

Corrigé CNC GE 2019

Partie A :

A-1-

1-

- $P_a = U_n \cdot I_n = 32.4 \text{ W}$
- $E = U_n - R \cdot I_n = 16.76 \text{ V}$
- $C_m = E \cdot I_n / \Omega_m = 0.542 \text{ Nm}$
- $C_s = C_m / r = 3.167 \text{ Nm}$

2- $L \frac{di(t)}{dt} + R i(t) + e(t) = u(t)$

3-

- $(L p + R) i(p) + E(p) = U(p)$
- $(J p + f) \Omega(p) = C_m(p) - C_r(p)$
- $C_m(p) = k \cdot i(p)$
- $E(p) = k \Omega(p)$

4- schéma bloc du motoréducteur **document réponse 1 page 15.**

5- Non, il s'agit d'une modélisation de la MCC.

A-2- Étude de l'entraînement :

1 - $(a_c) = 0.75 \text{ m/s}^2$.

$(a_d) = -1 \text{ m/s}^2$.

2 - $t_2 = 30 \text{ s}$

$T = 85 \text{ s}$

3 - Phase de décélération.

4 - $F_m = M \cdot a_c + F_R$

$F_m = 63 \text{ Kn}$

5- le tracé de (F_m) et l'accélération **document réponse 1 page 15**

Partie B : Étude du convertisseur d'énergie Continu/alternatif (DC/AC) :

B-1-

- $v_{ao} = U_c$ lorsque K1 est fermé
- $v_{ao} = 0$ lorsque K4 est fermé.

B-2- $v_{ao}(t)$, $v_{bo}(t)$ et $v_{co}(t)$ voir **document réponse 2 page 16 .**

B-3- $v_{an} = \frac{1}{3} v_{ab} - \frac{1}{3} v_{ca}$

B-4- $v_{an} = \frac{2}{3} v_{ao} - \frac{1}{3} v_{bo} - \frac{1}{3} v_{co}$

$v_{an}(t)$, $v_{bn}(t)$ et $v_{cn}(t)$ voir **document réponse 2 page 16.**

B-5- $v_{an_{eff}} = \sqrt{2} U_c / 3$.

B-6-

$$a- v_{an}(t) = 2 \frac{U_c}{\pi} \sin(\omega t), \quad v_{an1} = 338 \text{ V.}$$

b- spectre de la tension $v_{an}(t)$ document réponse page 17.

$$c- v_{3n}(t) = 0 \text{ V} \quad \text{le rang 5 .}$$

$$d- \text{THD}\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{(v_{an\text{eff}}^2 - v_{an1}^2)}}{v_{an1}} = 31.08\%$$

e- un filtre LC, LC = 25 μH^2

B-7-

$$\triangleright |Z5| = \sqrt{(R^2 + (5L\omega)^2)} = 6.69 \Omega \quad \arg(Z5) = \arctan\left(\frac{5L\omega}{R}\right) = 72.61^\circ$$

$$\triangleright |Z7| = \sqrt{(R^2 + (7L\omega)^2)} = 9.16 \Omega \quad \arg(Z7) = \arctan\left(\frac{7L\omega}{R}\right) = 77.39^\circ$$

B-8-

$$i_{a5}(t) = \frac{2U_c}{5\pi|Z5|} \sin(\omega t - \arg(Z5)) \quad I5 = 10.10 \text{ A}$$

$$i_{a7}(t) = \frac{2U_c}{7\pi|Z7|} \sin(\omega t - \arg(Z7)) \quad I7 = 5.27 \text{ A}$$

B-9- L'harmonique le plus proche est du rang 17, plus facile à éliminer par filtrage.

Partie C : Étude de la motorisation du tramway :**C.1 - Etude du fonctionnement nominal du moteur**

$$C.1.1 - g = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{2640 - 2610}{2640} = 0,01136 \quad \boxed{g = 1,136\%}$$

$$C.1.2 - P_N = P_{Tr} = 26.256 \text{ KW.}$$

$$C.1.3 - C_{em} = 94.97 \text{ Nm}$$

$$C.1.4 - p_{Jr} = g_N P_{Tr} \\ = 298.27 \text{ W}$$

$$C.1.5 - P_{UN} = P_{Tr} - p_{Jr} = 25958 \text{ W}$$

C.2 - Expression simplifiée du moment du couple électromagnétique :

$$C.2.1 - I_0 = \frac{V}{L_M \omega} = \frac{338}{26,6 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 88} = 23,0 \text{ A.}$$

$$C.2.2 - I_r = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (\ell\omega)^2}}$$

$$C.2.3 - I_r = V \frac{g}{R}.$$

$$\text{C.2.4 - } \boxed{P_{tr} = 3 \frac{R}{g} I_r^2} \quad P_{Tr} = 3g \frac{V^2}{R}$$

C.2.5

$$\triangleright K = 3 \frac{V^2}{R \Omega S} \quad K=8433.44 \text{ Nm}$$

C.3 - Fonctionnement en traction

$$\text{C.3.1 - } \boxed{g = 2,02 \cdot 10^{-2} = 2\%}$$

$$\text{C.3.2 - } N = N_s (1 - g) = 2640 \times (1 - 0,0202)$$

$$\boxed{N = 2587 \text{ tr/min}}$$

$$\text{C.3.3 - } I_r = V \frac{g}{R} \quad \boxed{I_r = 46,4 \text{ A}}$$

$$\text{C.3.4 - } \tan \varphi_r = \frac{\ell \omega}{R/g} = \frac{g \ell \omega}{R} \quad \varphi_r = \arctan 0,180 = 10,2^\circ$$

Partie D :

$$\text{D-1 } H_d(p) = \frac{K_d}{(\tau_d p + 1)} \quad K_d = 1/R_s \quad \text{et} \quad \tau_d = L/R_s$$

$$\text{D-2- } H_q(p) = \frac{K_q}{(\tau_q p + 1)} \quad K_q = 1/R_s \quad \text{et} \quad \tau_q = L/R_s$$

D-3- la classe de la FTPO(p) égale à 0, Aucune valeur de K permet d'annuler l'erreur statique.

$$\text{D-4- FTBO (p)} = Ki \frac{1 + Ti p}{Ti p} \frac{A}{(\tau_1 p + 1)(\tau_2 p + 1)}$$

D-5- l'erreur statique nulle, FTBO (p) de classe égale à 1.

D-6- $1/Ti \ll \omega c$.

D-7-

$$\text{a) } Ti = \tau_1 = 3s.$$

$$\text{b) } FTBO_1(p) = Ki \frac{1}{\tau_1 p} \frac{A}{(\tau_2 p + 1)}$$

b) marge de gain MG infini système second ordre, $Ki=3.7$ à 1.59 rad/s .

D-8-

$$\text{a) } FTBF(p) = \frac{1}{1 + \frac{\tau_1}{Ki A} p + \frac{\tau_1 \tau_2}{Ki A} p^2}$$

$$\text{b) } K=1 \quad \omega_n^2 = (Ki A / \tau_1 \tau_2) = 3.288 \quad \text{et} \quad \omega_n = 1.813 \text{ rad/s}$$

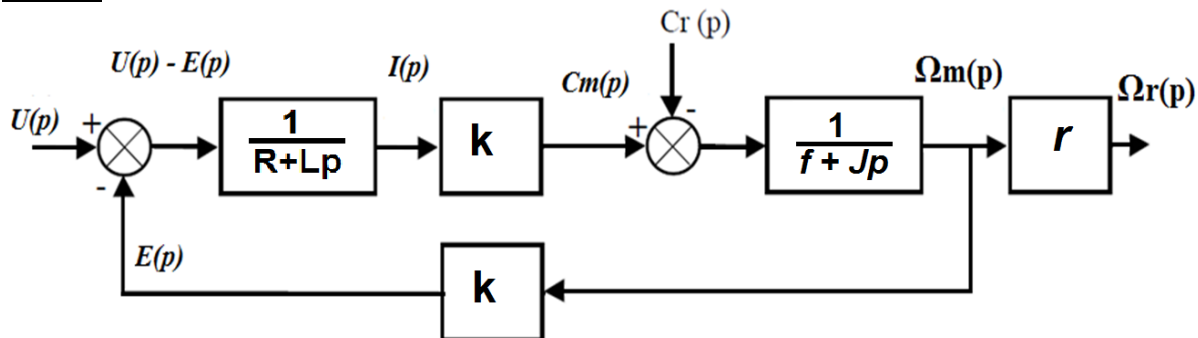
$$\text{l'amortissement } m = \frac{\tau_1 \omega_n}{2Ki A} \quad m = 0.367.$$

$$\text{c) } tr_{5\%} = 4.3 \text{ s}$$

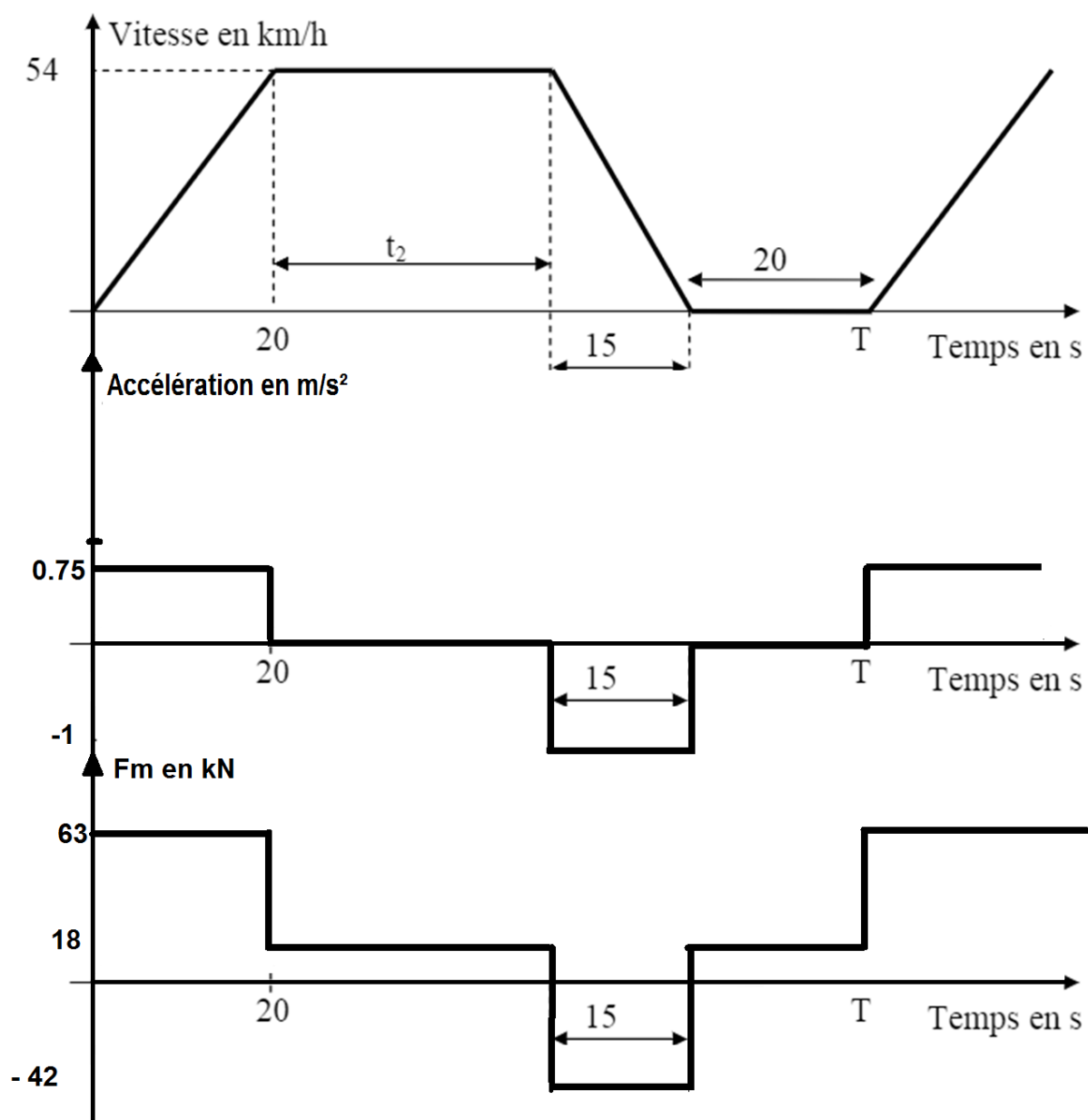
$$D1\% = 30\%$$

Document Réponse 1

A-1-4)



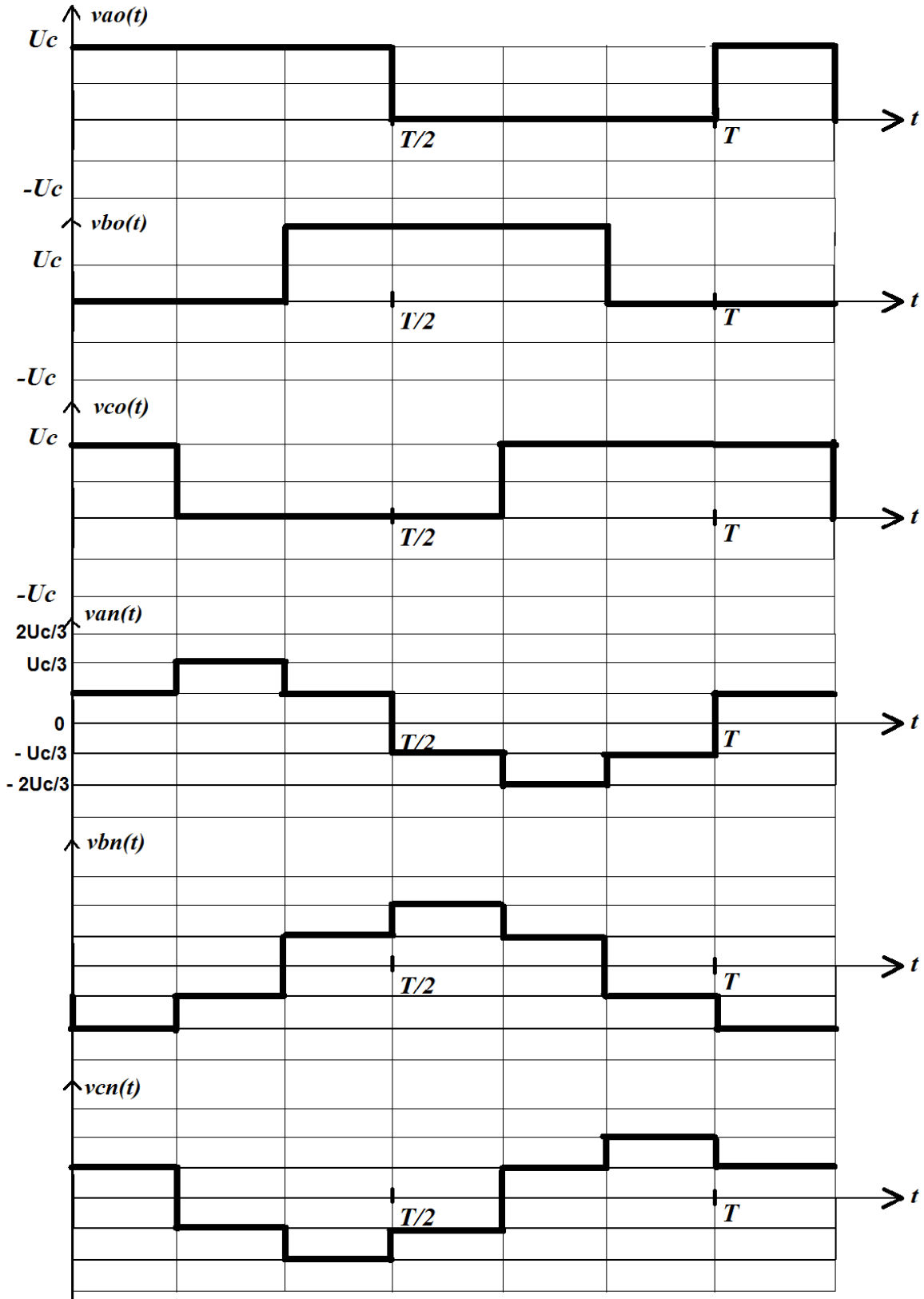
A-2-5)



B-2- et B-3)

Document Réponse 2

$K1$		$K4$		$K1$	
$K5$		$K2$		$K5$	
$K3$	$K6$			$K3$	



Document Réponse 3

B-6-b)

