Robot Humanoïde

A. Alimentation – Énergie

A.1. Réalisation des tensions nécessaires au fonctionnement du robot

A.1.1. Par une loi des mailles en entrée : $\boxed{v_T + v_L = Ve}$

En raisonnant aux valeurs moyennes : $\overline{v_T} = Ve - \overline{v_L}$

Or $\overline{v_L} = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} v_L(t)dt$ avec $v_L = L\frac{di_L}{dt}$, donc $\overline{v_L} = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} L\frac{di_L}{dt}dt = \frac{L}{T}\int_{i_L(t_0)}^{i_L(t_0+T)} di_L = \frac{L}{T}[i_L(t)]_{t_0}^{t_0+T} = 0$

car $i_L(t)$ est une fonction *T*-périodique. On en déduit que $\overline{v_L} = 0$. en définitive, $\boxed{\overline{v_T} = V_e}$

A.1.2. À partir des figures 3.a et 3.b, on a :

- Pour *0 < t < αTd* : $v_T = 0$
- Et pour *αTd < t < Td* : $v_T = V_s$

On en déduit l'allure temporelle de v_T sur DR1 (Figure 1).

En évaluant la valeur moyenne de v_T, on en déduit :

$$\boxed{\overline{v_T} = V_s(1-\alpha)}$$

A.1.3. Des deux résultats précédents, en substituant *Ve* à v_T :

$$V_e = V_s(1-\alpha)$$

Soit :

$$\boxed{\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1-\alpha}}$$

Ce qui revient à identifier :

$$\boxed{f(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}}$$

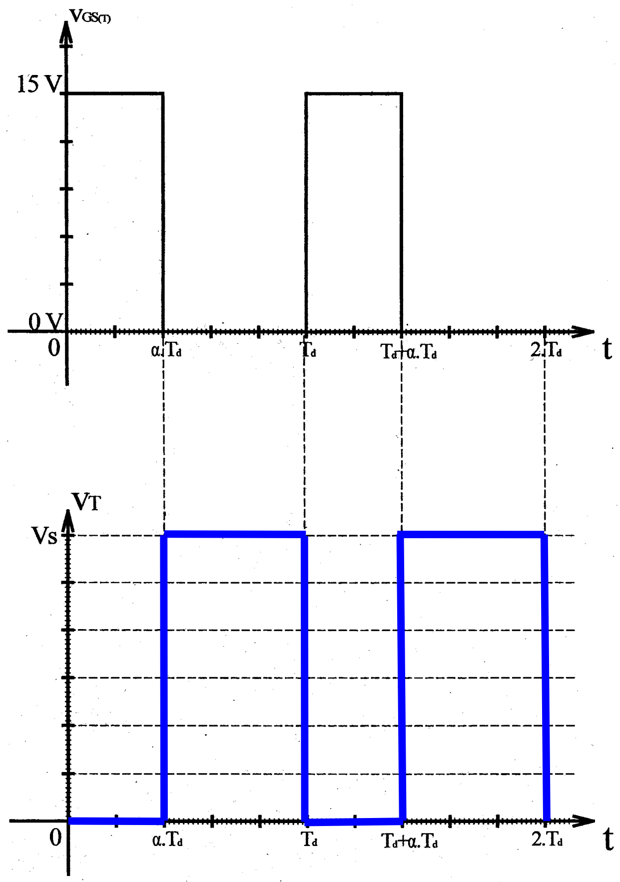


Figure 1 : Chronogrammes du signal V_T.

A.1.4. Application Numérique

Le moteur a pour référence : 35NT2R82-426SP50. D'après l'annexe 1, on déduit sa tension d'alimentation nominale : U_n = 32 V. Le convertisseur doit donc fournir du 32 V à partir du 12 V de la batterie.

Donc :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{32}{12} = \frac{1}{(1-\alpha)} \Rightarrow 1-\alpha = \frac{12}{32} \Rightarrow \alpha = 1 - \frac{12}{32}, \text{ soit } \boxed{\alpha = 0{,}625}$$

A.2. Choix de la batterie

A.2.1. Énergie fournie par la batterie durant un pas

L'énergie de la batterie se compte en Joules ou en Ah. On utilise plus fréquemment l'Ah pour les batteries car la tension est constante.

Notons Δ_T la durée totale d'un pas : $\Delta_T = 0{,}15 + 0{,}27 + 0{,}6$, soit $\boxed{\Delta_T = 1{,}02\,\text{s}}$

Donc $Q = 7{,}78 \times 0{,}15 + 36 \times 0{,}27 + 2{,}81 \times 0{,}6 + 1{,}02 \times 24$, soit $\boxed{Q = 37\ \text{J}}$

A.2.2. Puissance moyenne et courant moyen

Puissance moyenne : $P_{moy} = \frac{Q}{\Delta_T} = \frac{37}{1{,}02}$, soit $\boxed{P_{moy} = 36\ \mathrm{W}}$

Courant moyen : $I_{moy} = \frac{P_{moy}}{U_{Bat}} = \frac{36}{12} = \underline{\underline{3\ \mathrm{A}}}$, soit $\boxed{I_{moy} = 3\mathrm{A}}$

A.2.3. Capacité de la batterie

La batterie doit fournir un courant de 3 A durant 0,5 h donc $Q = 3 \times 0{,}5 = 1{,}50$, soit $\boxed{Q = 1{,}5\ \mathrm{Ah}}$

A.2.4. Choix de la batterie

D'après l'annexe 2 il faut choisir une batterie pouvant supporter un courant de décharge de 3 A pendant 30 min.

La première référence possible est alors : **NP 3.2 12**

A.3. Calcul de l'énergie consommée

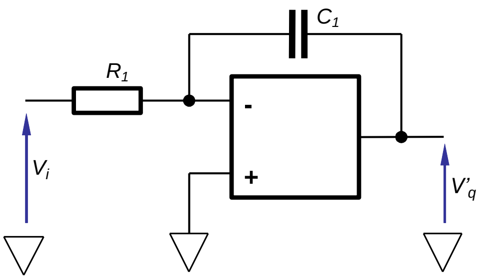
A.3.1. Analyse fonctionnelle

① Il s'agit d'un intégrateur inverseur.

② Il s'agit d'un amplificateur inverseur.

③ Il s'agit d'un comparateur de tensions (à seuil unique).

A.3.2. Expression de v_q



$V^+ = 0$

Loi de courants sur l'entrée –

$$\frac{V_i - V^-}{R_1} + C_1 \frac{d(V_q^{'} - V^-)}{dt} = 0$$

L'ALI fonctionne en régime linéaire => $V^+ = V^-$

$$\boxed{V'_q = -\frac{1}{R_1 C_1}\int_0^t v_i dt}$$

Or $\frac{v_q}{v'_q} = -\frac{R_3}{R_2}$ et $v_i = K_i i$, donc $\boxed{v_q = -\frac{R_3 K_i}{R_2 R_1 C_1}\int_0^t i dt}$.

A.3.3. Détermination de C_1

$\left.\begin{array}{l} Q = 1{,}5Ah \\ I = 3A \end{array}\right\} \Rightarrow$ Le temps de décharge est $\Delta_T = 1800s$ soit $\boxed{\Delta_T = 1800\ \mathrm{s}}$

D'après la réponse à la question **A.3.2.**, avec *i* = *I* = cte : $v_q = \frac{R_3 K_i I \Delta_T}{R_2 R_1 C_1}$. D'où $\boxed{C_1 = \frac{R_3 K_i I \Delta_T}{R_2 R_1 v_q}}$

<u>an</u> : Avec la donnée de la figure 4, *Ki* = 0,1 V/A : $C_1 = \frac{0{,}1 \times 3 \times 1800}{820 \times 10^3 \times 4{,}4} = 1{,}5.10^{-4}\ \mathrm{F}$, soit $\boxed{C_1 = 150\ \mu\mathrm{F}}$

A.3.4 Détermination de R_5

D_1 s'allume si la tension de sortie du montage ③ atteint la saturation c'est à dire si l'A.L.I. voit sa tension d'entrée différentielle positive. Le basculement a lieu quand la tension aux bornes de R_5 passe par 4,4 V.

Le théorème du diviseur de tension donne $\frac{12 R_5}{R_4 + R_5} = 4{,}4$, donc $R_5 = \frac{4{,}4 R_4}{7{,}6} = 4{,}4 \times 10.10^3$, soit $\boxed{R_5 = 5{,}79\ \mathrm{k\Omega}}$

On choisira 5,6 kΩ en série E12 si la précision attendue le permet, sinon il faut prévoir un réglage à l'aide d'un potentiomètre ou d'un trimer.

A.3.5. Valeur de v_q pour deux pas

Chaque quantum d'énergie consommée provoque une variation de la tension v_q , $\Delta v_q = I_k \Delta_{Tk} K$

avec $K = \dfrac{R_3 K_i}{R_1 R_2 C_1}$, d'où (an) : $K = \dfrac{0{,}1}{820.10^3 \times 150.10^6} = 8{,}13.10^{-4}\ F^{-1}$.

On peut donc déterminer v_q en ajoutant les quantités successives.

$\Delta v_q = 2 \times (0{,}15 \times 2{,}65 + 0{,}27 \times 5 + 2{,}23 \times 0{,}6) \times 8{,}13.10^{-4}$, soit $\boxed{\Delta v_q = 5\,\mathrm{mV}}$.

A.3.6. Évolution de v_q

En reprenant la méthode précédente et en incrémentant le calcul on obtient :

V_q *(mV)*	0,32	1,4	2,5	2,8	3,9	5

On en déduit le tracé sur DR2 (Figure 2).

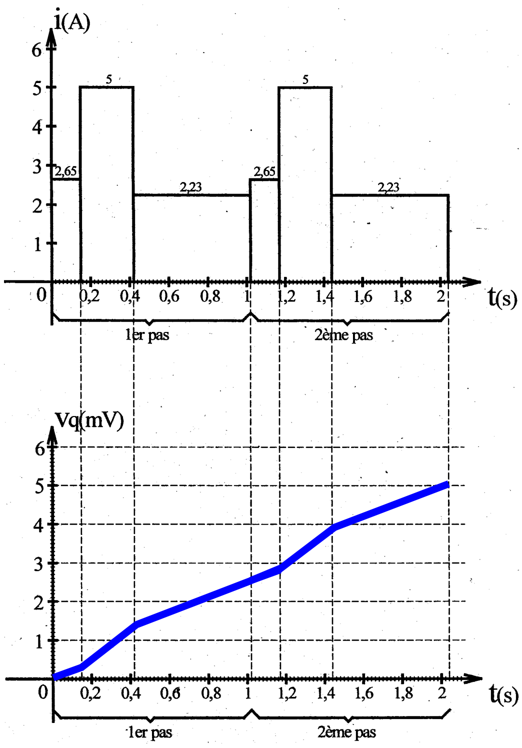


Figure 2 :évolution de la tension Vq pour deux pas.

A.3.7. Vitesse du robot

Le robot parcourt 417 mm sur une durée de 1,02 s, c'est-à-dire $\boxed{V = 1{,}47\,\mathrm{km/h}}$.

A.3.8. Distance parcourue

Avec la relation de la question **A.3.5.** : $NbPas = \dfrac{v_q}{\Delta v_q} = \dfrac{4{,}4}{2{,}5.10^{-3}}$, soit *NbPas* = 1760 pas, soit $\boxed{D = 734\,\mathrm{m}}$.

B. Choix de codeur

B.1. Choix de codeur

B.1.1.

Pour le moteur considéré, le rapport de réduction (ratio) vaut $r = 180{,}8$.

Du côté codeur, la précision s'exprime par $P_c = r \cdot P$, soit $P_c = 180{,}8 \cdot 0{,}2 = 36{,}16°$.

Le codeur de type D offre une précision de 360/12 = 30° contre 360/16 = 22,5° pour E.

Le codeur D convient car il offre la résolution juste inférieure à 36,16°.

La nouvelle précision P_r est alors : $P_r = P_{cr} / r$. An : $P_r = 30 / 180{,}8 \cdot 0{,}2$, soit $\boxed{P_r = 0{,}17°}$.

B.1.2. Les tracés apparaissent sur le document réponse DR3 (Figure 3).

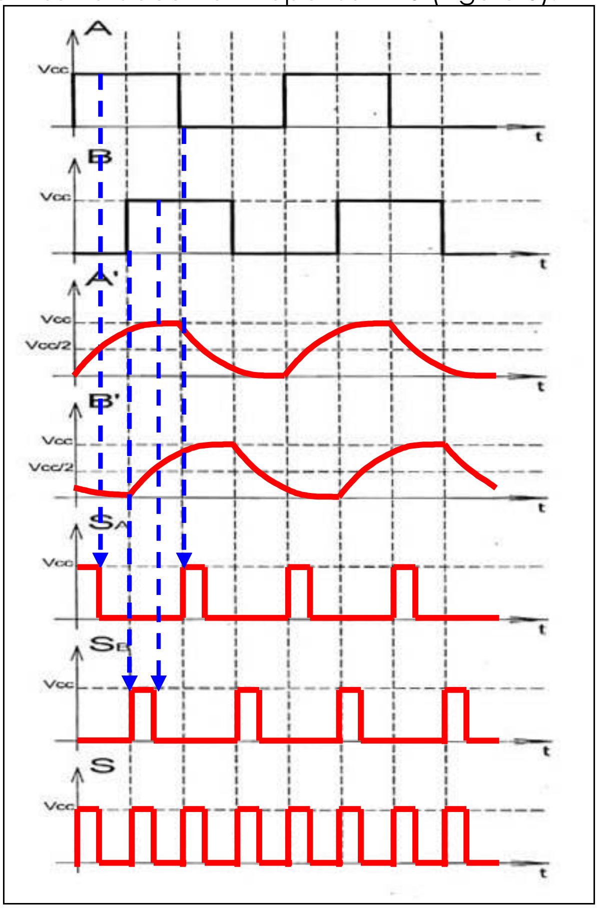


Figure 3 : Chronogrammes du quadrupleur de fréquence du codeur.

B.1.3. Le nouveau signal S, de fréquence 4 fois supérieure à celle de A, permet un pas d'incrémentation 4 fois plus petit, soit un rapport :

$$\frac{P_r}{P_r^{'}} = 4 .$$

An : $\boxed{P_r^{'} = 41{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ degrés}}$