Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2006, filière TSI

Génie électrique

Ce que traite le sujet

- Partie A : alimentation et énergie
- Partie B : choix du codeur et asservissement de position

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/tsi/2006/genie-electrique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

PARTIE 2 – PROJET ELECTRICITE

Répondre sur des copies différentes de celles utilisées pour la partie Projet Mécanique.

AVERTISSEMENT

Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent impérativement utiliser les notations indiquées dans le texte ou sur les figures. Les candidats sont priés de rédiger sur des feuilles séparées les réponses aux questions relatives aux différentes parties de la composition. Pour chaque partie, il est demandé aux candidats de rédiger dans l'ordre proposé par le sujet.
Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent présenter les calculs clairement, dégager et encadrer les résultats relatifs à chaque question référencée dans le sujet. Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre, les correcteurs recommandent d'écrire lisiblement, de numéroter chaque copie en y faisant apparaître clairement la question traitée.

RECOMMANDATIONS GENERALES

L'épreuve se compose de deux parties A, B, indépendantes. Dans chaque partie, certaines sous-parties sont elles-mêmes indépendantes. Les candidats sont donc invités à lire attentivement l'énoncé avant de commencer à composer et d'autre part, à bien répartir leur temps de composition entre les différentes parties. Les candidats traceront toutes les formes d'ondes, chronogrammes, … qui leurs permettront d'étayer leurs raisonnements.

SUJET DE L'EPREUVE

A. ALIMENTATION – ENERGIE 2
A.1. Réalisation des différentes tensions nécessaires au fonctionnement du robot.....2
A.2. Choix de la batterie 4
A.3. Calcul de l'énergie consommée 4
B. CHOIX DE CODEUR – ASSERVISSEMENT DE POSITION 6
B.1.Choix de codeur 6
B.2. Asservissement de position de la rotation de la hanche.....7

A. ALIMENTATION – ENERGIE

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

Les composants électriques constituant le robot (moteurs, capteurs, cartes de commande) nécessitent diverses sources d'alimentation, toutes obtenues à partir d'une batterie de tension nominale 12 V. L'utilisation des quatre principales tensions est représentée **figure 1**.

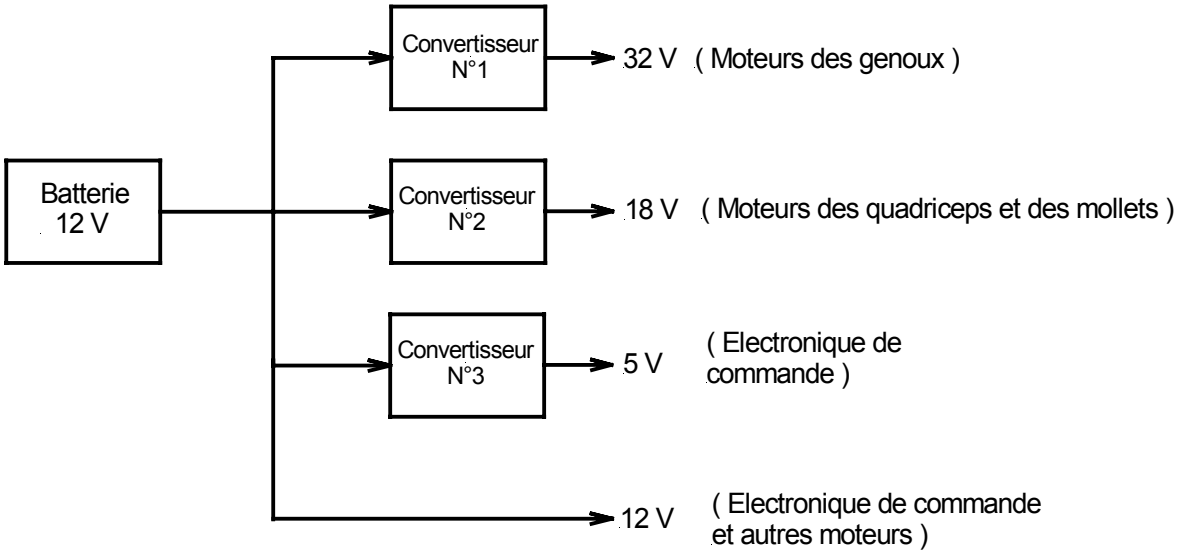


figure 1

L'étude portera sur le convertisseur N°1 (hacheur élévateur) dont le schéma de principe est représenté **figure 2**.

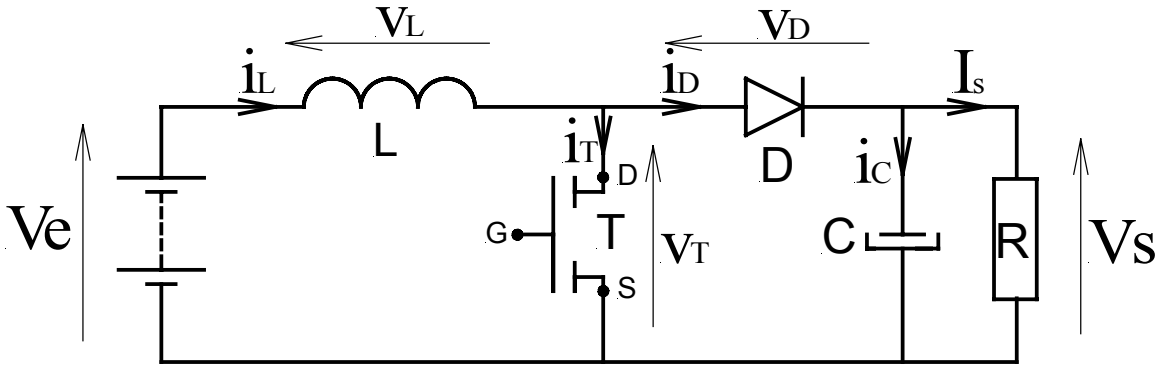


figure 2

Hypothèses :

- Vs est supposée continue ;
- Les interrupteurs à semi-conducteur sont supposés idéaux (commutations instantanées, chute de tension à l'état passant nulle, courant nul à l'état ouvert) ;
- L est constante.

Notations :

- Grandeurs instantanées : v_L, i_L, ... ;
- Grandeurs continues : Ve, Vs, Is, … ;
- Valeurs moyennes : $\overline{v_L}$, $\overline{i_L}$, ... ;

A.1.1. Donner la relation existant entre Ve, v_L et v_T.

En déduire l'expression de $\overline{v_T}$ en considérant que le régime permanent périodique du courant dans L est atteint.

Les **figures 3.a et 3.b** illustrent les composants en conduction pour une période T_d de fonctionnement du hacheur.

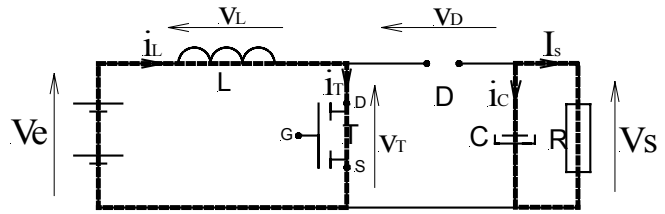


figure 3.a

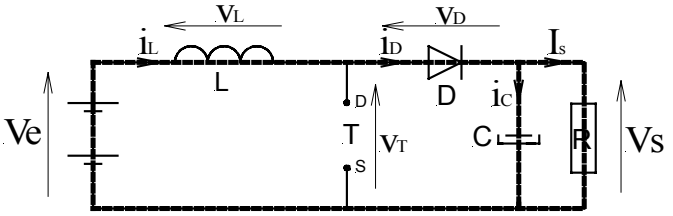


figure 3.b

Soit α le rapport du temps de conduction du transistor T sur la période T_d.

- Pour $0 < t \leq \alpha.T_d$: le transistor T est passant, l'inductance L emmagasine de l'énergie, i_L ↗ (**figure 3.a**) ;
- Pour $\alpha.T_d < t \leq T_d$: le transistor T est bloqué, l'inductance L restitue l'énergie stockée, i_L ↘ (**figure 3.b**).

A.1.2. Sur le document réponse DR1, représenter l'allure temporelle de v_T.

En déduire l'expression de $\overline{v_T}$ en fonction de α et Vs.

A.1.3. Des questions A.1.1. et A.1.2., écrire la relation $\frac{Vs}{Ve} = f(\alpha)$.

A.1.4. Application numérique

Le moteur de rotation du genou est de marque PORTESCAP et de référence 35NT2R82-426SP50 (**Annexe 1**).

Déterminer la valeur du rapport cyclique α pour que le moteur soit alimenté sous sa tension nominale.

A.2. Choix de la batterie

Lorsque le robot effectue un pas, la puissance moyenne absorbée par les moteurs et l'électronique de commande se décompose comme suit :

- 1ère étape du pas : 7,78 W pendant 150 ms ;
- 2ème étape du pas : 36 W pendant 270 ms ;
- 3ème étape du pas : 2,81 W pendant 600 ms ;
- Pendant la durée totale d'un pas, l'électronique de commande consomme 24 W.

On considérera la tension délivrée par la batterie constante et égale à 12 V.

A.2.1. Déterminer l'énergie fournie par la batterie durant un pas.

A.2.2. En déduire la puissance moyenne fournie ainsi que l'intensité moyenne débitée par la batterie quand le robot fait un pas.

A.2.3. Quelle devrait être la capacité totale Q en Ah de la batterie afin d'obtenir l'autonomie de 30 min spécifiée dans le cahier des charges ?

On prendra en compte l'intensité moyenne fournie par la batterie pendant un pas.

A.2.4. A l'aide de l'**annexe 2**, choisir la batterie à utiliser.

A.3. Calcul de l'énergie consommée.

Il est demandé (cahier des charges) de signaler l'état de charge de la batterie. Le dispositif permettant le calcul de l'énergie consommée est représenté **figure 4** :

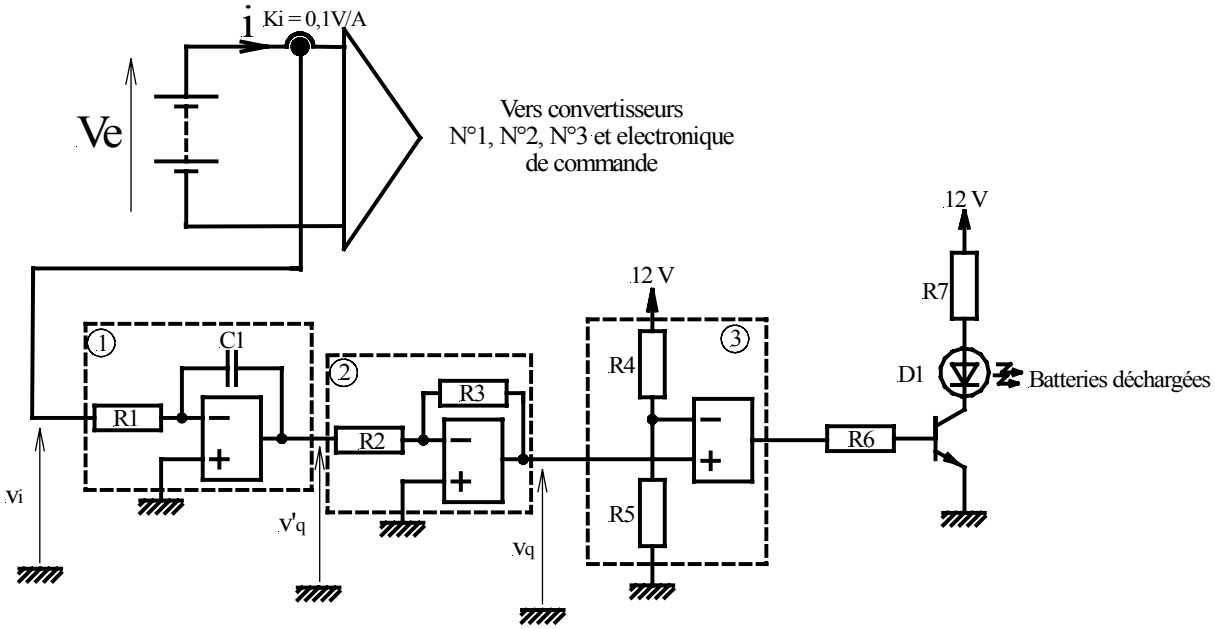


figure 4

Remarque : Les trois schémas de la **figure 4** sont des schémas de principe qui permettent une étude simplifiée du fonctionnement et une première estimation des grandeurs attendues.

A.3.1. Quelle est la fonction réalisée par chacun des trois montages encadrés en pointillés et référencés ①, ② et ③ ?

A.3.2. Donner l'expression de v_q en fonction de i, R1, R2, R3 et C1 si $v_i = K_i.i$.

A.3.3. Déterminer C1 pour que $v_q = 4,4$ V quand la batterie est totalement déchargée. On utilise une batterie dont la capacité, pour l'intensité moyenne calculée à la question A.2.2, est Q = 1,5 Ah avec R1 = 820 kΩ, R2=R3 et $V_{C1}(0) = 0$.

A.3.4. Déterminer la valeur de R5 pour que la diode électroluminescente s'allume pour $v_q = 4,4$ V si R4 = 10 kΩ.

Le robot fait deux pas, l'évolution temporelle de l'intensité du courant fourni par la batterie est représentée **figure 5**. De plus, après un cycle décharge-charge de la batterie, le condensateur C1 est totalement déchargé par un dispositif non représenté. C1 = 150 µF.

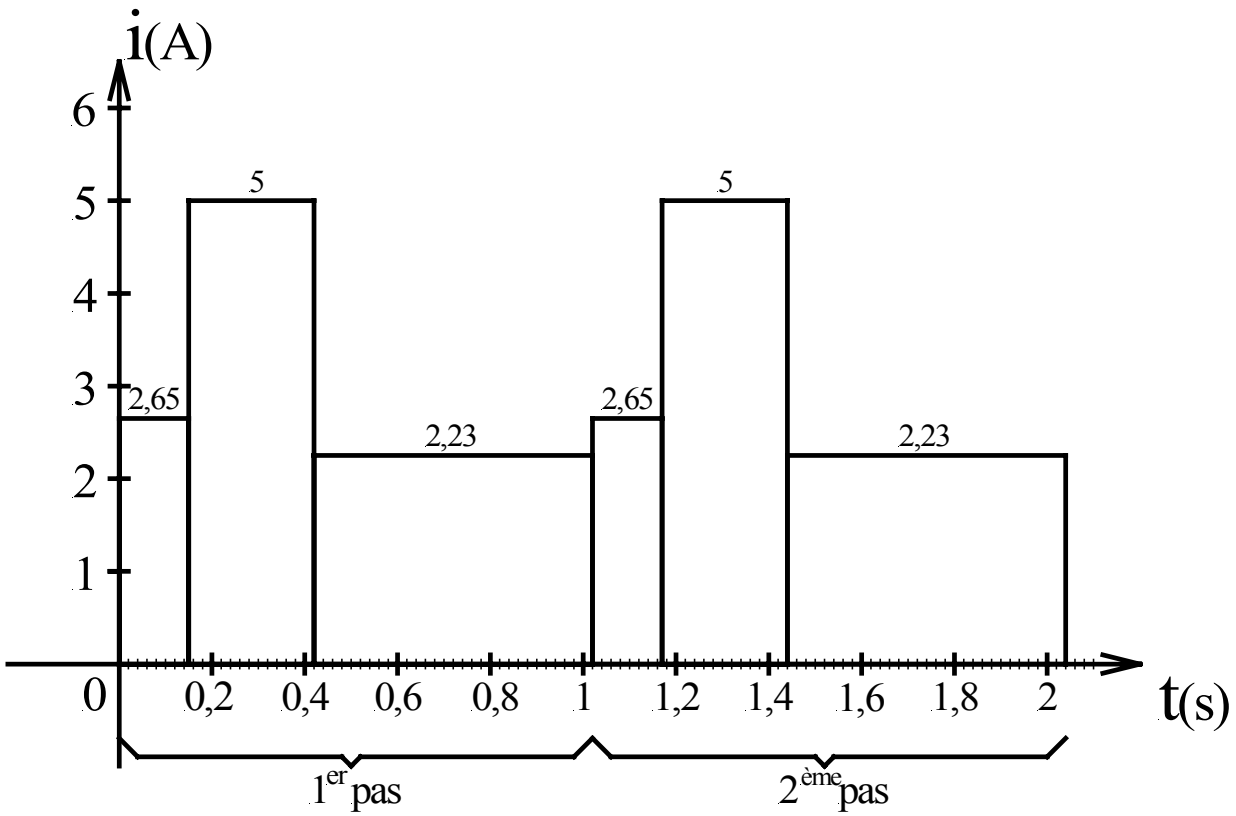


figure 5

A.3.5. Quelle serait la valeur de la tension v_q une fois les deux pas terminés si $v_q(0) = 0$ V ?

A.3.6. Sur le document réponse DR2, tracer l'évolution temporelle de la tension v_q durant les deux pas.

A.3.7. La longueur d'un pas faisant 417 mm, déterminer la vitesse du robot en km/h.

A.3.8. Quelle distance aura parcouru le robot jusqu'à la décharge totale de la batterie ($v_q = 4,4$ V) si sa trajectoire est rectiligne ?

B. CHOIX DE CODEUR – ASSERVISSEMENT DE POSITION

B.1. Choix de codeur

Le robot doit pouvoir tourner sur lui-même ; c'est le moteur de rotation de la hanche qui, par l'intermédiaire d'un réducteur, assure ce mouvement.
Le capteur de position nécessaire à l'asservissement est un codeur incrémental dont l'implantation est représentée schématiquement **figure 6**.

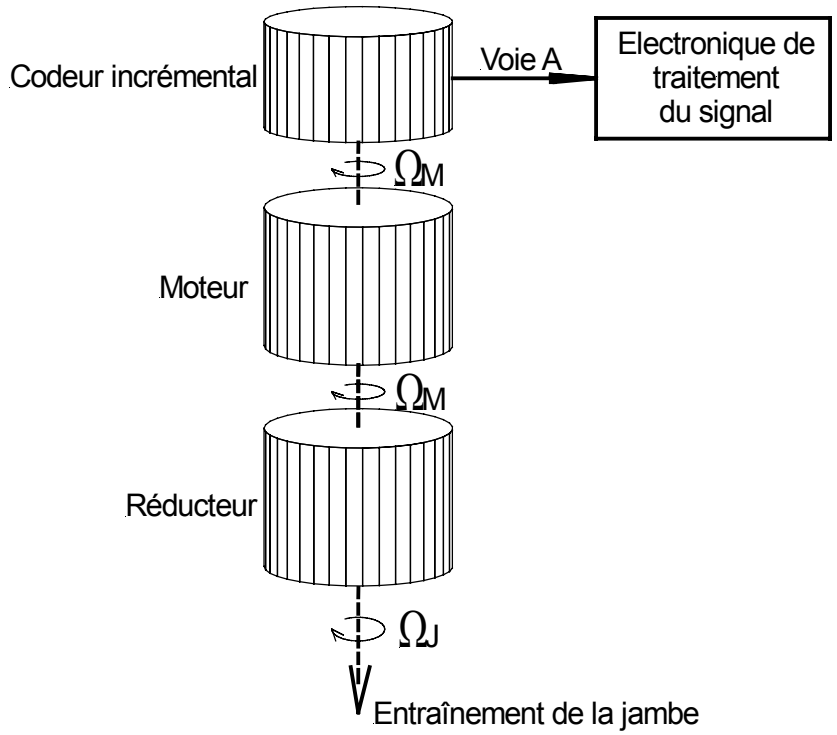


figure 6

Le moteur de rotation de la hanche est un Portescap 26N48-216E (**annexe 3**) et le réducteur associé est un Portescap M22-180.8 (**annexe 4**).
La précision P souhaitée pour θ (avec $\Omega_J = \frac{d\theta}{dt}$) est de 0,2 degré.

B.1.1. En vous aidant de l'**annexe 5**, déterminer le codeur à utiliser afin d'obtenir la précision souhaitée. Calculer alors la précision réelle Pr obtenue.

Après quelques essais, la précision est jugée insuffisante. Pour l'améliorer sans changer le codeur, on utilise les deux voies A et B du codeur. Une électronique de traitement (**figure 7**) élabore le signal S de résolution supérieure à celle du codeur seul.

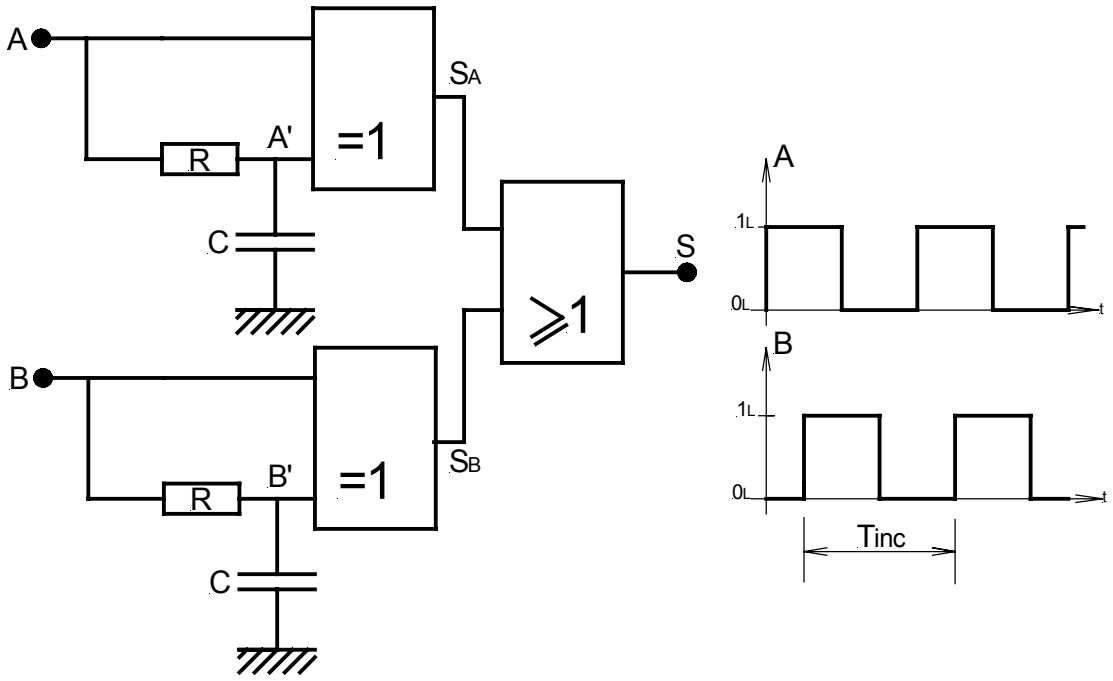


figure 7

Hypothèse : on considère que le passage de l'état bas à l'état haut, ou de l'état haut à l'état bas d'une entrée logique est réalisé au franchissement de la valeur Vcc/2 de la tension appliquée à l'entrée logique considérée.

B.1.2. En supposant $\frac{Tinc}{2}$ >> 5.R.C, sur le document réponse DR3, tracer le signal de sortie S.

B.1.3. Soit Pr' la nouvelle précision réelle obtenue. Déterminer la rapport Pr/Pr' correspondant au gain sur la précision.

B.2. Asservissement de position de la rotation de la hanche

Le diagramme fonctionnel de l'asservissement de position de la rotation de la jambe est donné **figure 8**.

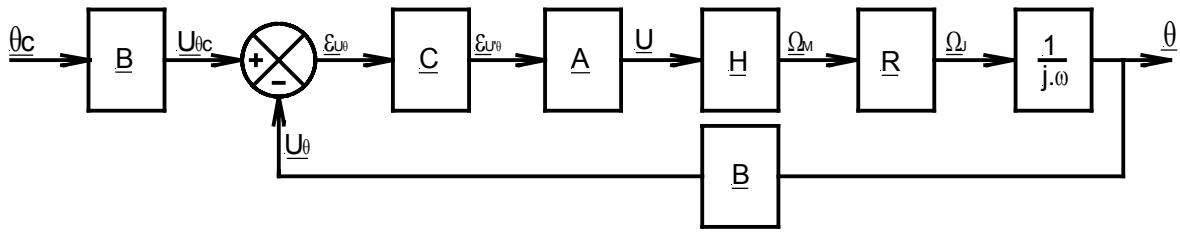


figure 8

Le capteur de position est constitué du codeur incrémental étudié dans la partie B, associé à un convertisseur « nombre d'impulsions/tension ». L'ensemble moto-réducteur est celui énoncé dans la partie B.1.

Données :

$\underline{B} = \frac{10}{2.\pi}$ V/rad ; $\underline{H}(j\omega) = \frac{\frac{1}{K}}{1+\tau.j.\omega}$ avec $\tau = \frac{Ri.J_T}{K^2}$ Ri : résistance de l'induit du moteur

J_T : Inertie totale ramenée sur l'arbre moteur

K : constante de couple du moteur.

$\underline{C} = 1$: correcteur ; $\underline{R}$: réducteur ; $\underline{A} = 3{,}2$: amplificateur de puissance.

B.2.1. Donner l'expression littérale de l'inertie totale J_T ramenée sur l'axe moteur en fonction de l'inertie du moteur J_M, l'inertie du codeur J_C, l'inertie de la jambe ramenée sur son axe de rotation J_J et R le rapport de réduction du réducteur. On considérera le réducteur parfait ($\eta_R = 1$).
En déduire la valeur numérique de J_T, si $J_J = 27{,}3.10^{-3}$ kg.m².

B.2.2. Le document réponse DR3 représente le diagramme fonctionnel de l'asservissement de position à retour unitaire. A l'aide de la **figure 8** et du document réponse DR3 exprimer :

B.2.2.1. $\underline{\varepsilon_{U\theta}} = f(\underline{\theta}, \underline{\theta c}, \underline{B})$

B.2.2.2. Compléter le document réponse DR3 afin que le diagramme fonctionnel soit équivalent à celui de la **figure 8**.

Après simplification le diagramme fonctionnel est celui donné **figure 9**.

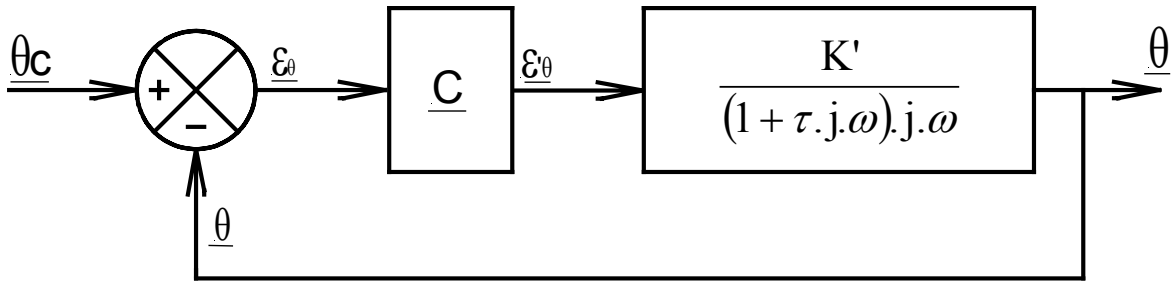


figure 9

B.2.3. Calculer la valeur numérique de K' et τ.

B.2.4. On notera $\underline{FTBO} = \frac{\underline{\theta}}{\underline{\varepsilon_\theta}}$ la fonction de transfert en boucle ouverte de l'asservissement de position de la jambe. On propose de placer un correcteur de type proportionnel $\underline{C} = K''$. Donner les expressions du module $|\underline{FTBO}|$ et de φ, la phase de $\underline{FTBO}$.

B.2.5. On souhaite imposer une marge de phase de $\frac{\pi}{4}$, déterminer ω_c la pulsation de coupure correspondante. Calculer le gain K " .

B.2.6. Pourquoi l'erreur statique est-elle nulle ?

En pratique, le signal issu du correcteur sera limité à +/- 10 V. En annexe 6 est représentée la réponse indicielle à un échelon $\theta c = \pi$ rad du système dont le diagramme fonctionnel est représenté **figure 10**.

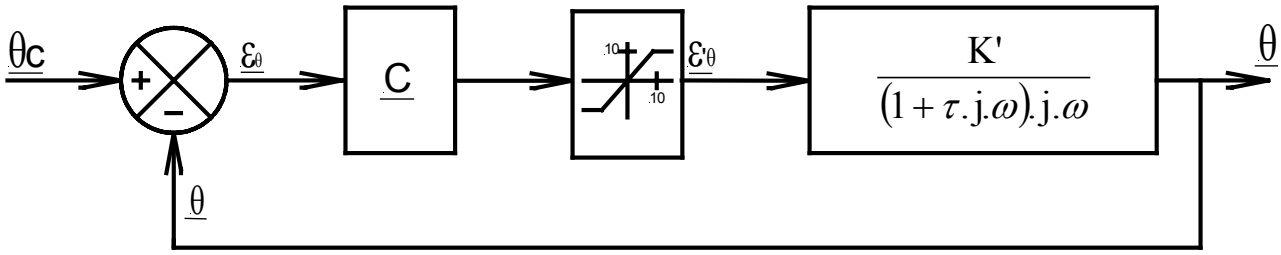
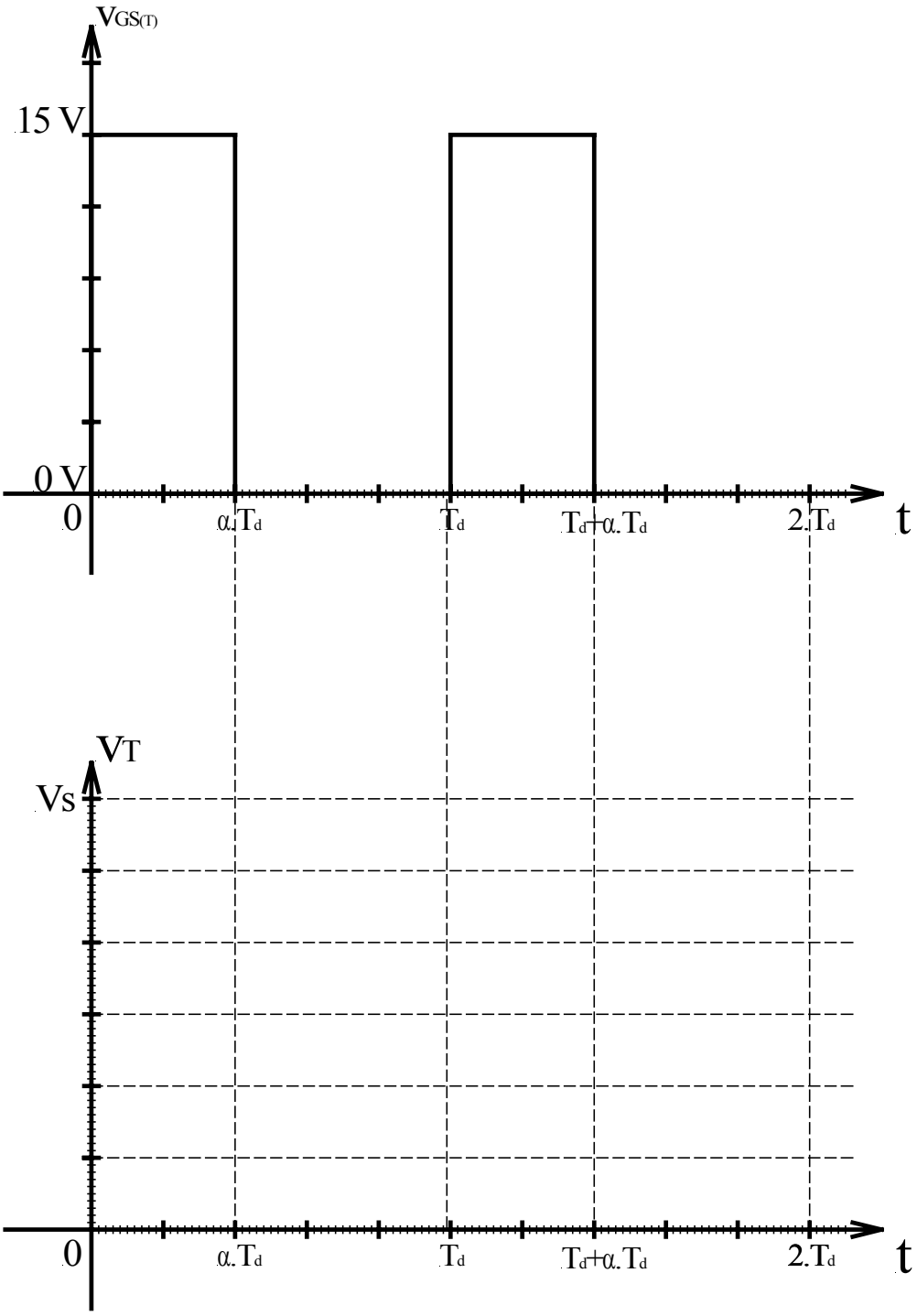


figure 10

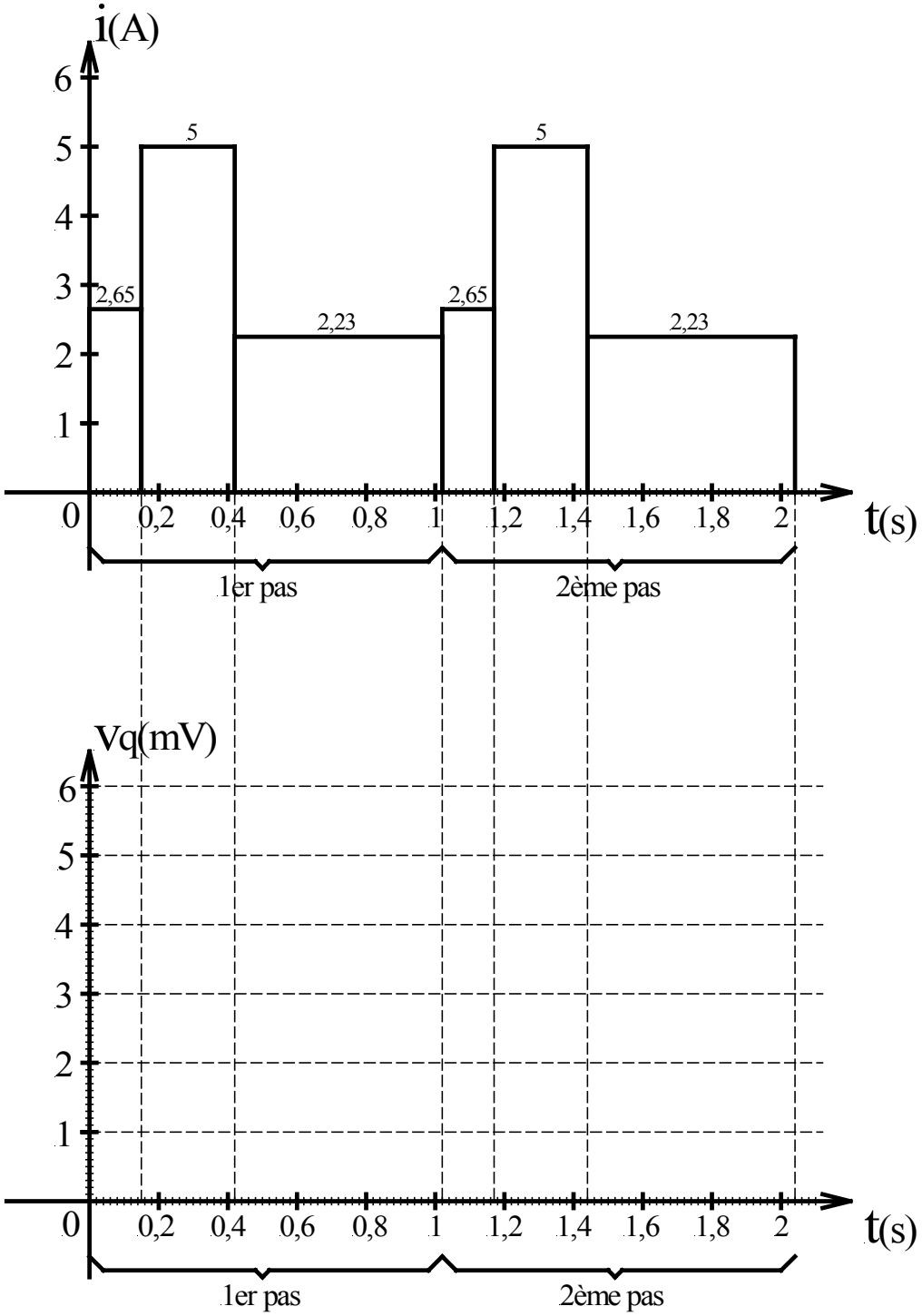
B.2.7. Commenter l'évolution de $\theta(t)$.

Fin de l'énoncé

Document Réponse DR1

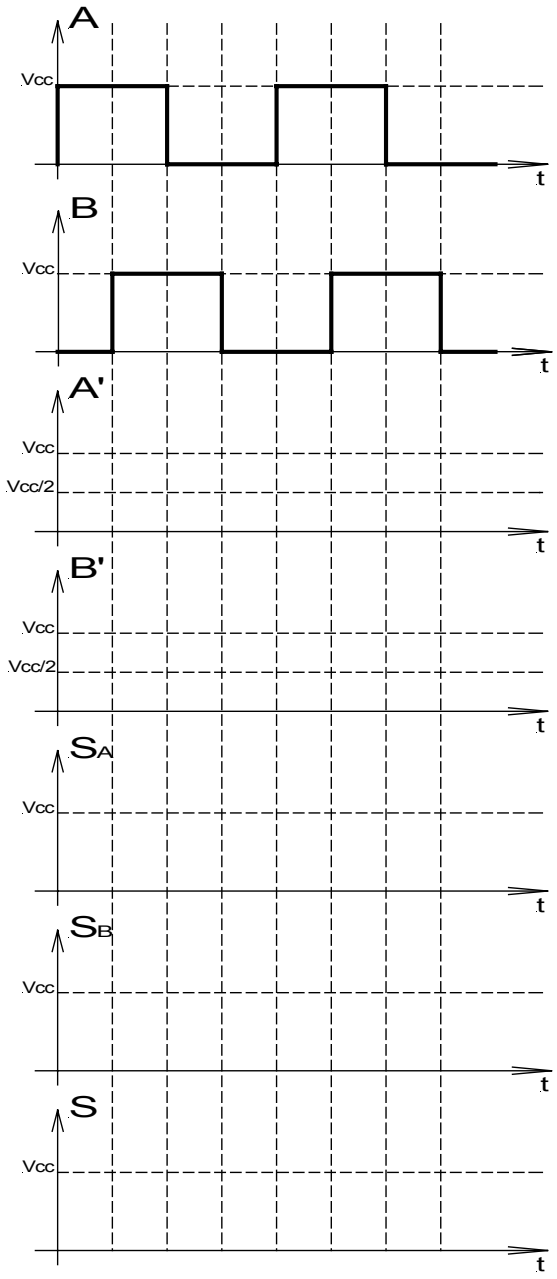


Document Réponse DR2

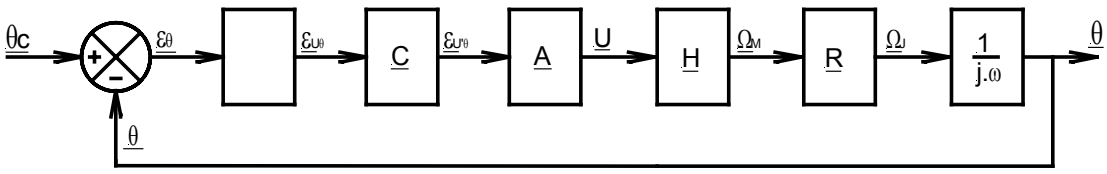


Document Réponse DR3

Question B.1.2.



Question B.2.2.



Annexe 1

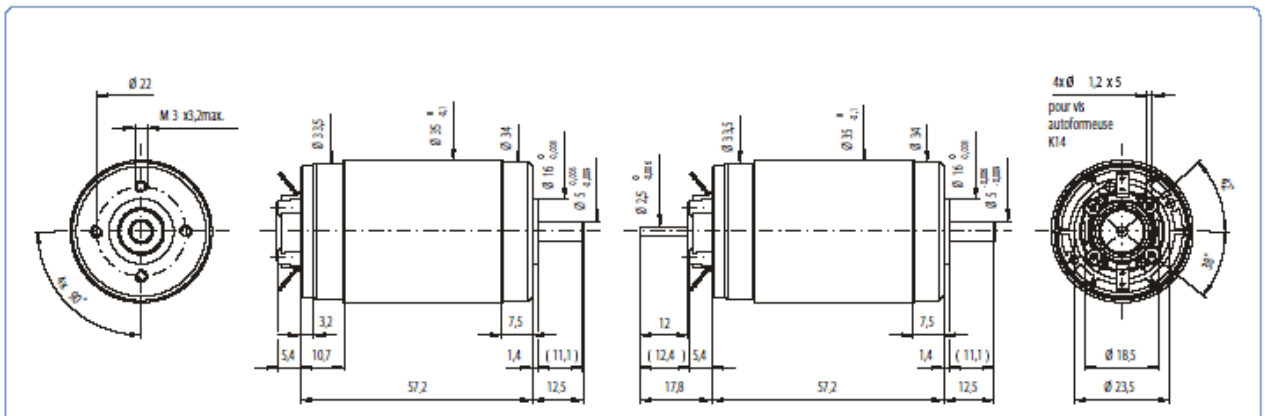
Brushed DC

102 Watt

Portescap

escap 35NT2R82

Precious Metal Commutation System - 9 Segments



Winding Type	◉◉	426P	426SP
Measured Values			
Measuring voltage	V	18	32
No-load speed	rpm	6700	5900
Stall torque	mNm (oz-in)	538 (76)	756 (107)
Average No-load current	mA	141	80
Typical starting voltage	V	--	--
Max. Recommended Values			
Max. continuous current	A	3.7	2.3
Max. continuous torque	mNm (oz-in)	90 (12.7)	115 (16.3)
Max. angular acceleration	10^3 rad/s2	90 (12.7)	12.5
Intrinsic Parameters			
Back-EMF constant	V/1000 rpm	2.65	5.40
Torque constant	mNm/A (oz-in/A)	25.4 (3.6)	52 (7.3)
Terminal resistance	ohm	0.85	2.20
Motor regulation R/k^2	$10^{3/Nms}$	1.3	0.83
Rotor inductance	mH	0.1	0.40
Rotor inertia	kgm^2 10-7	71.4	71.4
Mechanical time constant	ms	9	6

Annexe 2

Diagramme de sélection de capacité

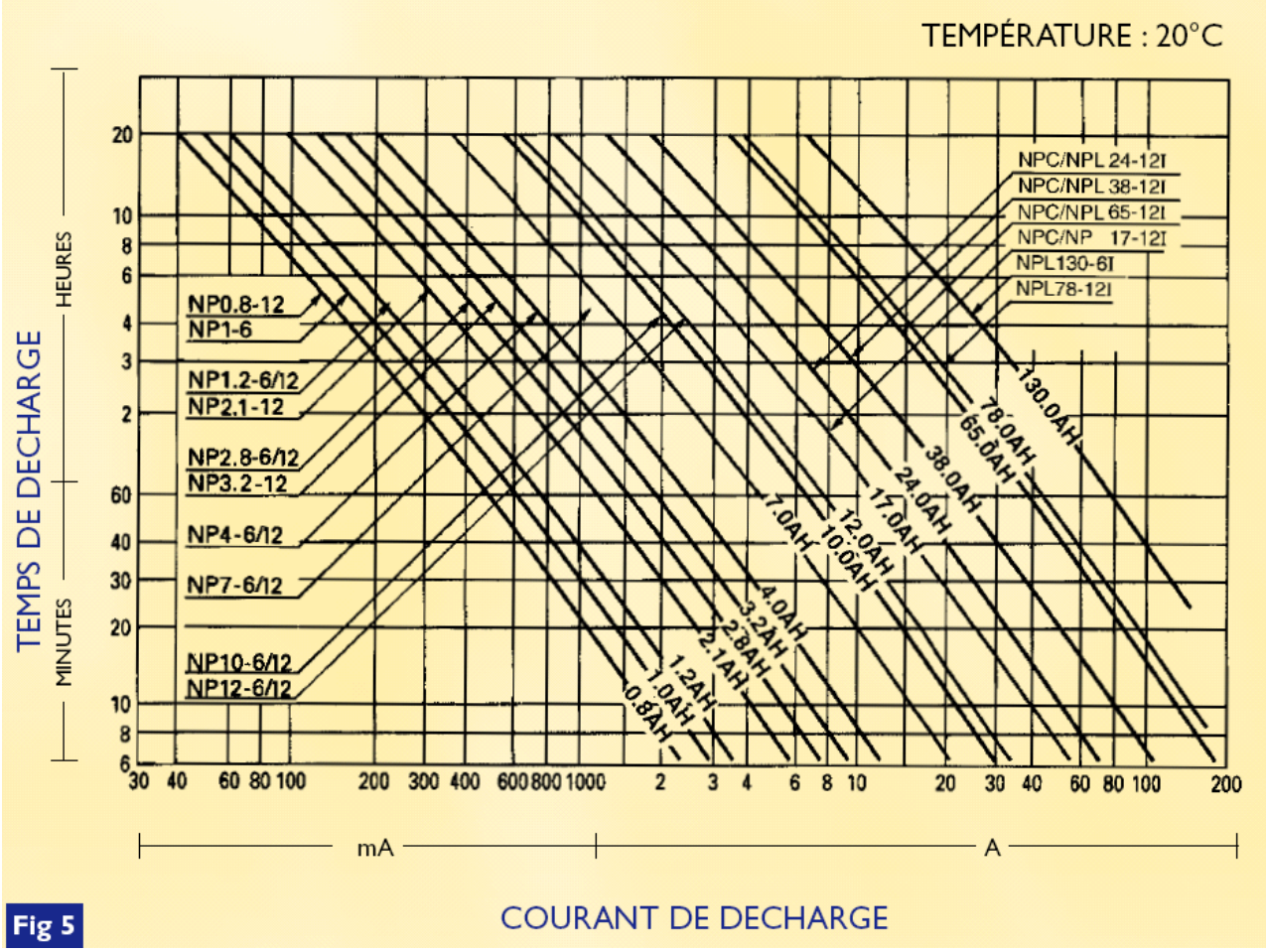
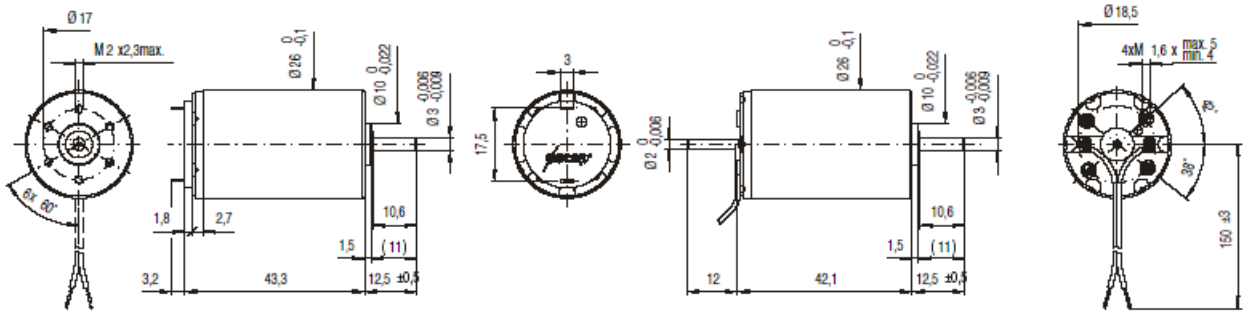


Fig 5

Annexe 3

escap 26N58/26N48 | Portescap | Brushed DC

Precious Metal Commutation System - 9 Segments | 5.7 Watt



dimensions in mm
mass: 114g

26N58 ⊙⊙ • 1

26N48 ⊙⊙ • 6

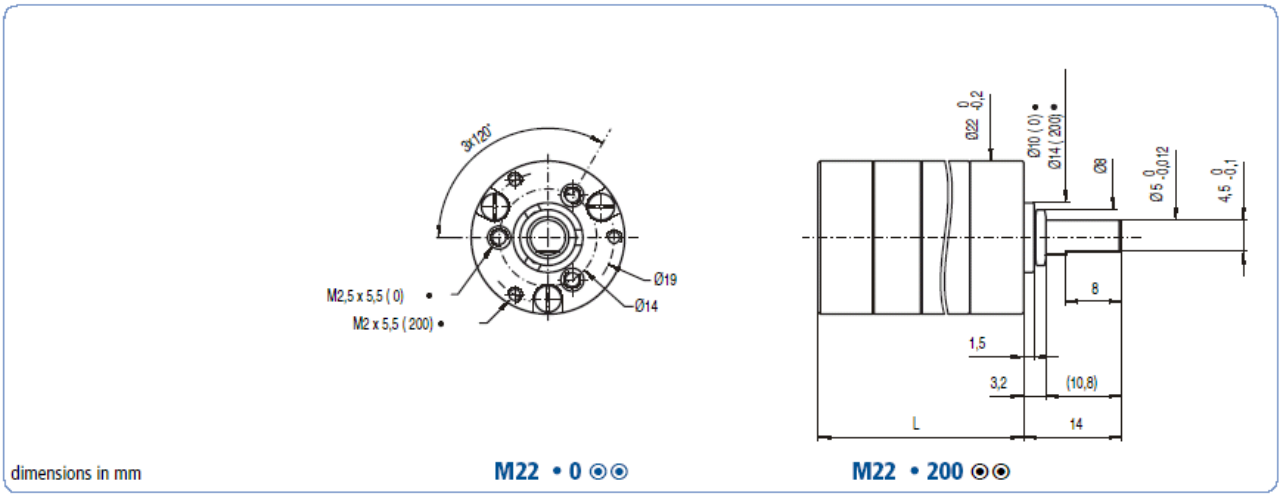
Winding Type	⊙⊙	-216P	-113P	-216E	-113	-110
Measured Values						
Measuring voltage	V	6	7.5	12	15	24
No-load speed	rpm	4500	5500	4700	5500	6700
Stall torque	mNm (oz-in)	29.6 (4.19)	25.5 (3.6)	28.6 (4.06)	25 (3.5)	25 (3.54)
Average No-load current	mA	31	30	16	15	12
Typical starting Voltage	V	0.08	0.1	0.15	0.2	0.28
Max. Recommended Values						
Max. continuous current	A	1.47	1.19	0.74	0.60	0.41
Max. continuous torque	mNm (oz-in)	17.9 (2.5)	15.7 (2.1)	17.3 (2.4)	15.1 (2.1)	13.3 (1.88)
Max. angular acceleration	10^3 rad/s²	119	100	115	100	89
Intrinsic Parameters						
Back-EMF constant	V/1000 rpm	1.29	1.35	2.5	2.7	3.5
Torque constant	mNm/A (oz-in/A)	12.3 (1.74)	12.9 (1.83)	23.9 (3.38)	25.8 (3.65)	33.5 (4.74)
Terminal resistance	ohm	2.5	3.8	10	15.2	32
Motor regulation R/k²	10^3/Nms	16	23	18	23	29
Rotor inductance	mH	0.2	0.3	0.8	1.1	1.7
Rotor inertia	kgm² 10-7	6	6	6	6.7	6
Mechanical time constant	ms	9.7	14	11	14	17

Annexe 4

escap M22 | **Portescap** | **Gearhead**

Planetary Gearhead

1.5 Nm

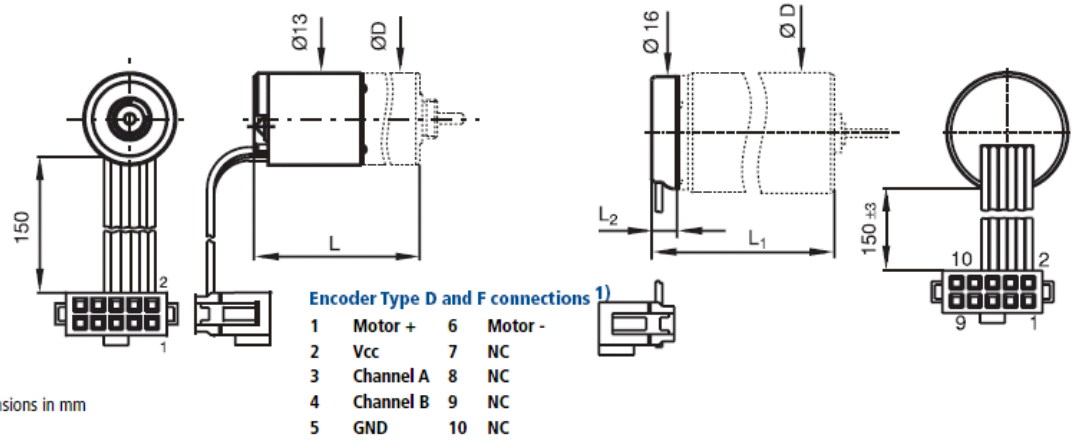


dimensions in mm

M22 • 0 ⊙⊙ **M22 • 200 ⊙⊙**

Ratio ⊙⊙	**3.67**	**5**	**13.4**	**18.3**	**25**	**49.3**	**67.2**	**91.7**	**125**	**180.8**	**246.5**	**336.1**	**458.3**	**625**	**903.8**
No. of gear stages	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
Direction of Rotation	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Mass (g)	26	26	33	33	33	40	40	40	40	47	47	47	47	47	54
Available with motor															
22N28 • 286/ 22N48 • 308															
22V28 • 201/22V48 • 204															
25GST82 • 1/2/3															
23V58 • 4/23V48 • 11															
26N58 • 5/26N48 • 9															
28L28 • 164 / 28L28 • 317															
28LT12•164															

Annexe 5



dimensions in mm

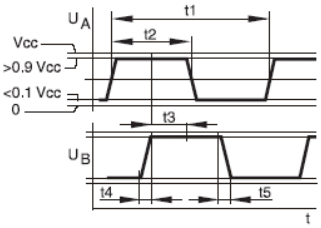
Encoder Type D and F connections 1)

1	Motor +	6	Motor -
2	Vcc	7	NC
3	Channel A	8	NC
4	Channel B	9	NC
5	GND	10	NC

Characteristics at 22 °C

			D	F
Number of pulses per rev			12;	16
Supply voltage	Vcc	V	5	3.5...15
Supply current	typical at 5 V	mA	4	6
Rise time	t4	µs	0.125	5
Fall time	t5	µs	0.05	0.2
Output signal 2)			Two channels / square wave in quadrature	
Electrical phase shift between U1 and U2	t3/t1 x 360	degree	90 ± 40	
Signal ratio 3)	t2/t1	%	50 ± 25	
Max. count frequency		kHz	10	15
Operating temperature range		°C	-20...+85	
Inertia		10^{-7} x kgm^2	0.1	
Measuring conditions	Temperature	°C	22	
	Supply voltage	V	5	
	Load resistance	Mohm	1	
	Load capacity	pF	25	

Typical Encoder Output Signal

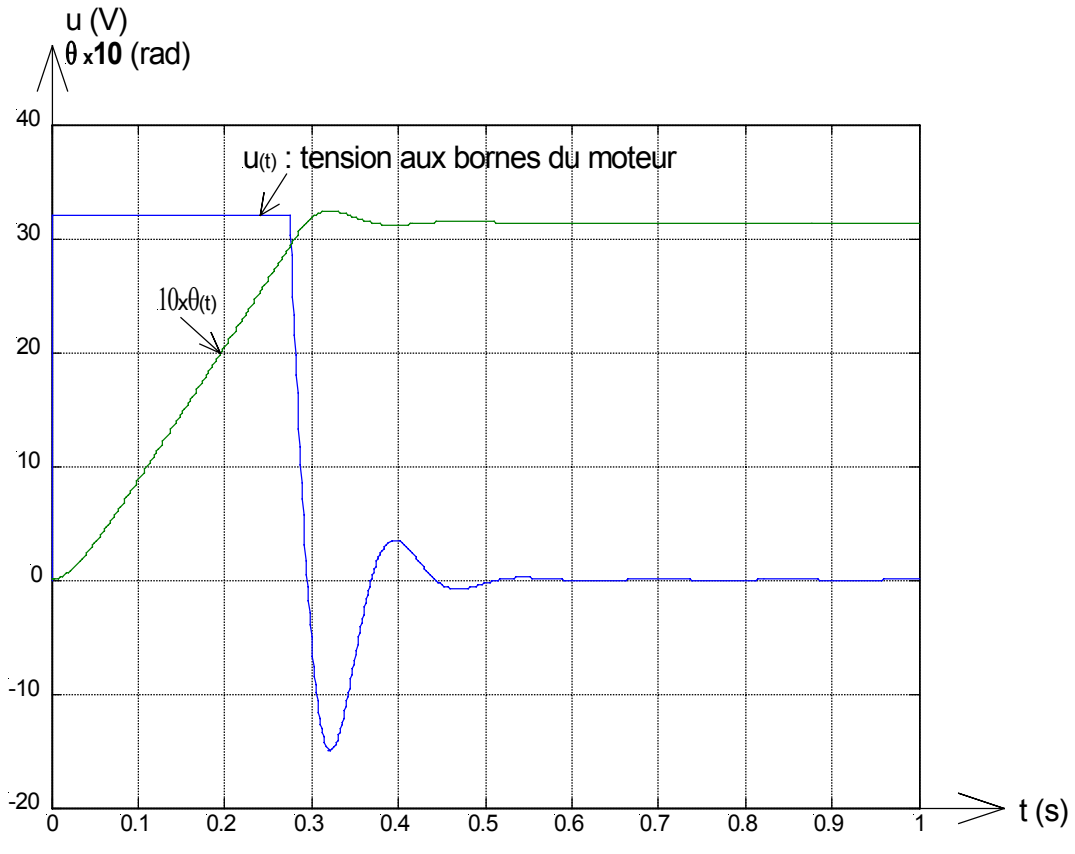


t1: Period
t2/t1: Signal ratio
t3: Phase shift
t4 Rise time
t5 Fall time

1) Connector Dupont type Quikie II or equivalent
2) Internal pull-up resistor: 10 kohm only available with the F type encoder
3) Over the entire frequency and temperature range

DANAHER MOTION is a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose.It is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2004 Danaher Motion.

Annexe 6


u (V)
θ x10 (rad)
40
30
20
10
0
-10
-20
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
t (s)
u(t) : tension aux bornes du moteur
10xθ(t)

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Circuits électriques dans l'ARQS
- Amplificateur linéaire intégré, stabilité et rétroaction
- Régimes transitoires
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Électronique numérique

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi