  ;  $V = v_0 = 0.305 \text{ ms}^{-1}$  ;  $X = v_0 t + x_0$

$t = t_1$   $V = 0.305 \text{ ms}^{-1}$   $x = \frac{1}{2} \cdot 1.17 \cdot 0.26^2 = 0.04 \text{ m}$

$t = t_2$   $V = 0.305 \text{ ms}^{-1}$   $x = 0.443 \text{ m}$

donc  **$T_2 = (t_2 - t_1) = (0.433 - 0.04) / 0.305 = 1.28 \text{ s}$**

phase ③ : Mouvement uniformément varié.  $a = \text{cte} = -0.34 \text{ ms}^{-2}$  ;  $V = at + v_0$  ;  $X = \frac{1}{2} at^2 + x_0$

$t = t_2$   $X = 0.433 \text{ m}$   $V = 0.305 \text{ ms}^{-1}$

$t = t_3$   $X$   $V = 0.13 \text{ ms}^{-1}$

donc  **$T_3 = t_3 - t_2 = (0.13 - 0.305) / -0.34 = 0.52 \text{ s}$**

Calcul de la f.e.m du motoréducteur.

phase ② :  $N_{\text{sortie réducteur}} = (0.305 \cdot 60 \cdot 10^3) / (\pi \cdot 75) = 77.66 \text{ tr/min}$

$N_{\text{moteur}} = (N_{\text{sortie réducteur}} \cdot 7) = 543.67 \text{ tr/min}$

$\Omega = (N_{\text{moteur}} \cdot \pi) / 30 = 56.93 \text{ rad/s}$

$E = K_e \cdot \Omega = 15.94 \text{ V}$

Le couple en sortie du réducteur pendant la phase ② est :  $C_{mr} = 3.18 \text{ N.m}$

$C_m = C_{mr} / 7 = 0.454 \text{ N.m}$

$I = C_m / K_i = 0.454 / 0.28 = 1.62 \text{ A}$

$U_{moy} = E + r \cdot I = 15.94 + 2.1 \cdot 1.62 = 19.2 \text{ V}$

Le rapport cyclique  $\alpha = (100/24) \cdot 19.2 = 80\%$

2.1 COMPARAISON ENTRE MESURES ET RESULTATS DE CALCULS

Question 2C :

La lecture de la courbe donne :

**$t_1 = 0.25 \text{ s}$ ,  $t_2 = 1.5 \text{ s}$**

**et  $t_3 = 2.06 \text{ s}$**

Les temps sont cohérents avec ceux calculés précédemment.

La tension moyenne

relevée pendant la phase ② est proche de **20V**, donc cohérente avec celle calculée précédemment.

La tension à la fin de la phase ③ est de **10V**.

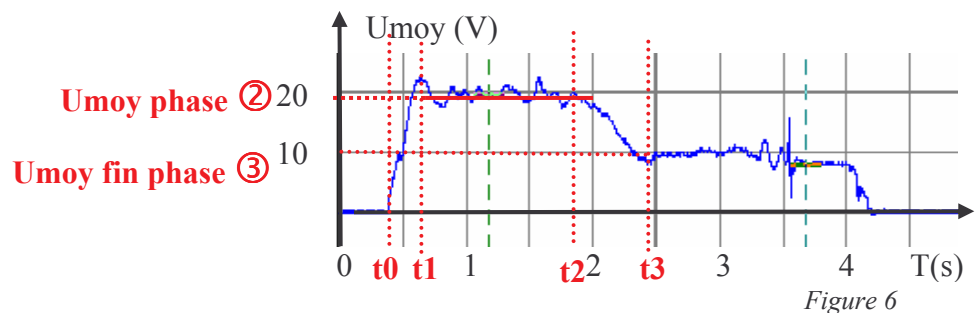
Le courant vaut 1.62A donc la force électromotrice  $E = U - r \cdot I = 6.76 \text{ V}$

$\text{moteur} = E / K_e = 6.76 / 0.28 = 24.14 \text{ rad/s}$

$N_{\text{moteur}} = (\omega \cdot 30) / \pi = 230.54 \text{ tr/min}$

$N_{\text{sortie réducteur}} = N_{\text{moteur}} / 7 = 32.93 \text{ tr/min}$

La vitesse  $V = (N_{\text{sortie réducteur}} \cdot \pi \cdot 75) / (60 \cdot 10^3) = 0.129 \text{ ms}^{-1}$



## ANALYSE DU COURANT MOTEUR

### Question 2D :

Calcul du couple de sortie du motoréducteur  $C_{mr} = 150 \times (0,075/2) = 5,625 \text{ Nm}$

L'analyse de la courbe courant permet de mettre en évidence deux zones pendant lesquelles le courant est supérieur à 2,9A.

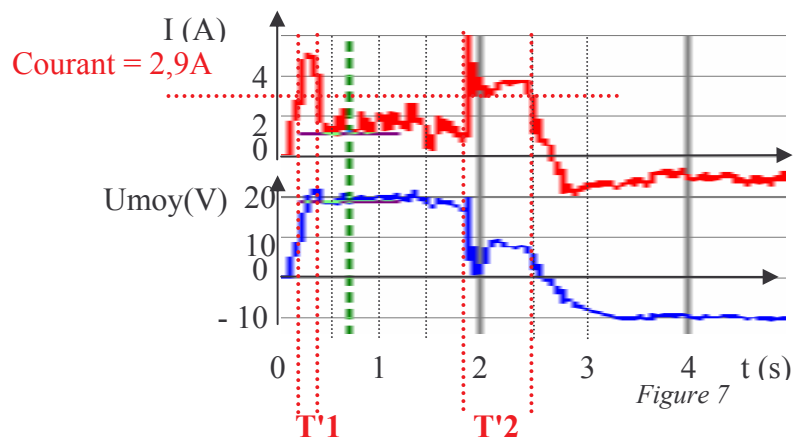
**$T'1 < 0,2 \text{ S}$  et  $T'2 = 0,5 \text{ S}$**

La première sur intensité n'a aucun effet sur la commande du moteur.

Cette pointe de courant est due au démarrage moteur.

La deuxième sur intensité est prise en compte par

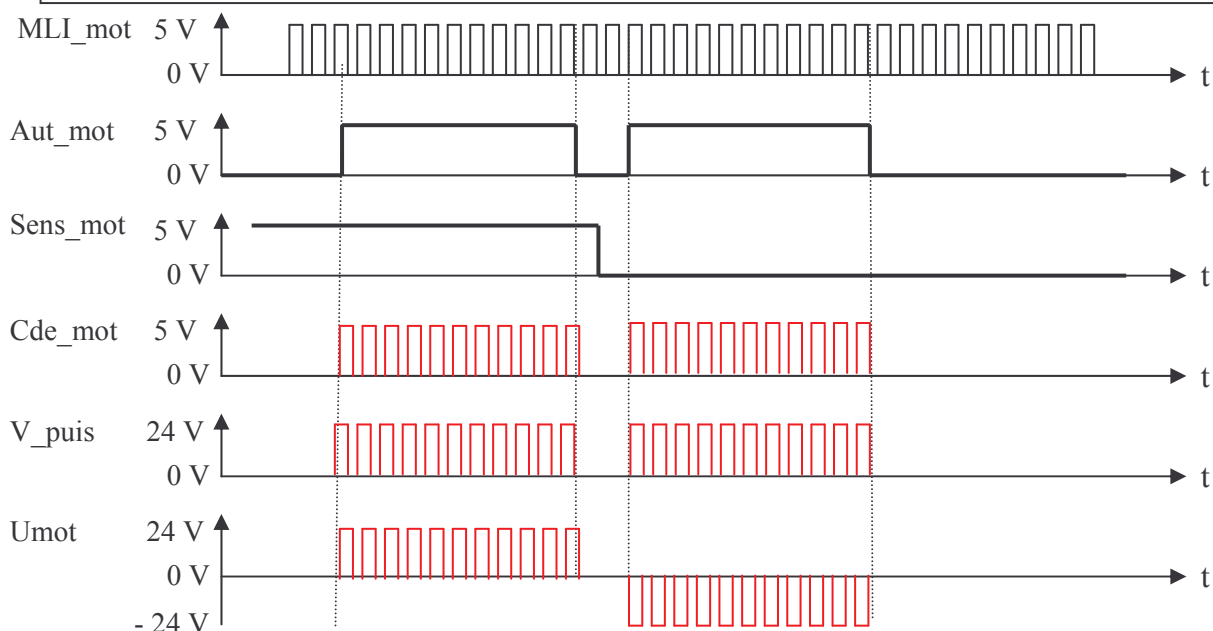
l'électronique de commande car on peut remarquer un changement de sens de la tension et du courant aux bornes du moteur. Les vanaux sont alors en phase d'ouverture, ce qui est conforme au cahier des charges.



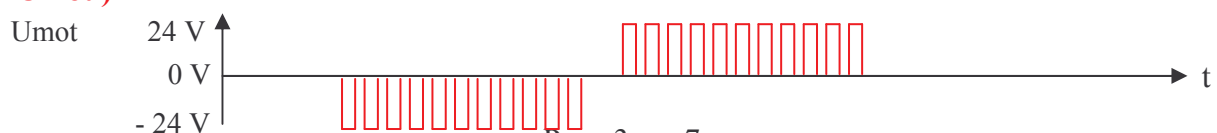
### Question 2E :

Les chronogrammes ci-dessous sont issus de l'analyse du schéma fonctionnel de commande du moteur.

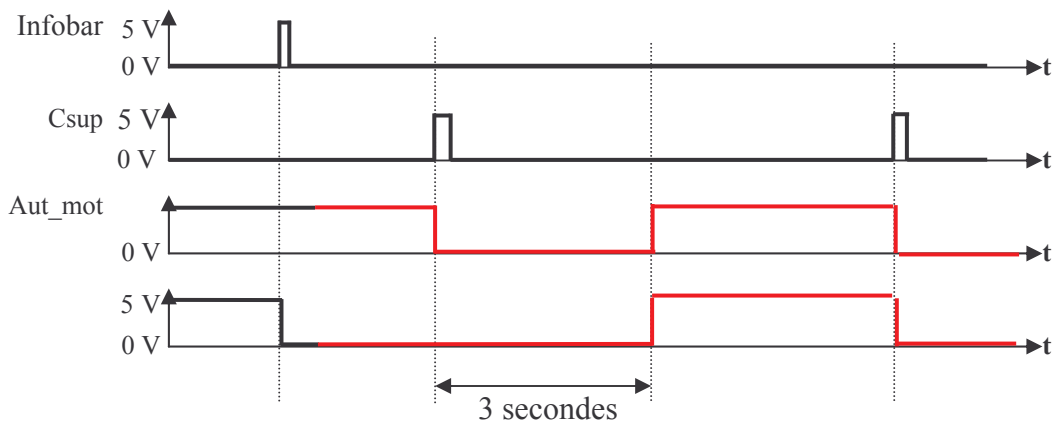
#### Chronogrammes de l'évolution de la tension de commande du moteur de la porte.



( A partir de l'analyse du schéma fonctionnel page 5 et des informations données dans le tableau page 5, on pourra accepter une inversion de polarité pour le chronogramme Umot )



Question 2E : Chronogrammes montrant l'évolution des signaux en fonction de l'algorithme donné.



## SITUATION D'ETUDE 2

Question 3A :

	Tx	Ty	Rz
Stator/rotor	0	0	1
Stator/poutre	0	0	1
Poutre / montant	0	1	0
Stator/ montant	0	1	1
Basculeur/poutre	0	0	1
Basculeur/ montant	0	1	1

Question 3B :

Première solution possible :

voir document réponse corrigé (page 7) :

- « position 1 butée ».

Isolement de la bielle de verrouillage 4.

Solide soumis à deux forces en équilibre → **direction DC**.

Isolement du basculeur 3.

Solide soumis à trois forces en équilibre → **concourantes et dynamique fermé**.

Isolement du stator 5.

Solide soumis à trois forces en équilibre → **concourantes et dynamique fermé**.

$\vec{F}_{6 \rightarrow 5} = -30 \text{ N } \vec{x}$ , le contact existe, il y a maintien du contact entre le stator 5 et la butée 6 ou le moment  $\vec{M}_E \vec{D}_{4 \rightarrow 5} < 0$  sur  $\vec{z}$ . Le rotor reste en appui sur 6, il y a maintien du verrouillage.

- « position 2 butée »

$\vec{F}_{6 \rightarrow 5} = +20 \text{ N } \vec{x}$ , le contact 6→5 ne peut exister. Le maintien du contact entre le stator 5 et la butée 6 est impossible, il n'y a plus d'équilibre ou le moment  $\vec{M}_E \vec{D}_{4 \rightarrow 5} > 0$  sur  $\vec{z}$ . Le stator est entraîné en rotation, il n'y a plus d'équilibre.

La condition limite de l'équilibre est de ne pas dépasser le point mort ; c'est-à-dire **ED et DC non alignés**.

### Deuxième solution possible :

On peut accepter une réponse plus intuitive pour montrer que le stator 5 reste en contact avec la butée 6 sous l'action  $\vec{B}_{2 \rightarrow 3}$ . Une étude qualitative est suffisante, l'objectif n'étant pas de quantifier les actions mais de montrer l'irréversibilité du système suivant la position de la butée.

- L'isolement de la bielle de verrouillage 4 soumis à deux forces en équilibre  $\Rightarrow$  **direction des actions DC**
- L'isolement basculeur 3 soumis à trois forces concourantes  $\Rightarrow$  **sens de l'effort**
- L'isolement du stator 5 montre que l'effort  $\vec{D}_{4 \rightarrow 5}$  crée un moment négatif qui tend à faire tourner le stator 5 vers la droite et donc le maintenir en appui sur la butée
- Après le passage du point mort EDC aligné, le moment crée par  $\vec{D}_{4 \rightarrow 5}$  change de sens (positif) et tend à éloigner le stator de sa butée 6.

### Question 3C :

Sur la courbe, il a inversion du signe le l'action  $\vec{F}_{6 \rightarrow 5}$  pour un réglage de la butée **d = 32,2 mm**; C'est donc cette valeur du réglage à ne pas dépasser.

### 3.1 CENTRALISATION DE L'INFORMATION « PORTE VERROUILLEE »

#### Question 3D :

Contact de verrouillage ouvert	Etat de FP4 (0 ou 24V)	Etat de FP5 (0 ou 24V)	Manœuvre Tramway (Autorisée ou Interdite)
Porte 1	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>Interdite</b>
Porte 1 et porte 12	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Interdite</b>
Porte 6	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>Interdite</b>
Porte 1 et porte 14	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>Interdite</b>
Aucun	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>Autorisée</b>

Le conducteur ne sait pas précisément quelle est la porte qui n'est pas verrouillée. Il est obligé de se lever est d'aller contrôler toutes les portes d'un même côté, donc l'information ne répond pas parfaitement au critère C5 de la page 1.

#### Question 3E :

Porte	Etat de S6	Adresse basse	Infos transmises sur le bus MVB
Porte 5	0V	4 <sub>H</sub>	4 <sub>H</sub> , S6=0
Porte 12	<b>24V</b>	<b>7<sub>H</sub></b>	<b>7<sub>H</sub>, S6=1</b>
Porte 16	<b>0V</b>	<b>B<sub>H</sub></b>	<b>B<sub>H</sub>, S6=0</b>

Trame d'échange entre le maître et la porte 15 :

1 1101 0000	0010	<b>0100 1000 1010</b>	xxxx xxxx
Début trame maître	Demande d'état d'une porte	Adresse porte 15	Octet de contrôle

- l'esclave répond :

1 1001 1000	xxxxx <b>1</b> xxxxx <b>0</b> xxxx	xxxx xxxx
Début trame esclave	Donnée : porte non verrouillée (rang4=0) Porte bloquée à cause d'un obstacle (rang10=1)	Octet de contrôle

Le conducteur est informé de la porte qui n'est pas verrouillée. Il peut directement se diriger vers elle pour remédier au problème. L'information répond parfaitement au critère C5 de la page 1.

La conservation des deux médias permet d'accroître la sécurité des passagers. En effet, une panne du système informatique ne doit pas perturber la bonne marche du tramway.

(En plus pour les correcteurs)

Certaines informations sont transmises uniquement sur le bus MVB mais elles ne font qu'améliorer le confort des passagers et du conducteur. Toutes les informations relatives à la sécurité sont par conséquent transmises sur les deux médias.

La ligne de train (signaux logiques) est très fiable.

## **QUESTION DE VALORISATION LIEE A LA COMPREHENSION DU SYSTEME**

*Question 4A :*

Le conducteur va être prévenu du non verrouillage de la porte par la ligne de train et par le bus de terrain MVB. L'information du bus MVB lui donnera le numéro de la porte en défaut qui lui permettra de se diriger directement vers celle-ci. Le conducteur doit exercer depuis l'extérieur de la porte, un effort sur les vantaux vers l'intérieur, afin de permettre le passage du point mort du système de verrouillage. L'information « porte verrouillée » sera alors transmise au postes de conduite, ce qui permettra au tramway de pouvoir quitter la station. Cependant, le conducteur condamnera la porte et, à la fin de son service, acheminera le tramway vers l'atelier de maintenance.

