

MOTEURS ELECTRIQUES : MCC + HACHEUR



INSTRUCTIONS PERMANENTES DE SÉCURITÉ



1. Avant toute mise sous tension, le professeur vérifie le montage et contrôle le calibrage des appareils de mesure.
2. La mise sous tension et hors tension du poste (consignation, déconsignation) est effectuée en présence du professeur.
3. Toute intervention nécessitant l'ouverture d'un circuit électrique (installation d'un appareil) est effectuée hors tension.
4. Pendant la phase où le poste est sous tension, l'élève travaille sans modifier le câblage du circuit (relevés de mesures ...).
5. En cas de problèmes sur un poste de travail voisin, vous devez impérativement couper l'alimentation du poste en activant le bouton d'arrêt d'urgence le plus proche.



**C'EST LE PROFESSEUR QUI DONNE, APRÈS AVOIR
PROCÉDÉ À LA CONSIGNATION DU POSTE,
L'AUTORISATION DE DÉMONTAGE**



Informations



Pendant le TP, vous devez faire preuve d'autonomie concernant le choix de vos appareils (multimètre, sondes, pince multifonctions, oscilloscope...).
Vous devez rédiger un compte rendu par élève.

Objectifs

Les objectifs de l'activité sont :

- ✓ Etude d'une machine à courant continu à vide et au point nominal
- ✓ Transfert énergétique
- ✓ Modulation d'énergie, le HACHEUR :
 - Partie expérimentale
 - Partie simulation

Le moteur à courant continu à excitation séparée ou à aimants permanents

Autrefois très utilisé pour sa facilité de commande en variation de vitesse et sur une large gamme, le moteur à courant continu se voit remplacé par le moteur synchrone ou le moteur asynchrone à commande vectorielle de flux.

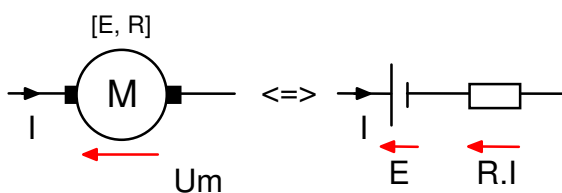
Aujourd'hui, économiquement moins intéressant, le moteur à courant continu trouve donc sa place dans des applications spécifiques :

- ✓ Contrôles permanents des charges entraînant (couple à vitesse nulle) ;
- ✓ Autonomie électrique (chariot de manutention, voiture électrique...).
- ✓ Couple important à basse vitesse (traction, enrouleur/dérouleur...)

<https://www.youtube.com/watch?v=vg889-zzqAs>

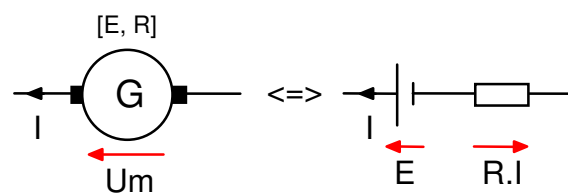
Equations électriques

Fonctionnement moteur :



$$\overline{U_m} = E + R \cdot \overline{I}$$

Fonctionnement générateur :



$$\overline{U_m} = E - R \cdot \overline{I}$$

Caractéristiques électromécaniques :

$$E = K_e \cdot \Omega$$

E : fem en Volt.

Ω : vitesse angulaire en rd/s.

$$C = K_t \cdot I$$

C : Couple en Nm

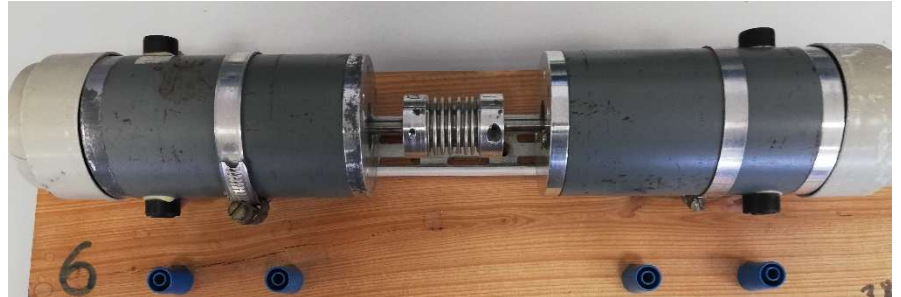
K_e / K_t : constante du moteur

Le courant est donc l'image du couple de la machine

La tension est l'image de sa vitesse de rotation.

1. MESURES sur BANC MCC – 1h20

Vous disposez d'une maquette « BANC DE CHARGE » intégrant un moteur à courant continu associé à une génératrice. Annexe 1 ou équivalent



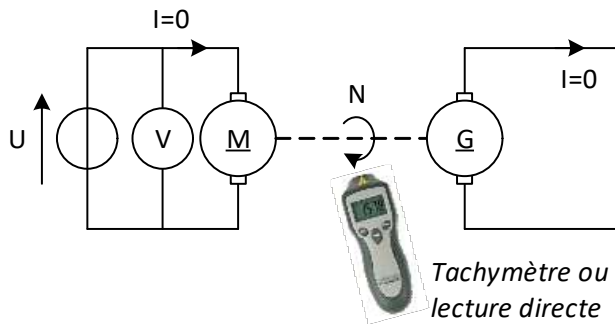
1.1. Etude des caractéristiques

- Q1.** Selon votre moteur, à l'aide de l'annexe 1 ou 3, donner les principales caractéristiques que vous pouvez relever, avec leurs unités :
- Tension d'alimentation U_m
 - Courant nominal I_m ,
 - Vitesse de rotation nominale N_n ou RPM
 - Puissance nominale P_n
 - Couple nominal
 - Rendement maximal
- Q2.** Relever ou calculer la constante de fem K_e et la constante de couple K_t . Convertir éventuellement en unité SI, K_e en V/tr/min et K_t en mNm/A.
- Q3.** En prenant une tension d'alimentation $U_{alim} = 24VDC$, déterminer la vitesse de rotation maximale N_0 en tr/min à vide.
- Q4.** De la même manière, pour un couple de 23 mNm, calculer le courant absorbé I_a .

1.2. Mesures à vide

Q5. A partir du modèle équivalent de la MCC, si le courant qui traverse l'induit est nul ($I=0$), que devient la tension aux bornes de la résistance de l'induit ($R.I$) ? Quelle tension est alors présente aux bornes de l'induit ?

Q6. Réaliser le montage suivant :



APPELER LE PROFESSEUR POUR VERIFICATION

Q7. Pour différentes valeurs de U entre 0 et 24 V, mesurer la force électromotrice $U=E$ (en V) et la vitesse de rotation N (en tr/min), par lecture directe sur le voltmètre et le tachymètre. Consigner vos mesures dans un tableur.



METTRE HORS TENSION

Q8. Tracer alors la courbe $E = f(N)$. Imprimer la courbe dans votre compte-rendu (ou effectuer le tracé à la main).

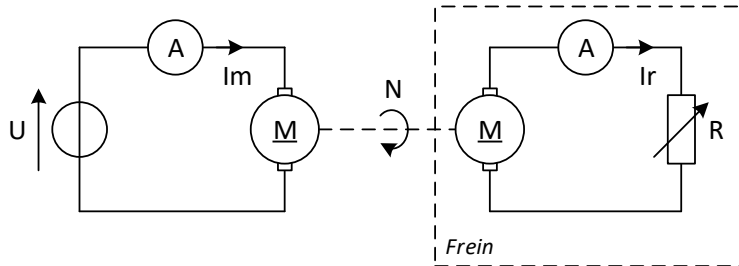
Q9. Que dire de l'évolution de la force électromotrice E par rapport à la vitesse de rotation N ?

Q10. Estimer la valeur de la constante de force électromotrice K_e (en $V/tr.min^{-1}$). Conclure par rapport à la donnée constructeur.

1.3. Etude en charge

Nous allons maintenant utiliser un des deux moteurs pour freiner l'autre.

Q11. Réaliser le montage suivant :



Dans ce montage, le courant I_r imposé par la résistance R , fixe la puissance demandée au « Frein ». Cette puissance se traduit par un couple demandé au moteur.

ATTENTION : Un rhéostat 16 ou 24 Ω sera utilisé comme résistance de charge. Vérifier qu'il supporte au moins 1 A.



APPELER LE PROFESSEUR POUR VERIFICATION

Q12. Pour $U = 24 \text{ V}$, et pour différentes valeurs de I_r (ne doit pas dépasser 1A), relever :

- le courant consommé I_m (I_m ne doit pas dépasser 0,7A ou 1,1A selon le modèle).
- relever ou estimer, selon le modèle, le couple C_m en mNm
- la vitesse de rotation N (en tr/min).

Consigner vos mesures dans un tableur.



METTRE HORS TENSION

Q13. Tracer alors la courbe $I_m = f(C_m)$. Imprimer la courbe dans votre compte-rendu.

Q14. Que dire de l'évolution du courant consommé par le moteur I_m par rapport au couple qui lui est demandé ?

Q15. Comment évolue la vitesse de rotation du moteur en fonction du couple qui lui est demandé ?

Q16. Estimer la valeur de la constante de couple K_t (en mNm/A). Conclure par rapport à la donnée constructeur.

Q17. Déterminer le rendement du moteur η pour $I = 1 \text{ A}$.

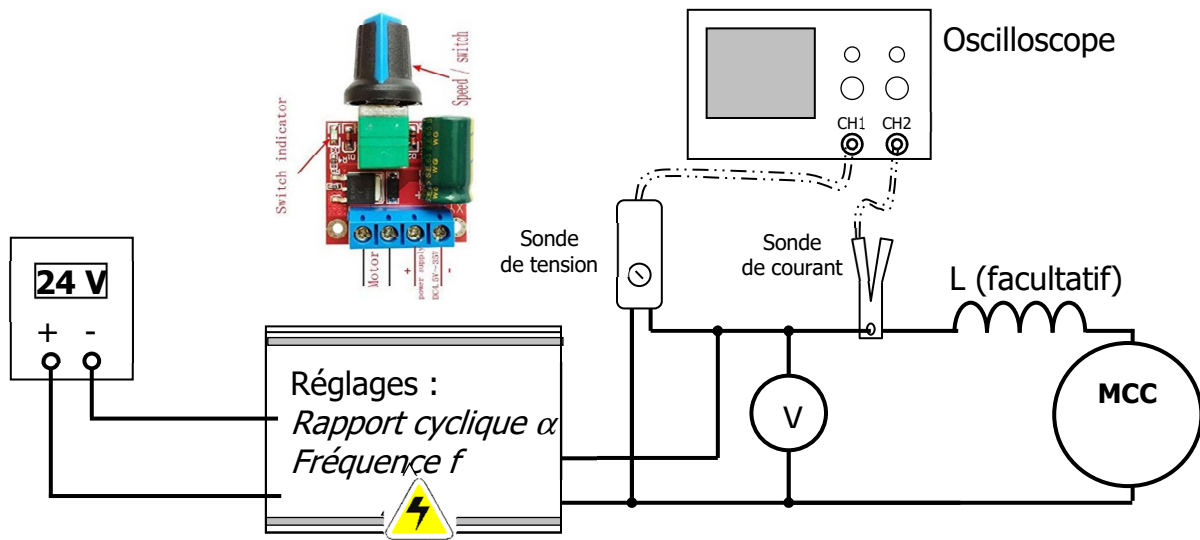
2. HACHEUR MCC – ETUDE EXPERIMENTALE – 1h20

Vous disposez d'un convertisseur DC/DC, un hacheur, VISSQH DC 6V à 35V-5A PWM variable, à fréquence fixe d'environ $f = 20$ KHz.



2.1. Schéma de montage

On souhaite étudier le fonctionnement d'un hacheur utilisé pour alimenter un moteur à courant continu selon le schéma ci-dessous.



2.2. Etude à vide et tracé

Q18. Réaliser le montage complet en raccordant les 4 fils du hacheur (U+/U-, Um+ et Um-). Préparer une sonde tachymétrique qui permettra de relever la vitesse de rotation N du moteur.



APPELER LE PROFESSEUR POUR VERIFICATION

Q19. Alimenter progressivement la partie puissance du hacheur à $U_+ = 24V$.

Q20. Pour $\alpha = 60\%$, visualiser et relever la tension $u_m(t)$ et le courant $i_m(t)$ pour 2 périodes en régime établi. Indiquer sur les oscillogrammes les valeurs moyenne de tension et courant (tenir compte des calibres utilisés sur les sondes).

2.3. Vitesse en fonction du rapport cyclique

Q21. Visualiser $u_m(t)$ et $i_m(t)$ pour différentes valeurs du rapport cyclique α . Relever alors la tension V_{moy} à l'aide du voltmètre ou à l'oscilloscope, ainsi que la vitesse N pour les 3 cas suivants : $\alpha = 0,25$; $0,5$; $0,75$.

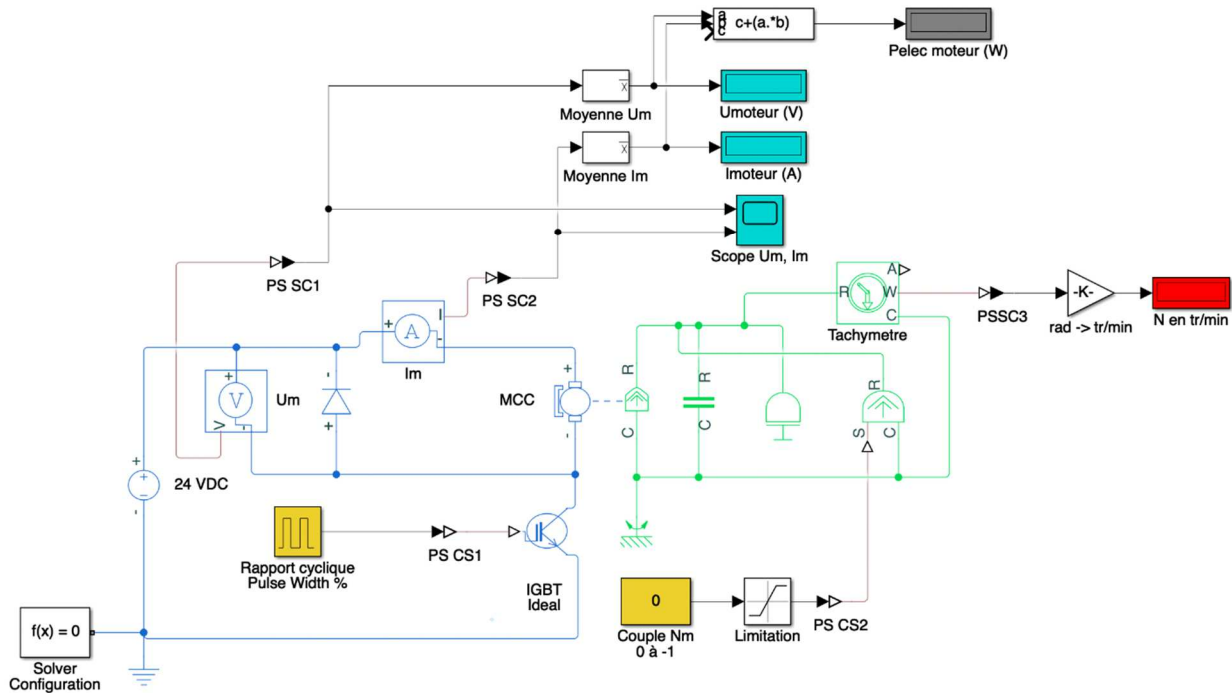
Q22. Tracer à l'aide d'un tableur la courbe $V_{smoy} = f(\alpha)$ et $N = f(\alpha)$. Commenter.

Q23. Conclure sur l'efficacité et la simplicité de commande de variation de vitesse d'une MCC.

3. HACHEUR MCC – SIMULATION – 1h20

3.1. Présentation générale

On souhaite étudier le fonctionnement d'un hacheur utilisé pour alimenter un moteur à courant continu. L'étude est réalisée à l'aide du logiciel de simulation Matlab/Simulink et du modèle ci-dessous :



3.2. Etude à vide

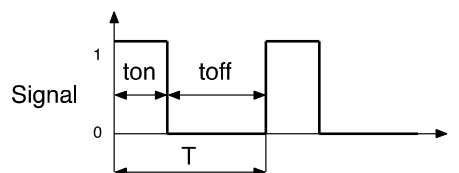
Q24. Télécharger le fichier "TP_Hacheur_MCC_SIM.slx" fourni sur le serveur ou clé USB. Enregistrer le fichier dans votre espace personnel. Ouvrir avec le fichier avec Matlab/Simulink.

Q25. Identifier le composant qui permet de "hacher" la tension aux bornes du moteur. Identifier l'élément qui permet de commander ce composant. Déterminer, à partir des caractéristiques de cet élément, la fréquence de fonctionnement du hacheur en kHz.

Q26. Régler le couple à 0 Nm. Effectuer une simulation et vérifier la fréquence de fonctionnement du hacheur à l'aide du scope disponible. Déterminer la valeur du rapport cyclique α du signal dans ce cas.

Rappel :

$$\alpha = \frac{t_{on}}{T}$$



ton : Temps de conduction.
toff : temps de non conduction.
T : période du signal.
 α : Rapport cyclique.

Q27. Sur un tableur de type Excel, préparer le tableau suivant :

α (%)	U_m (V)	N (tr/min)
0,01		
20		
99,99		

À l'aide de la simulation, compléter votre tableau avec les valeurs demandées.

À l'aide du tableur, tracer les caractéristiques $U_m = f(\alpha)$ et $N = f(U_m)$.

Conclure sur la forme de la courbe et le lien entre N et α !.

Q28. Pour $\alpha = 75$ %, visualiser à l'aide du scope disponible la tension $u_m(t)$ et le courant $i_m(t)$ pour 2 périodes en régime établi. Relever U_{moy} , I_{moy} , P et N .

Commenter les courbes obtenues.



FAIRE VALIDER PAR LE PROFESSEUR

3.3. Etude en charge

Q29. Régler le couple à - 0,5 Nm.

Toujours pour $\alpha = 75$ %, visualiser à l'aide du scope disponible la tension $u_m(t)$ et le courant $i_m(t)$ pour 2 périodes en régime établi. Relever U_{moy} , I_{moy} , P et N .

Q30. Commenter les courbes et notamment la valeur de la vitesse et du courant.



FAIRE VALIDER PAR LE PROFESSEUR

Q31. Reprendre les questions pour un couple réglé à + 0,5 Nm.

Conclure sur la réversibilité de cette machine par couple entrainant...

ANNEXE 1

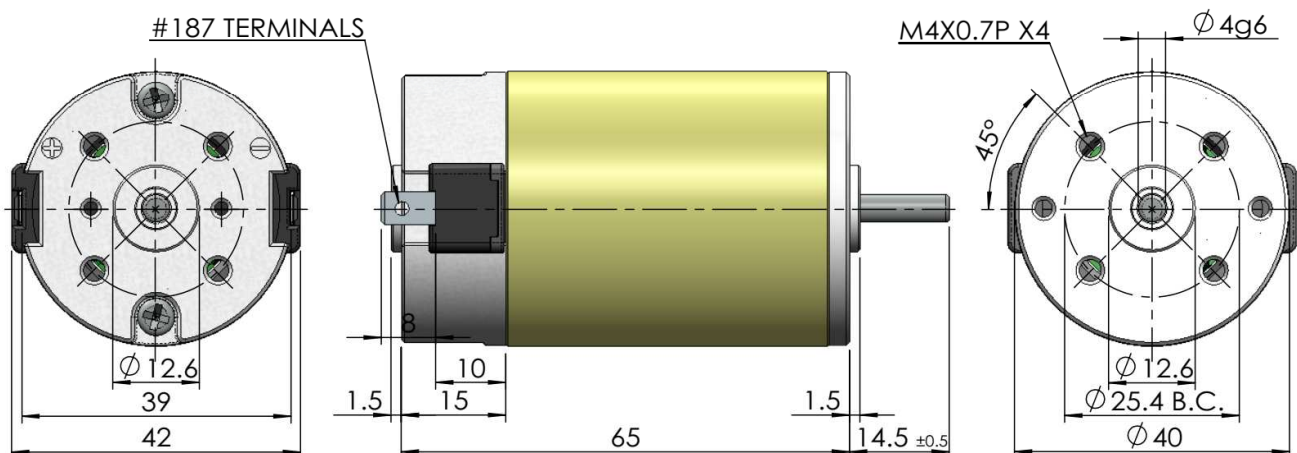

DC Motor
7E4065B-28Y

-Available with gearheads of GBP30/GBP41/GBN50/GBS70 Series

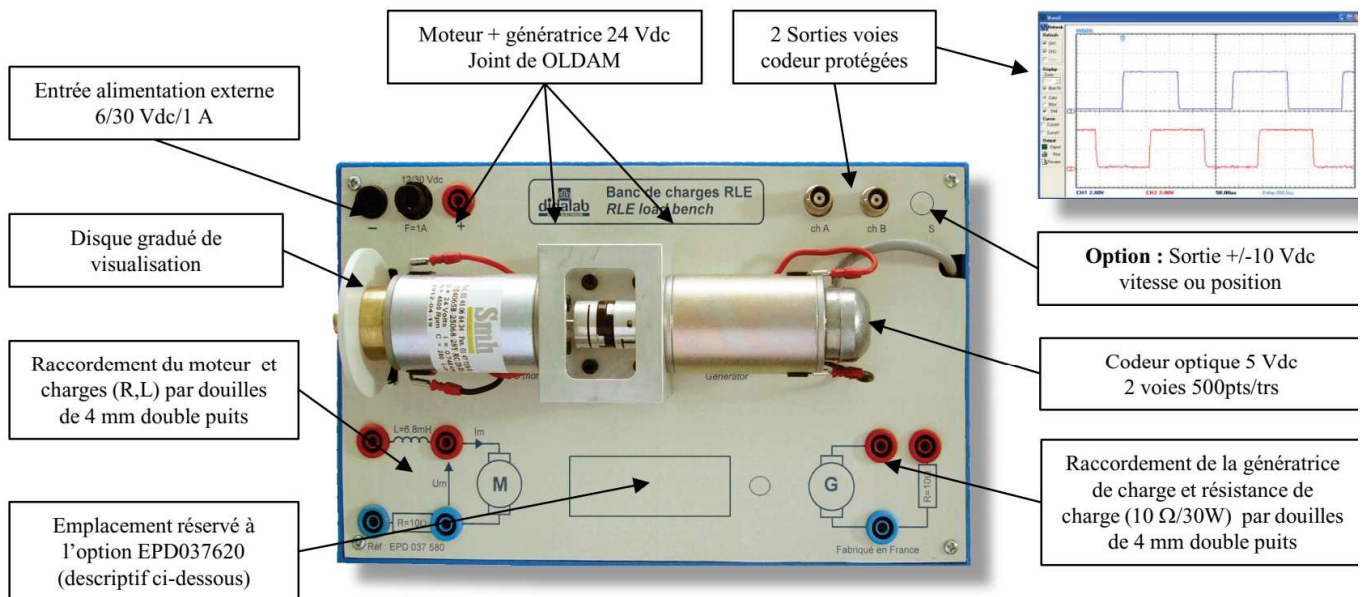
- Armature Inertia : 0.043 kg-cm Motor Weight : 280 grams

Winding	Volt	No Load		Rated at Max. Eff.					Stall		Peak O/P	Rt	La	Kt	Ke
Part Nos.	V DC	mA	RPM	G-Cm	RPM	mA	%	Watts	G-Cm	mA	Watts	Ω	mH	Kg-Cm/A	V/K RPM
17145	12	40	1230	108	970	154	58.06	1.08	510	580	1.61	20.69	16.90	0.94	9.70
19115	12	52	1470	130	1180	221	59.43	1.58	660	910	2.49	13.19	10.60	0.77	7.70
21095	12	62	1800	144	1476	292	62.29	2.18	800	1340	3.70	8.96	7.25	0.63	6.30
23080	12	70	2150	151	1789	364	63.45	2.77	900	1825	4.97	6.58	5.10	0.51	5.30
25068	12	102	2550	182	2122	511	64.70	3.97	1085	2540	7.10	4.72	3.77	0.45	4.50
27058	12	106	3000	185	2538	608	66.12	4.82	1200	3360	9.24	3.57	2.70	0.37	3.80
29050	12	130	3500	202	2968	763	67.23	6.16	1330	4300	11.95	2.79	2.00	0.32	3.30
32042	12	155	4200	223	3611	987	69.80	8.27	1590	6090	17.15	1.97	1.40	0.27	2.78
35035	12	210	4850	233	4114	1235	66.45	9.84	1535	6960	19.11	1.72	0.92	0.23	2.35
37030	12	245	5700	253	4899	1588	66.80	12.73	1800	9800	26.34	1.22	0.72	0.19	1.98
40026	12	300	6500	283	5614	2026	67.11	16.32	2077	12970	34.66	0.93	0.54	0.16	1.72
15185	24	36	1900	151	1545	160	62.36	2.40	808	700	3.94	34.29	28.50	1.22	12.00
17145	24	43	2420	175	2024	229	66.21	3.64	1070	1180	6.65	20.34	16.90	0.94	9.70
19115	24	60	3030	206	2556	334	67.52	5.41	1317	1810	10.25	13.26	10.60	0.75	7.70
21095	24	68	3750	222	3216	428	71.34	7.33	1560	2600	15.02	9.23	7.25	0.62	6.30
23080	24	85	4400	242	3808	555	71.08	9.47	1800	3580	20.33	6.70	5.10	0.52	5.30
25068	24	110	5200	280	4500	745	72.34	12.94	2080	4830	27.77	4.97	3.77	0.44	4.50
27058	24	122	6100	287	5348	911	72.12	15.76	2328	6520	36.46	3.68	2.70	0.36	3.80
29050	24	150	7100	303	6233	1119	72.23	19.39	2480	8080	45.21	2.97	2.00	0.31	3.30
32042	24	180	8500	350	7593	1500	75.82	27.29	3280	12550	71.58	1.91	1.42	0.27	2.78

2014-09



ANNEXE 2



Option mesures EPD037620, caractéristiques techniques :

L'option mesure EPD0376200 est intégrée dans le boîtier EPD037580, elle doit être de préférence commandée d'origine.

Un microcontrôleur ARM3 Cortex associé à un afficheur 2 lignes ACII 16 caractères et un potentiomètre numérique avec appui de validation gère ; l'IHM utilisateur, le réglage des paramètres ainsi que les sécurités courant et tension du moteur.

Fonctionnalités :

- Mesure de vitesse & réglable du gain sur la sortie analogique « S »,
- Mesure de couple** (pour les TP de rendement),
- Mesure de position, réglable du gain sur la sortie analogique « S »,
- Mesure de Courant et Tension instantanés,
- Mesure de puissance instantanée,
- Mesure de courant et tension moyens,
- Mesure de puissance moyenne,
- Surveillance permanente de la tension et du courant d'alimentation du moteur et coupure de l'alimentation en cas de dépassement de l'un de ces deux paramètres (30 Vdc, 3A).



= EPD 037620 =
Mesure Vitesse

-> <i>=0,168 A
<u>=14,988 V

Res: 10=10 tr
Pos= -36,32 tr

Res: 10=500tr/mn
Vit=1765tr/mn

Couple = 24,15 mN.m
Vit=1765tr/mn

**Le couple est calculé à partir du courant moteur (kI)

ANNEXE 3



Permanent-Magnet DC Motor

Type: **DH-2250-AU-1-Litton**

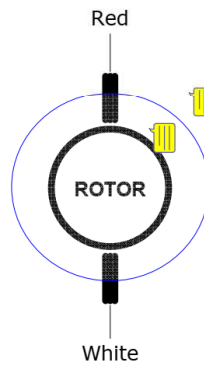


<http://www.casa.co.nz>

Edition: 10/08/2011

General Data

Brand: Litton (Clifton-Precision - USA)
OEM #: 0994546-0001 (Texas 810/820)
96214-994206-1 (?)
Frame: Similar to NEMA 23 but all round
Volts: 24 dc (nominal)
Current: 1,1 Amp (10?A peak)
Output: 20 Watts (nominal)
RPM: 3100 @ 24V $K_e = 7,74 \text{ V/1000 tr/min}$
Torque: 63,7 mNm @ 1,1 A (xx oz.in.)
Rating: continuous
Resistance: 11,3 Ohms / phase (nominal)
Wires: 2 wire - 3/16" QC (100mm nominal)
Shaft: 6.35 mm dia x 30mm long
Shaft-Detail: Plain (optional wire-pulley)
Size: 58 dia x 135mm (nominal)
Weight: 1.085kg



NOTICE - the information on this page is not guaranteed for accuracy - CASA accepts no responsibility (expressed or implied) for any errors or the consequence therefrom.