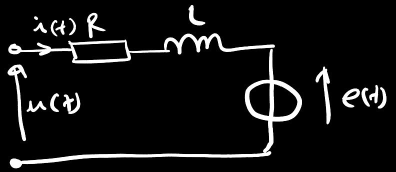
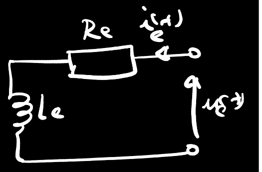
Corrigé de DS N°3 — Flyline — Pr. A.OUAANABI

Q-P1°/ le modèle de la MCC :

* Régime transitoire :

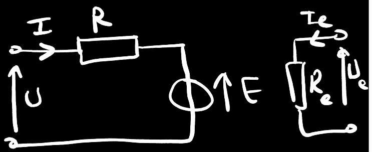




* Régime permanent :

au régime permanent, les grandeurs sont toutes constante :

$$\begin{cases} i(t) = I \\ u(t) = U \\ e(t) = E \end{cases} \Rightarrow$$



$i(t) = I \Rightarrow U_L(t) = L\dfrac{di(t)}{dt} = 0 \Rightarrow$ effet d'inductance est negligé.

* la force contre electromotrice f.c.em

On a : $U = RI + E \Rightarrow \boxed{E = U - R.I}$

d'où : $\boxed{E = 213\ V}$

Q-P2 :

* **La puissance absorbée par le moteur.**

On a : $P_a = P_i + P_e$

$\Leftrightarrow \boxed{P_a = U.I + P_e}$

d'où : $\boxed{P_a = 10,33\ KW}$

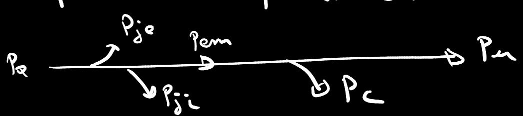
* **La puissance électromagnétique produite.**

par définition : $\boxed{P_{em} = E.I}$

d'où : $\boxed{P_{em} = 9.138\ KW}$

* **La puissance utile**

d'après le bilan de puissance :



donc : $\boxed{P_u = P_{em} - P_c} \Rightarrow \boxed{P_u = 8,948\ KW}$

Q-P3/ le couple :

* le couple utile :

on a : $C_u = \dfrac{P_u}{\Omega}$ avec $\Omega = \dfrac{2\pi.N}{60}$

d'où : $\boxed{C_u = \dfrac{P_u.60}{2\pi.N}} \Rightarrow \boxed{C_u = 71.2\ Nm}$

Partie A : Déplacement radiocommandé du chariot mobile.

Q1 : temps de cycle T de profil de vitesse

a°/ la distance D

d'après le théorème de pythagore :

$\boxed{D = \sqrt{H^2 + L^2}} \Rightarrow \boxed{D = 111,8\ m}$

b°/ la vitesse du chariot entre t_1 et t_2

d'après le profil de vitesse, la vitesse entre t_1 et t_2 est : $v = 45\ Km/h$

donc : $v = \dfrac{45}{3.6} \Rightarrow \boxed{v = 12.5\ m/s}$

c°/ le temps $t_2 - t_1$

on a : $v = \dfrac{d}{t} \Rightarrow v = \dfrac{D/2}{t_2 - t_1} \Rightarrow \boxed{t_2 - t_1 = \dfrac{D}{2v}}$

d'où : $\boxed{t_2 - t_1 = 4.472\ s}$

d°/ le temps de cycle.

d'après le profil de vitesse :

$$\boxed{T = t_1 + (t_2 - t_1) + (t_3 - t_2) + (t_4 - t_3)}$$

d'où : $\boxed{T = 50.972\ s}$

Q2°/ l'accélération a_c

par définition : $a_c = \dfrac{dv}{dt}$ et ce calcul à la phase de démarrage : $a_c = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{a_c = \dfrac{v - 0}{t_1 - 0}}$

d'où : $\boxed{a_c = 0.892\ m/s^2}$

- la phase de Freinage où il peut récupérer l'énergie electrique sous l'effet de l'inertie du chariot.

Q3°/ la masse totale

d'après l'annexe :

$$\begin{cases} M_{chariot} = 7\ kg \\ \text{Masse camera} = 8\ kg \end{cases} \Rightarrow \text{d'où : } \boxed{M = 15\ kg}$$

* la force de traction F_T

la force de traction est donnée par :

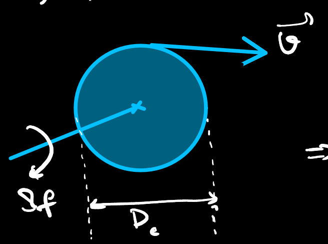
$F_T = a_c.M + M.g.C_{ad} \Rightarrow \boxed{F_T = M(a_c + g.C_{ad})}$

acier/acier $\Rightarrow C_{ad} = 0.3$

d'où : $\boxed{F_T = 57,525\ N}$

Q4/ La vitesse angulaire Ω_f

Soit :



le chariot se déplace avec $v = 12,5\ m/s$

$\Rightarrow$ on a la relation entre Ω et v : $v = R.\Omega$ (rayon)

donc : $v = R_e.\Omega_f$ avec : $R_e = \frac{D_e}{2}$

$\Leftrightarrow \boxed{\Omega_f = \frac{v}{D_e}.2}$ d'où : $\boxed{\Omega_f = 208,34\ rad/s}$

* la vitesse Ω_m.

On a : $r = \frac{\Omega_f}{\Omega_m} = \frac{D_m}{D_i} \Rightarrow \boxed{\Omega_m = \Omega_f . \frac{D_i}{D_m}}$

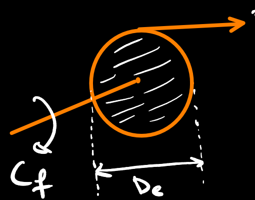
d'où : $\boxed{\Omega_m = 555,56\ rad/s}$

* la fréquence de rotation N_m

On a : $\Omega = \frac{2\pi N}{60} \Rightarrow \boxed{N_m = \frac{60}{2\pi}\Omega_m}$

d'où : $\boxed{N_m = 5305\ tr/min}$

Q5/ le couple C_f à l'arbre récepteur



$\Rightarrow$ on a : $C = F.R$

donc : $C_f = F_T.R_e =$

d'où : $\boxed{C_f = F_T . \frac{D_e}{2}}$

donc : $\boxed{C_f = 2,1336\ Nm}$

* le couple C_r :

On a : $\eta = \frac{P_f}{P_r} = \frac{C_f.\Omega_f}{C_r.\Omega_m} = \frac{C_f}{C_r}.r$

comme $r = \frac{D_m}{D_i} \Rightarrow \eta = \frac{C_f}{C_r}.\frac{D_m}{D_i}$

donc : $\boxed{C_r = \frac{C_f}{\eta}.\frac{D_m}{D_i}}$

d'où : $\boxed{C_r = 1\ Nm}$

Q6/ le couple C_m

d'après le PFD : $J\frac{d\Omega_m}{dt} = C_m - C_r$

au régime permanent : $\frac{d\Omega}{dt} = 0$ $(\Omega = cte)$

d'où : $C_m - C_r = 0 \Rightarrow \boxed{C_m = C_r}$

d'où : $\boxed{C_m = 1\ Nm}$

* Moteur E30-150-24V

les calculs	E30-150-24
• $N_m = 5305\ tr/min$	$N_n = 5600\ tr/min$
• $C_m = 1\ Nm$	$C_{mn} = 1,27\ Nm$

Comme : $\boxed{C_m < C_{mn}}$ et $\boxed{N_m < N_n}$

d'où le moteur E30-150 est adopté au fly line dans le régime permanent.

Partie B : Motorisation de chariot mobile

1- Etude énergétique

Q7/ la relation Ω et N

On a : $\Omega = \frac{2\pi.N}{60}$, au point nominal $\Rightarrow$

$\boxed{\Omega_n = \frac{2\pi N_n}{60}} \Rightarrow$ d'où : $\boxed{\Omega_n = 586,43\ rad/s}$

Q8/ Moteur en régime permanent.

a/ Equations de la MCC en régime permanent.

① $L\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{U = RI + E}$

② $\boxed{E = K_e.\Omega}$

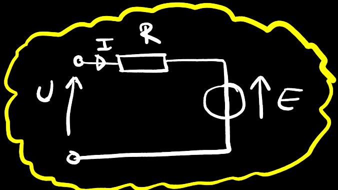
③ $J\frac{d\Omega}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{C_m - C_r - f\Omega = 0}$

④ $\boxed{C_m = K_c.I}$

b/ schéma de la MCC en régime permanent

d'après le schéma de la figure 5 $\Rightarrow i(t) = cte$

$L\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow$ l'effet de la bobine sera négligé



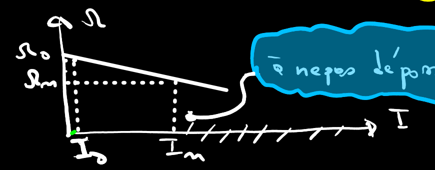
c/ Caractéristique $\Omega(I)$

On a : $\begin{cases} E = K.\Omega_m \\ U = RI + E \end{cases}$ on peut : $E = U - RI$

$\Rightarrow \Leftrightarrow K\,\Omega = U - RI$

$\Leftrightarrow \Omega = \frac{U}{K} - \frac{R}{K_e}I$

Comme : $\Omega_0 = \frac{U}{K}$ d'où : $\boxed{\Omega(I) = \Omega_0 - \frac{R}{K_e}I}$



ne pas dépasser le courant nominal pour éviter risque de perdre la MCC

Q9/ les pertes joule P_{ji}

par définition : $P_{ji} = R.I^2 \Rightarrow \boxed{P_{jin} = R.I_n^2}$

d'où : $\boxed{P_{jin} = 27,78\ W}$

* la puissance électromagnétique P_{em}

on a : $P_{em} = E.I = K_e.\Omega.I$

d'où : $\boxed{P_{em} = 779.89\ W}$

* le couple électromagnétique : C_{em}

On a : $C_{em} = K_e.I \Rightarrow \boxed{C_{em} = 1,33\ Nm}$

Q10/ le couple des pertes collectives

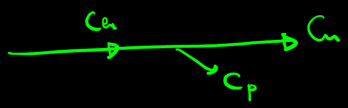
On a : $C_p = C_{sec} + f.\Omega$

d'où : $\boxed{C_p = 0,0403\ Nm}$

* les pertes collective P_c

par définit : $\boxed{P_c = C_p.\Omega} \Rightarrow \boxed{P_c = 24\ W}$

* le couple utile C_u



$\Rightarrow C_u = C_{em} - C_p$

$\hookrightarrow \boxed{C_u = 1,28\ Nm}$

Q11/ la puissance utile P_u

on a : $P_u = C_u.\Omega_n \Rightarrow \boxed{P_u = 756,37\ W}$

* Puissance absorbée P_a

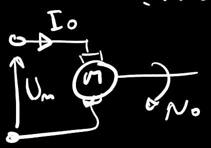
on a : $P_a = U.I \Rightarrow \boxed{P_a = 792\ W}$

* le rendement :

donc : $\eta = \dfrac{P_u}{P_a} \Rightarrow \eta = 95.4\ \%$

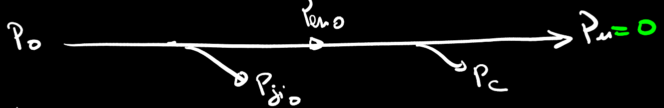
Q12/ fonctionnement à vide :

à vide le MCC alimenté par U_n :



$C_u = 0 \Rightarrow P_u = 0$

d'après le bilan de puissance :



donc, la puissance absorbée à vide P_o, représente les pertes collective P_c et les pertes joules à vide P_{jio} $\Rightarrow \boxed{P_o = P_{jio} + P_c = U_n I_o}$

si $P_{jio} \simeq 0 \Rightarrow P_c = P_o = U_n.I_o \Rightarrow \boxed{I_o = \dfrac{P_c}{U_n}}$

d'où : $\boxed{I_o = 1\ A}$

Q13/ la vitesse à vide N_o

comme : $\begin{cases} U = E + RI & \Rightarrow U_o = E_o + RI_o \\ E = K.\Omega & \Rightarrow E_o = K.\Omega_o \end{cases}$

donc : $E_o = K.\Omega_o = U_o - RI_o \Rightarrow \boxed{\Omega_o = \dfrac{U_o - RI_o}{K}}$

donc : $\Omega_o = 595\ rad/s \Rightarrow N_o = \dfrac{60}{2\pi}\Omega_o$

d'où : $\boxed{N_o = 5682\ tr/min}$

2- autonomie de la Batterie

Q14/ l'autonomie de la batterie Δt

On a : $I_b = I_c + I$ avec $\begin{cases} I = 33\ A \\ I_c = 0,35\ A \end{cases}$

d'où : $\boxed{I_b = 33.35\ A}$

* Autonomie de la batterie Δt

On a : $C_b = I_b.\Delta t \Rightarrow \boxed{\Delta t = \dfrac{C_b}{I_b}}$

on a : $\Delta t = 100\ A \Rightarrow \Delta t = 3h \Rightarrow \boxed{\Delta t = 180\ min}$

d'où : la batterie peut garantir un fonctionnement d'un match complet (155 min).

Partie C : Déplacement du chariot à vitesse variable

Q8/

a/ évolution de courant :

voir le document de réponse :

b/ les interrupteurs en conduction

voir le document de réponse.

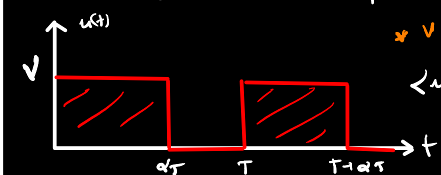
d/ Expression de $u(t)$, i_{T_1} et i_{D_1}

pour les courant :

$\begin{cases} i_{T_1} = i(t) \text{ si } T_1 \text{ fermé et } i_{T_1} = 0 \text{ si } T_1 \text{ bloqué} \\ i_{D_1} = -i(t) \text{ si } D_1 \text{ fermée et } i_{D_1} = 0 \text{ si } D_1 \text{ bloqué} \end{cases}$

b/ Allure de $u(t)$

Voir le document de réponse.



* valeur moyenne de $u(t)$

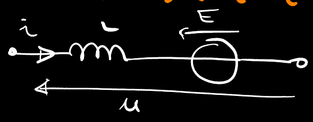
$\langle u \rangle = \dfrac{\text{Surface}}{T} \Rightarrow \langle u \rangle = \dfrac{\alpha \cancel{T}.V}{\cancel{T}}$

d'où : $\boxed{\langle u \rangle = \alpha V}$

Q16°/ Ondulation maximale Δi_{max}

a) le courant $i(t)$ sur $t \in [0, \alpha T]$

Soit :



On a : $u(t) = E + L\frac{di}{dt}$

à $t \in [0, \alpha T]$ d'après Q15 $\Rightarrow u(t) = V$

donc : $V = E + L\frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{V-E}{L}$

* Résolution : $i(t) = \frac{V-E}{L}t + cte$

cte?? $\Rightarrow$ à $t = 0 \Rightarrow i(0) = I_m$

$\hookrightarrow i(0) = 0 + cte = I_m$

donc : $Cte = I_m$

d'où : $i(t) = \frac{V-E}{L}t + I_m$

b°/ Expression de $\Delta i = f(V, E, L, \alpha)$

Soit pour $t \in [0, \alpha T] \Rightarrow$

$$\begin{cases} i(t) = \frac{V-E}{L}t + I_m \\ i(\alpha T) = I_M \end{cases}$$

d'où :

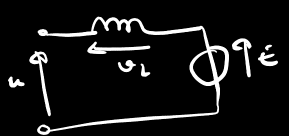
$i(\alpha T) = I_M = \frac{V-E}{L}\alpha T + I_m$

$I_M - I_m = \frac{V-E}{L}\alpha T$

or $\Delta i = \frac{I_{max} - I_{min}}{2} \Rightarrow \Delta i = \alpha \frac{(V-E)T}{2L}$

c°/ Relation entre E, α, V

Soit :



$\Rightarrow$ d'après loi des mailles

$u(t) = v_L(t) + E$

$\langle u(t) \rangle = \langle v_L(t) \rangle + \langle E \rangle$

$i(t)$ est périodique $\Rightarrow \langle v_L \rangle = 0$

d'où : $E = \langle u(t) \rangle$

Comme $\langle u \rangle = \alpha V \Rightarrow E = \alpha V$

d/ $\Delta i = f(V, L, \alpha, f)$

on a : $\Delta i = \alpha \frac{V-E}{2L} T$

Sachant que $E = \alpha V$, $T = \frac{1}{f}$

d'où : $\Delta i = \frac{\alpha(1-\alpha)V}{2Lf}$

e/ Expression de Δi_{max}

on cherche α qui donne Δi_{max}

$\Delta i = \Delta i_{max}$ lorsque $\frac{d\Delta i}{d\alpha} = 0$

$\frac{V}{2Lf}(\alpha - \alpha^2)' = 0 \Rightarrow 1 - 2\alpha = 0$

d'où l'ondulation maximale si $\alpha = 0.5$

donc : $\Delta i_{max} = \Delta i(\alpha = 0.5)$

d'où : $\Delta i_{max} = \frac{V}{8Lf}$

Q17°/ Expression de courant $i(t)$ pour $t \in [0, \alpha T]$

on a : $i(t) = at + b$

avec :

$$\begin{cases} a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{I_M - I_m}{T/2 - 0} = 2\frac{I_M - I_m}{T} \\ b = i(0) \Rightarrow b = I_m \end{cases}$$

Pour $\alpha = 0.5 \Rightarrow \Delta i = \Delta i_{max} \Rightarrow I_M - I_m = 2\Delta i_{max}$

d'où : $i(t) = 4 \frac{\Delta i_{max}}{T} t + I_m$

Q18°) la valeur efficace de i(t), notée I_{eff}

On a : $I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i(t)^2\,dt}$

Rque : On remarque que pour $\alpha = 0,5$, les pertes de 0 à αT est égal la perte de αT à T

=> on doit juste faire le calcul intégrale de 0 à T/2

donc : $I_{eff}^2 = \left(\frac{1}{T}\int_0^{T/2} i(t)^2\,dt\right) \times 2$

On a : $i(t) = \frac{4\,Dimax}{T}\,t + I_m$

$$i(t)^2 = \frac{16\,Dimax^2}{T^2}\,t^2 + \frac{8\,Dimax.I_m}{T}\,t + I_m^2$$

alors :

$$I_{eff}^2 = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \frac{16\,Dimax^2}{T^2}\,t^2 + \frac{8\,Dimax.I_m}{T}\,t + I_m^2\,dt$$

$$\Leftrightarrow = \frac{2}{T}\left[\frac{16.Dimax^2}{T^2}\,\frac{t^3}{3} + \frac{8\,Dimax.I_m}{T}\,\frac{t^2}{2} + I_m^2\,t\right]_0^{T/2}$$

$$\Leftrightarrow = \frac{2}{T}\left(\frac{16\,Dimax^2}{T^2}\,\frac{T^3}{24} + \frac{8\,Dimax.I_m}{T}\cdot\frac{T^2}{8} + I_m^2\cdot\frac{T}{2}\right)$$

$$\Leftrightarrow = \frac{2}{\cancel{T}}\left(\frac{2\,Dimax^2}{3}\cdot\cancel{T} + Dimax.I_m.\cancel{T} + I_m^2\cdot\frac{\cancel{T}}{2}\right)$$

$$\Leftrightarrow = \frac{4}{3}\,Dimax^2 + 2\,Dimax.I_m + I_m^2$$

Comme : $I_m = I - Dimax$

$$\Rightarrow I_{eff}^2 = \frac{4}{3}\,Dimax^2 + 2\,Dimax\,(I - Dimax) + (I - Dimax)^2$$

$$\Leftrightarrow I_{eff}^2 = \frac{4}{3}\,Dimax^2 + 2.\cancel{Dimax}.I - 2\,Dimax^2 + I^2 - 2\,\cancel{Dimax}.I + Dimax^2$$

$$\Leftrightarrow I_{eff}^2 = I^2 + \frac{Dimax^2}{3}$$

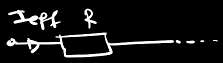
d'où : $\boxed{I_{eff} = \sqrt{I^2 + \frac{Dimax^2}{3}}}$

Q19°) la valeur de courant efficace I_{eff}

On a : $I = 33\,A$, $Dimax = 1\,A$

d'où : $I_{eff} = 33,00505\,A$

+ pertes joules



=> $P_J = R.I^2 = 21,78\,W$

Cette est même valeur trouvée en Q9 => ce qui signifie que la bobine de lissage choisie, est bien dimensionnée pour négligé l'effet de l'ondulation de courant.

Q20°) facteur de forme.

$$F = \frac{I_{eff}}{I_m} = \frac{\sqrt{I^2 + \frac{Dimax^2}{3}}}{I} = \boxed{\sqrt{1 + \frac{Dimax^2}{3I^2}}}$$

Pour : $I = 33\,A$, $Dimax = 1\,A$

$\Rightarrow \boxed{F = 1.000153 < 1,02}$

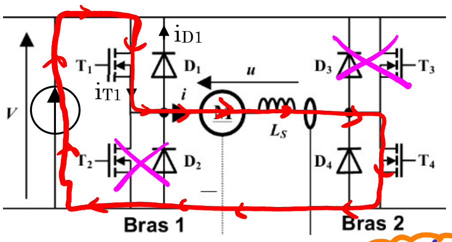
C/C : ce facteur de forme (F) est inférieur à 1,02, le moteur ne sera pas déclassé

*** fin de correction ***

Document réponse : DR1

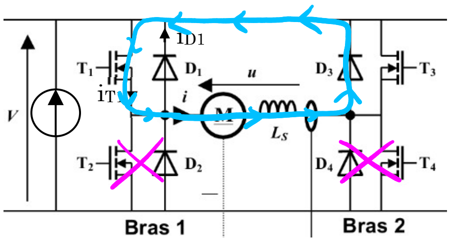
Nom et Prénom : OUAANADT

❖ **Intervalle : t ∈ [0, αT]** => commande de T_1 et T_4



- Interrupteurs en conduction : T_1 et T_4
- Tension u(t) : $u(t) = V$
- Courant i_{T1} (t) : $i_{T1} = i(t)$
- Courant i_{D1} (t) : $i_{D1} = 0$

❖ **Intervalle : t ∈ [αT, T]** => commande de T_1 et T_3

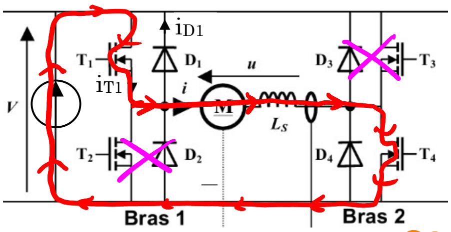


- Interrupteurs en conduction : T_1 et D_3
- Tension u(t) : $u(t) = 0$
- Courant i_{T1} (t) : $i_{T1} = i(t)$
- Courant i_{D1} (t) : $i_{D1} = 0$

— : phase motrice

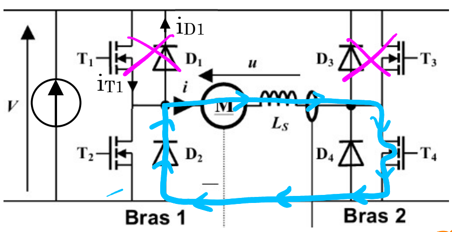
— : phase de roue libre

❖ **Intervalle : t ∈ [T, T + αT]** => commande de T_1 et T_4



- Interrupteurs en conduction : T_1 et T_4
- Tension u(t) : $u(t) = V$
- Courant i_{T1} (t) : $i_{T1} = i(t)$
- Courant i_{D1} (t) : $i_{D1} = 0$

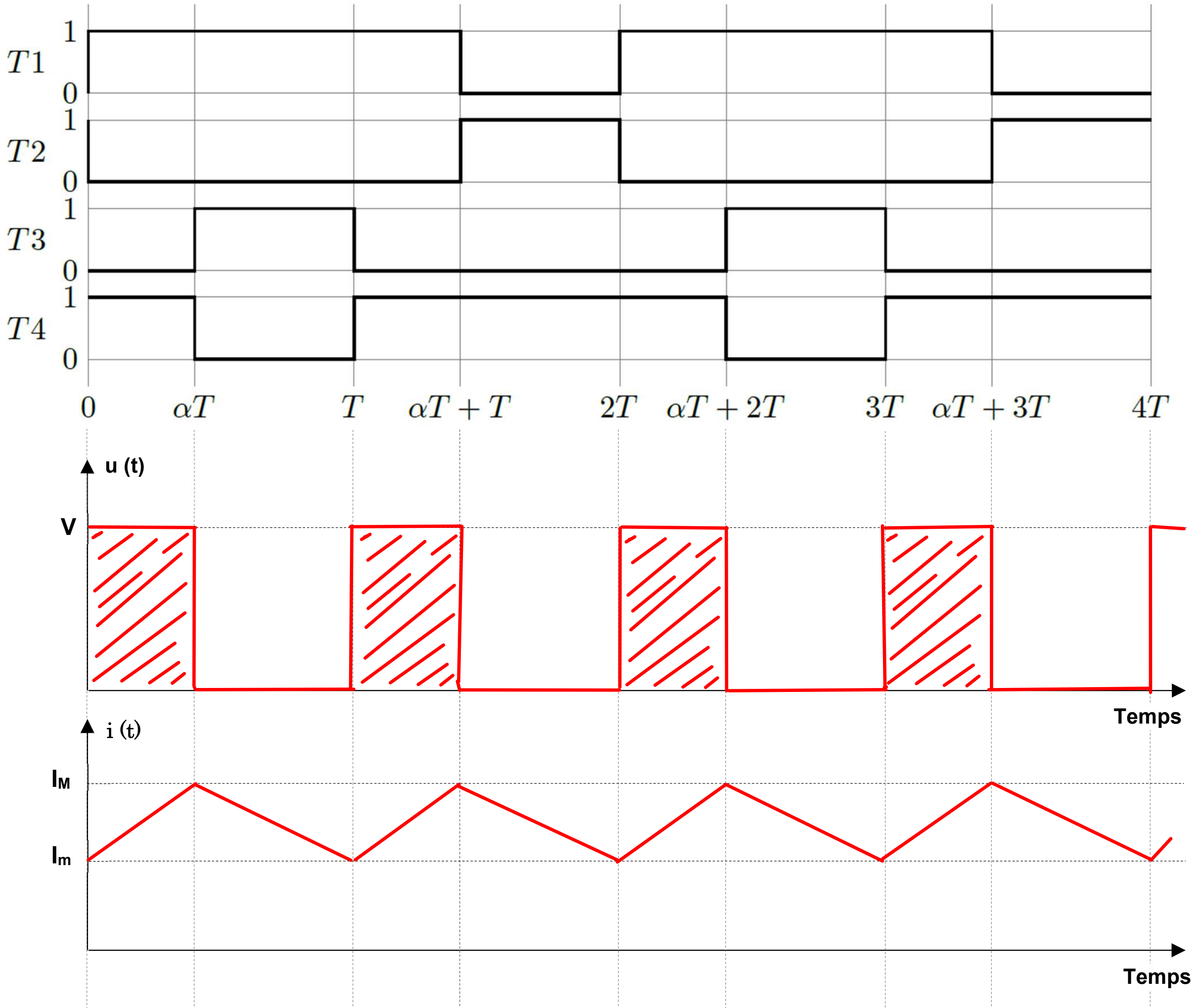
❖ **Intervalle : t ∈ [T + αT, 2T]** => commande de T_2 et T_4



- Interrupteurs en conduction : D_2 – T_4
- Tension u(t) : $u(t) = V$
- Courant i_{T1} (t) : $i_{T1} = 0$
- Courant i_{D1} (t) : $i_{D1} = 0$

Document réponse : DR2

Nom et Prénom : ....



Bras 1	T_1	T_1	T_1	D_2	T_1	T_1	T_1	D_2
Bras 2	T_4	D_3	T_4	T_4	T_4	D_3	T_4	T_4

Conduction des interrupteurs de puissance

Tournez la page SVP