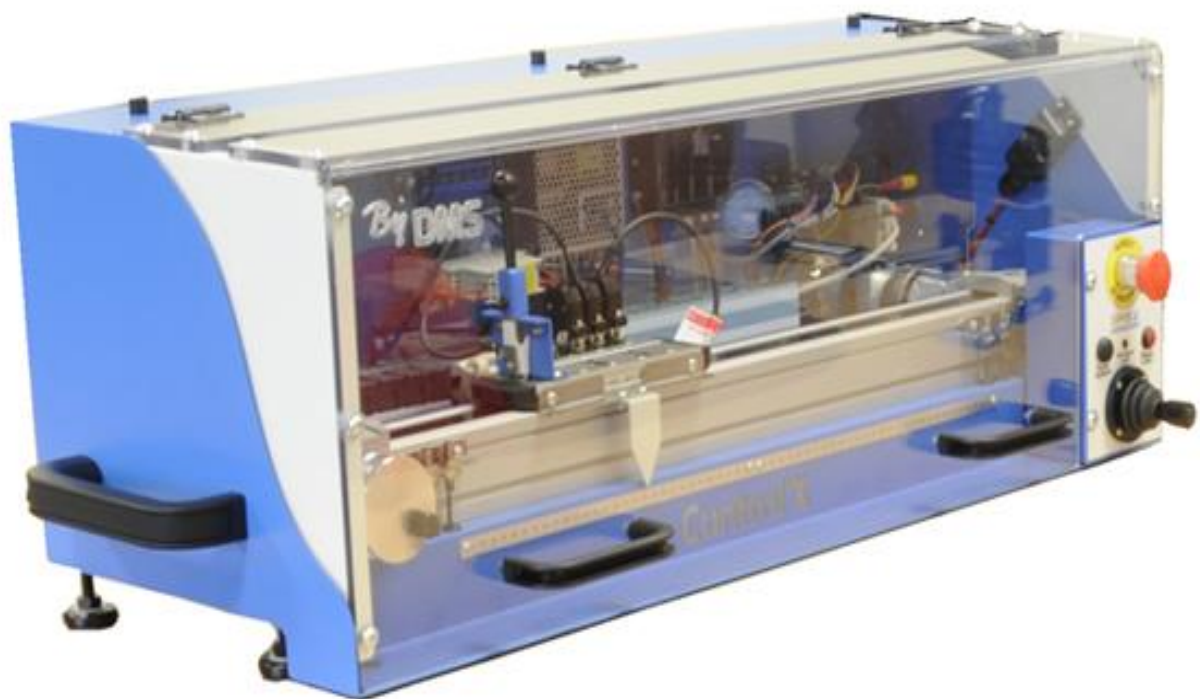


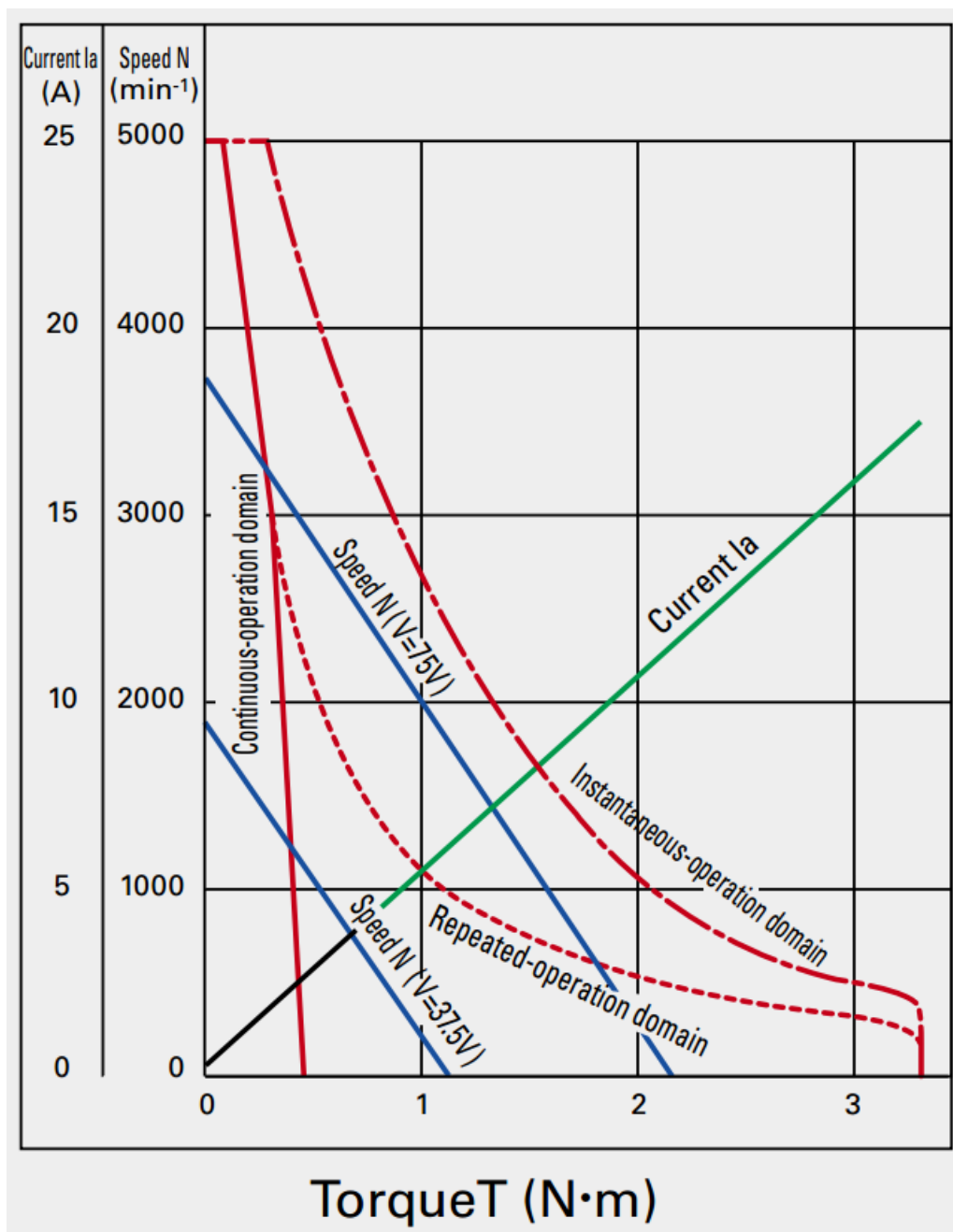
CONTROL'X

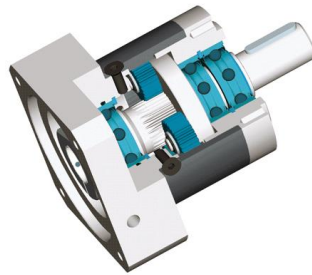
DOSSIER TECHNIQUE



DOCUMENTATIONS CONSTRUCTEUR (MECANIQUE)MOTEUR A COURANT CONTINU

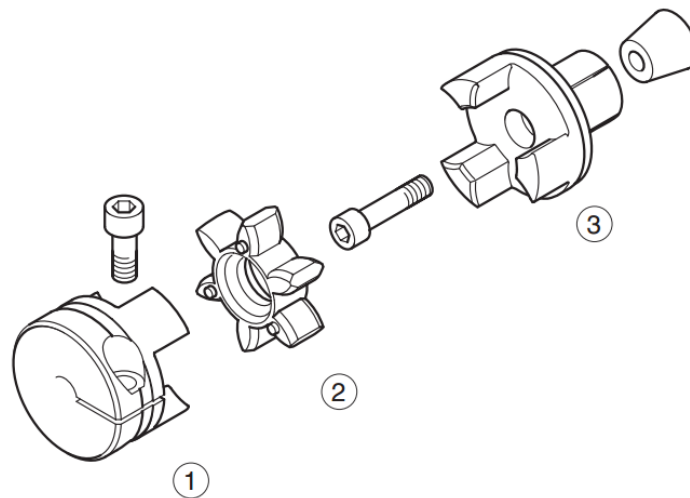
Caractéristique	Température	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Puissance nominale	**	P_{nom}	W	110	
Tension nominale	**	U_{nom}	V	75	
Couple nominal	**	C_{nom}	N.m	0.34	
Courant nominal	**	I_{nom}	A	2.0	
Vitesse nominale	**	ω_{nom}	tr/min	3000	soit 314 rad/s
Couple maxi en continu	**	C_{cont}	N.m	0.42	
Couple maxi instantané	**	C_{max}	N.m	3.4	
Courant maxi en continu	**	I_{cont}	A	2.2	
Courant maxi instantané	**	I_{max}	A	18	
Vitesse maximale			tr/min	5000	soit 523 rad/s
Couple de friction	*	$C_{frott-moteur}$	N.m	0.022	
Accélération maxi instantanée	**		rad/s ²	91.9×10^3	
Coefficient de frottement visqueux	*	$f_{\omega-moteur}$	N.m/min	0.013×10^{-3}	soit 0.124e-3 N.m/(rad/s)
Constante de couple	*	k ou k_c	N.m/A	0.21	
Constante de force contre électromotrice	*	k ou k_e	V/min	21.8×10^{-3}	soit 0.2083V/(rad/s)
Moment d'inertie du rotor	*	J_{mot}	kg.m ²	0.037×10^{-3}	
Résistance d'induit	*	r	Ω	5.1	
Inductance d'induit	*	L	mH	3.2	
Constante de temps mécanique	*	$\tau_{méca}$	ms	4.3	
Constante de temps électrique	*	$\tau_{élec}$	ms	0.63	
Constante de temps thermique	**		min	30	
Résistance thermique	**		K/W	2.4	
Température limite	**		°C	105	

COURBES CARACTERISTIQUES DU MOTEUR

REDUCTEUR NEUGART PLE 60

Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Nombre d'étage			1	Train épicycloïdal
Rapport de réduction	$1/i$		$1/3$	$(\omega_{\text{sortie}}/\omega_{\text{entrée}})$
Couple de sortie nominal		N.m	28	
Couple de sortie max		N.m	45	
Couple d'urgence		N.m	66	Autorisé 1000 fois
Jeu angulaire		arcmin	< 10	Ramené sur la sortie (à priori)
Vitesse d'entrée max		tr/min	13000	
F_R max pour 300000 h		N	340	
F_A max pour 300000 h		N	450	
F_R max		N	700	
F_A max		N	800	
Rigidité en torsion		N.m/arcmin	2.3	7.907×10^3 N.m/rad
Masse		kg	0.9	
Moment d'inertie	J_r	kg.cm ²	0.135	$0.135 \cdot 10^{-4}$: ramené sur l'entrée
Rendement		%	97	
Durée de vie		h	30000	
Température de fonctionnement		°C	-25 à +90	

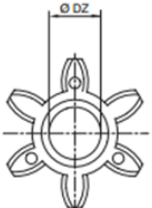
JOINT D'ACCOUPLEMENT

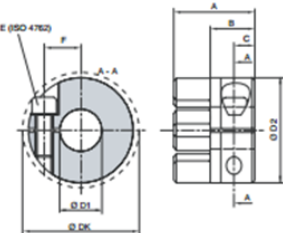


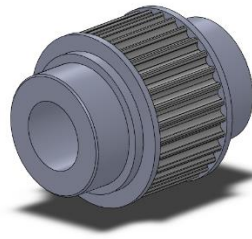
Moment d'inertie : $J_a = 2,53.10^{-5} \text{ kg.m}^2$

Technical drawing of a coupling joint. The drawing shows a side view of the assembly with various dimensions labeled. Dimension A is the total length of the coupling. Dimension B is the length of the central shaft. Dimension C is the length of the central hub. Dimension F is the length of the outer hub. Dimension E (ISO 4762) is the length of the central shaft. Dimension D1 is the outer diameter of the central shaft. Dimension D2 is the outer diameter of the outer hub.

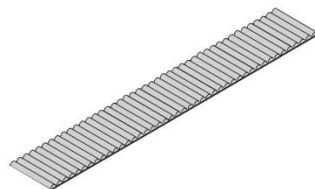
For axis ...			PAS41	PAS42	PAS43	PAS44
Moment of inertia	J	kgcm ²	0.009	0.09	0.32	0.77
Max. torque	M _{max}	Nm	7.7	35.7	82	182
Screw ISO 4762	E		M4	M6	M8	M10
Wrench size		mm	3	5	6	8
Tightening torque		Nm (lb-in)	2.9 (25.67)	10 (88.51)	25 (221.27)	49 (433.69)
	A	mm	16	22	24	25.5
Installation length	B	mm	14	20	30	36
	C	mm	7	8	12	13
Expanding hub h9	D1	mm	10	20	25	35
	D2	mm	25	40	55	65
	F	mm	5	8	8	8

	For axis ...			PAS41	PAS42	PAS43	PAS44
	Shore hardness			98 Sh A	98 Sh A	98 Sh A	98 Sh A
	Color			Red	Red	Red	Red
	Max. torque	M _{max}	Nm	18	34	120	320
	Nominal torque	M _N	Nm	7	17	50	160
	Moment of inertia	J	kgcm ²	0.001	0.013	0.067	0.15
	Diameter	DZ	mm	9	14	20	25

			For axis ...			
				PAS41	PAS42	PAS43
Moment of inertia	J	kgcm ²	0.015	0.15	0.55	1.22
Screw ISO 4762	E		M3	M6	M6	M8
Wrench size		mm	2.5	5	5	6
Tightening torque		Nm (lb-in)	1.9 (16.82)	14 (123.91)	14 (123.91)	35 (309.78)
Hub length	A	mm	22	31	36	39
Hole depth	B	mm	11	17	20	21
Distance between centers	C	mm	5	8	10	9
Inside diameter H7	D1	mm	1)	1)	1)	1)
	D2	mm	25	40	55	65
Outside diameter	DK	mm	25.8	45	57.5	73
	F	mm	8	14	20	25

POULIES CRANTEES

Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Type				25 HTD 5M
Largeur		mm	25	
Pas	p^*	mm	5	
Nombre de dents	Z		31	
Rayon primitif	R	mm	24.67	Avance de 155 mm/tour
Avance par tour	a	mm	155	
Moment d'inertie	J_p	kg.m ²	$4.2 \cdot 10^{-5}$	Calculé avec SolidWorks (aluminium)

COURROIE

Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Type				25 HTD 5M
Largeur		mm	25	
Pas	p^*	mm	5	
Longueur primitive de courroie	l_c	mm	1670	
Masse linéique	λ_c	kg/m	0.096	
Masse	m_c	kg	0.16	
Raideur spécifique	r_s	N	0.572×10^6	*
Tension recommandée		N	[570, 710]	

* En notant k_c la raideur (N/m) d'une longueur l (m) de courroie, la raideur spécifique r_s (N)

est le produit $r_s = k_c \cdot l$. La raideur k_c (N/m) d'une longueur l (m) de courroie vaut donc : $k_c = \frac{r_s}{l}$

DOCUMENTATIONS CONSTRUCTEUR (INFORMATIONS)

VARIATEUR DE VITESSE MAXON ESCON 50/5



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Tension nominale de service	V_{CC}	V	[10, 50]	Réglée à 40.8 V
Tension maximum de sortie		V	$0.98.V_{CC}$	C'est la tension de saturation : 40 V
Courant de sortie max permanent		A	5	
Courant de sortie max instantané		A	15	
Gain		B	4	Amplificateur de gain pur dans le mode de fonctionnement réglé (variateur de vitesse)
Fréquence du PWM		kHz	53.6	
Fréquence d'échantillonnage du régulateur de courant PI		kHz	53.6	
Fréquence d'échantillonnage du régulateur de vitesse PI		kHz	5.36	
Rendement maxi		%	95	
Self de lissage intégrée		μH	30	
Entrées numériques			2	
Entrées/Sorties numériques			2	
Entrées analogiques			2	
Résolution entrées analogiques		bits	12	
Gamme entrées analogiques		V	[-10, 10]	
Sorties analogiques			2	
Résolution sorties analogiques		bits	12	
Gamme sorties analogiques		V	[-4, 4]	

CARTE DE COMMANDE NI PCIE 6321

Caractéristique	Unité	Valeur	Observations
Entrées analogiques		8 différentielles ou 16 asymétriques	
Fréquence max d'échantillonnage	kéch./s	250	Pour l'ensemble des voies. (Un seul CAN avec entrées multiplexées)
Résolution	bits	16	
Gamme maximum de tension	V	[-10, 10]	
Précision	mV	2.2	
Gamme maximum de tension	V	[-0.2, 0.2]	
Précision	μV	69	
Nombre de gammes		4	

Sortie analogiques		2	
Résolution	bits	16	
Gamme maximum de tension	V	[-10, 10]	C'est la tension de saturation
Précision	mV	3.27	
Taux de rafraîchissement	kéch./s	900	Pour une voie (840 si deux voies)
Courant fourni sur une voie	mA	5	

Entrées /sorties numériques bidirectionnelles		24	
Fréquence d'horloge maxi	MHz	1	
Gamme de tension	V	[0, 5]	
Niveaux logiques		TTL	

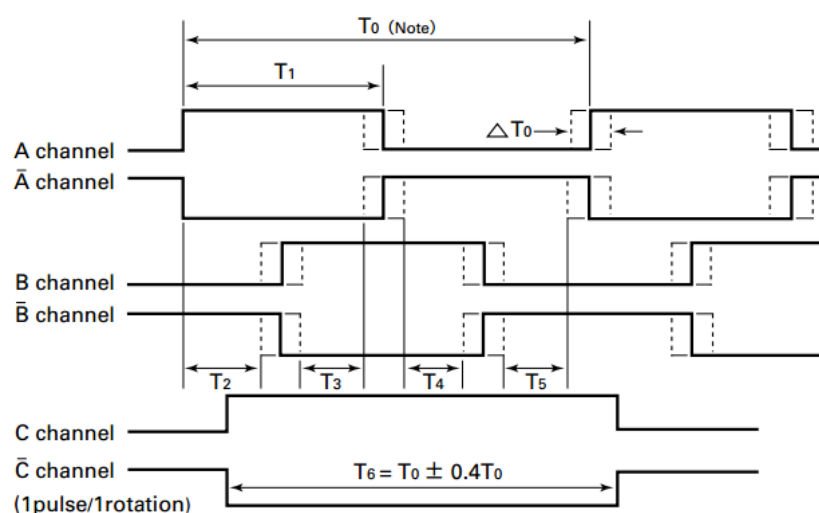
Compteurs-Timers		4	
Fréquence maxi	MHz	100	
Taille du compteur	bits	32	
Niveau logique	V	TTL	

DOCUMENTATIONS CONSTRUCTEUR (CAPTEURS)GENERATRICE TACHYMETRIQUE SANYO

Caractéristique	Température	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Tension de sortie par tr/min	*	k_g	V/(tr/min)	$7 \times 10^{-3} \pm 10\%$	soit 7 V/(1000tr/min) 0.0669 V/(rad/s)
Ondulation effective (rms)	*		%	1	
Ondulation crête à crête	*		%	3	
Linéarité	*		%	1	
Résistance aux bornes	*		Ω	26	
Inductance aux bornes	*		mH	4.1	
Résistance de charge mini	*		k Ω	10	
Moment d'inertie du rotor		J_g	kg.m ²	0.012×10^{-3}	

CODEUR INCREMENTAL SANYO

Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Nombre d'impulsions par tour	n		1000	
Circuiterie de sortie			Line driver	
Nombre de canaux			3	
Tension d'entrée		V DC	+5 ±10%	
Intensité consommée		mA	160 max	
Tensions de sortie		V	$V_{OH} = 2.4 \text{ min}$ $V_{OL} = 0.54 \text{ max à } I_0 = 20 \text{ mA}$	
Courant de sortie		mA	20 max	
Réponse en fréquence		kHz	0 à 300	
Rapport cyclique des impulsions			$T_1 = 1/2.T_0 \pm 1/8.T_0$	
Différence de phase			$T_2 \text{ à } T_5 = 1/4.T_0 \pm 1/8.T_0$	Quadrature
Couplage			$(T_{0 \text{ max}} - T_{0 \text{ min}})/T_0 < 0.08$	
Température de travail		°C	-10 à + 85	
Élément électroluminescent émetteur			Diode infrarouge	
Élément électroluminescent récepteur			Photodiode	
Moment d'inertie	J_e	kg.m ²	8×10^{-8}	

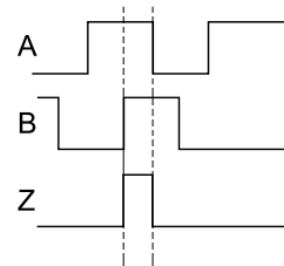
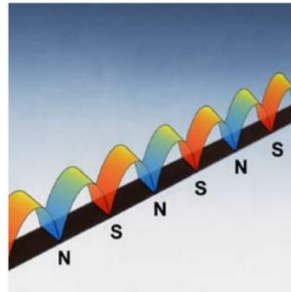


Notice) "T₀" is the average value of each cycle during one encoder rotation at a constant speed.
T₀ : 360-degree electrical angle.

CAPTEUR DE POSITION MAGNETOSTRICTIF ASM POSIMAG PMIS3

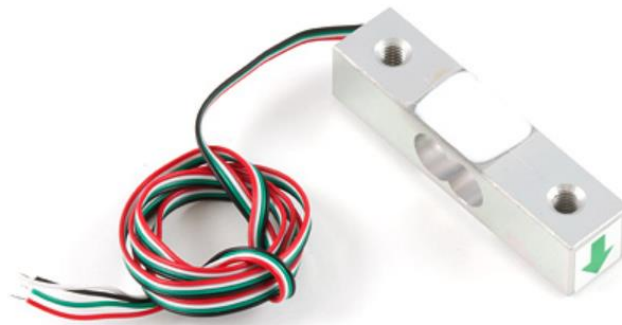
Réf de la tête de lecture : PMIS3-50-10-100KHZ-TTL-Z1-1M-S

Réf de la règle magnétique : PMIB3-50N-Z680-R/340



Le canal Z (top 0) est positionné à mi-course du chariot de Control'X et est accessible sur l'entrée P1.4 de la carte NI. (National Instrument).

Caractéristique	Unité	Valeur	Observations
Nombre de canaux		3	A et B en quadrature, Z : top de référence
Tension d'alimentation	V DC	5	± 5%
Courant à vide	mA	50-300	
Période magnétique	mm	5	
Entrefer	mm	0.1-2	
Résolution	μm	10	(avec interpolation ×4)
Vitesse max	m/s	3.2	avec fréquence de 100 kHz
Sorties			TTL, RS422
Linéarité		30μm ± 40μm/m	
Répétabilité	digit	1	

CAPTEUR D'EFFORT

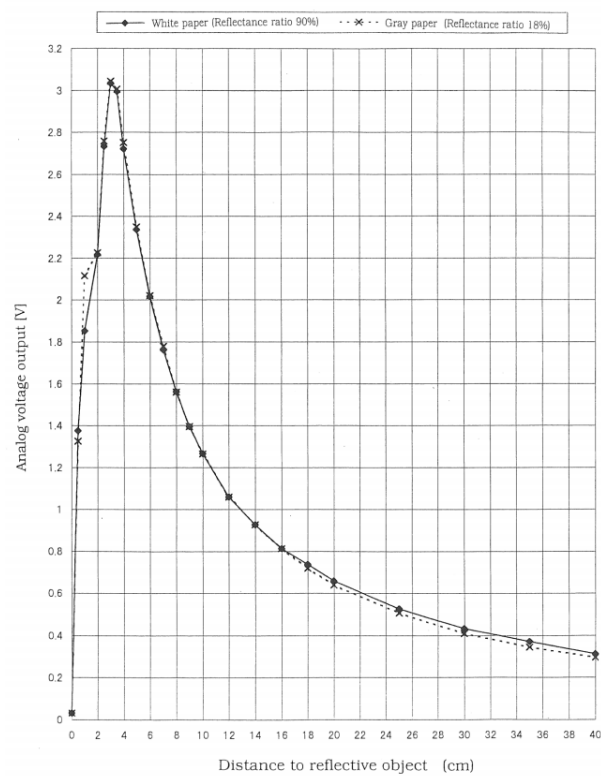
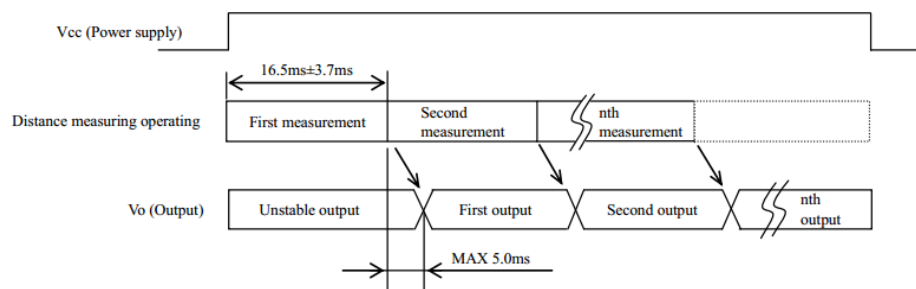
Caractéristique	Unité	Valeur	Observations
Capacité maxi	kg	20	
Surcharge maxi	kg	24	avant défaillance
Répétabilité	g	± 10	maxi
Non linéarité	g	10	maxi
Hystérésis	g	10	maxi
Offset	g	± 300	lorsqu'aucun effort n'est appliqué
Tension d'alimentation	V DC	5	maxi
Impédance de sortie	k Ω	1	
Tension de sortie nominale	mV/V	1	1mV par V de tension d'alimentation sous la charge maxi de 20 kg : Pour une alimentation en 5V, on recueille aux bornes du pont 5mV sous 20 kg.
Erreur sur la tension de sortie	$\mu\text{V/V}$	± 150	

Le montage en pont de Wheastone et la disposition des jauges de déformation font que le capteur n'est sensible qu'à l'effort de cisaillement subi par la poutre et non au moment de flexion induit par l'effort exercé. L'information recueillie aux bornes du pont ne dépend donc pas du point d'application de la force horizontale exercée.

CAPTEUR DE DISTANCE SHARP GP2Y0A41SK0F

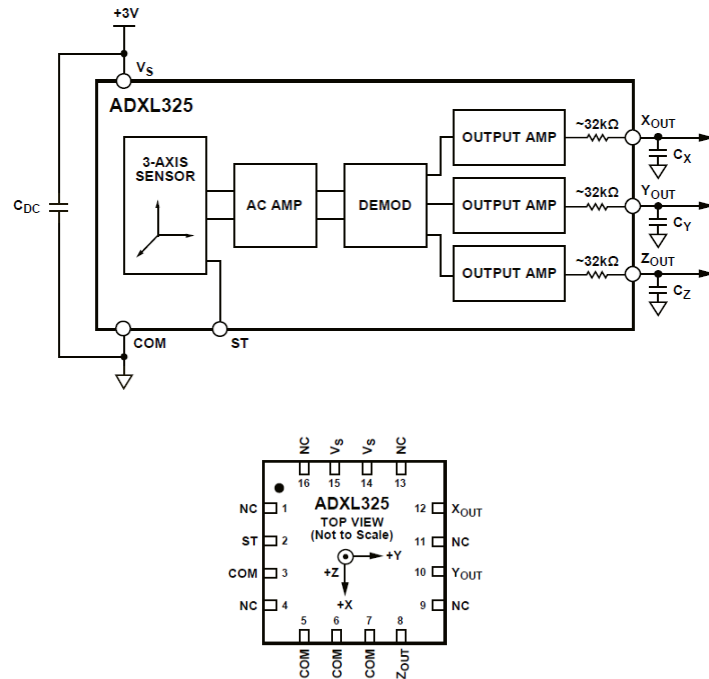


Caractéristique	Unité	Valeur	Observations
Technologie			Infra-rouge
Plage de mesure	cm	4 - 30	
Alimentation	V DC	4.5 - 5.5	
Durée de mesure	ms	16.5 ± 3.7	
Intensité moyenne consommée	mA	12	

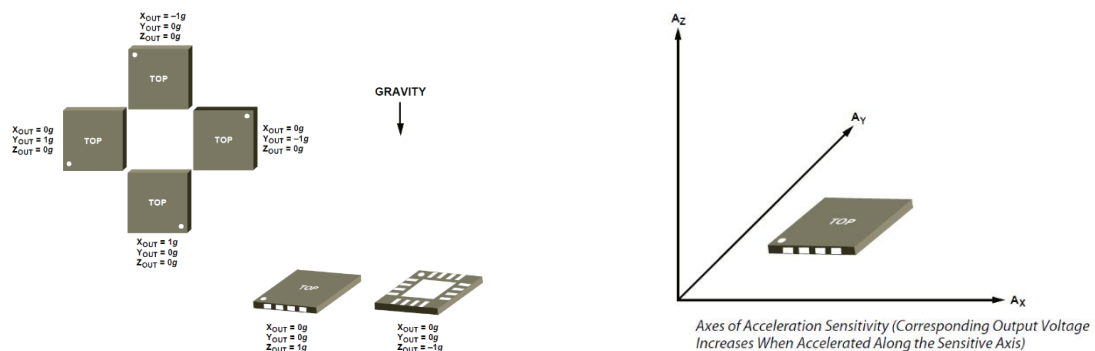


ACCELEROMETRE ANALOG DEVICE ADXL325

Cet accéléromètre est monté sur un PCB spécialement crée pour Control'X pour que la dynamique de la mesure soit en adéquation avec la dynamique de l'axe : $C_x = C_y = C_z = 0.01 \mu\text{F}$. La bande passante à -3dB est ainsi de 500 Hz.



Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur	Observations
Nombre d'axes			3	
Tension d'alimentation		V	1.8 à 3	
Gamme		g	$\pm 5\text{g}$	
Sensibilité		mV/g	174	
Offset		V	1.5	Tension pour 0 g



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES GLOBALES

Grandeur	Paramètre	Valeur	Unité	Observations
Résistance interne du moteur	r	5.1	Ω	
Inductance du moteur	L	3.2×10^{-3}	H	
Constante de couple du moteur	k_c	0.21	N.m/A	
Constante de force contre électromotrice	k_e	0.2083	V/(rad/s)	
Moyenne des constantes de couple ou de force contre électromotrice	k	0.21	N.m/A ou V/(rad/s)	$\frac{k_c + k_e}{2}$
Constante de couple du moteur linéaire équivalent	k'_c	25.5	N/A	$k_c \cdot \frac{i}{R}$
Constante de force contre électromotrice du moteur linéaire équivalent	k'_e	25.3	V/(m/s)	$k_e \cdot \frac{i}{R}$
Moyenne des constantes de couple ou de force contre électromotrice du moteur linéaire équivalent	k'	25.5	N/A ou V/(m/s)	$\frac{k'_c + k'_e}{2}$
Gain en tension de l'interface de puissance	B	4		réglage interne au variateur
Rapport de réduction du réducteur	i	3		rapport entrée/sortie
Rayon primitif des poulies crantées	R	24.67×10^{-3}	m	155 mm/tour
Tension de saturation de la carte de commande	V_{sat}	± 10	V	gain de la carte : 1
Résolution du couple {codeur incrémental + compteur - décompteur}	C	636.6	inc/rad	$\frac{4 \times 1000}{2\pi}$ 1000 points par tour décodé en $\times 4$
Gain de l'adaptateur	D	0.0129	mm/inc	$\frac{1000 \cdot R}{i \cdot C}$

Grandeur	Paramètre	Valeur	Unité	Observations
Couple de frottement sec de tout le mécanisme ramené sur le chariot	F_{frott}	≈ 28	N	
Couple de frottement sec de tout le mécanisme ramené sur le moteur	C_{frott}	≈ 0.23	N.m	$\frac{F_{\text{frott}} \cdot R}{i}$
Coefficient de frottements visqueux ramenés sur le chariot	f_v	≈ 20	N/(m/s)	
Coefficient de frottements visqueux ramenés sur le moteur	f_ω	$\approx 1.36 \times 10^{-3}$	(N.m)/rad/s	$f_v \cdot \frac{R^2}{i^2}$
Tension de seuil du moteur	u_{seuil}	≈ 1.5	V	$C_{\text{frott}} \cdot \frac{r}{k}$

Masse équivalente de tout l'équipage mobile ramené sur le chariot	$m_{\text{éq}}$	3.2	kg	
Masse équivalente de tout l'équipage mobile ramené sur le moteur	$J_{\text{éq}}$	2.15×10^{-4}	kg.m ²	$m_{\text{éq}} \cdot \frac{R^2}{i^2}$

Toutes les valeurs encadrées en orange ne sont pas des caractéristiques annoncées par le constructeur mais sont estimées expérimentalement. En effet elles sont susceptibles de varier d'un axe à l'autre en fonction d'un grand nombre de paramètres dont le principal concerne la tension de précontrainte de la courroie.

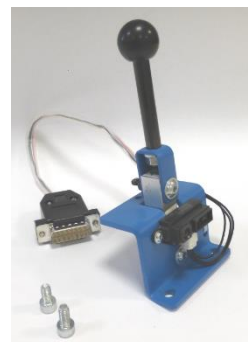
INERTIE EQUIVALENTE

Pièce	Nb	Inertie ramenée sur l'arbre moteur (kg.m ²)	Inertie ramenée sur une poulie crantée (kg.m ²)	Inertie ramenée sur le chariot (kg)	Origine de la valeur numérique
Arbre moteur	1	0.037×10^{-3}			Constructeur
Génératrice tachymétrique	1	0.012×10^{-3}			Constructeur
Codeur incrémental	1	8×10^{-8}			Constructeur
Réducteur	1	1.35×10^{-5}			Constructeur
Joint d'accouplement	1		2.53×10^{-5}		Constructeur
Bagues intérieures de roulement + billes (mvt. épicycloïdal)	4		4.4×10^{-5}		Estimation SolidWorks
Poulie crantée	2		4.2×10^{-5}		Estimation SolidWorks
Courroie	1			0.16	Constructeur
Chariot + guidage (par 4 roulements)	1			0.9	Constructeur
Accessoires embarqués sur chariot *	1			0.525	Pesée directe
Ensemble capteur d'effort **	1			0.200	Pesée directe
Total de tout ce qui a le mouvement de l'arbre moteur		6.26×10^{-5}			
Total de tout ce qui a le mouvement de l'arbre de la poulie			2.85×10^{-4}		
Total de tout ce qui a le mouvement du chariot				1.74	
Total		2.15×10^{-4}	1.9×10^{-3}	3.18	

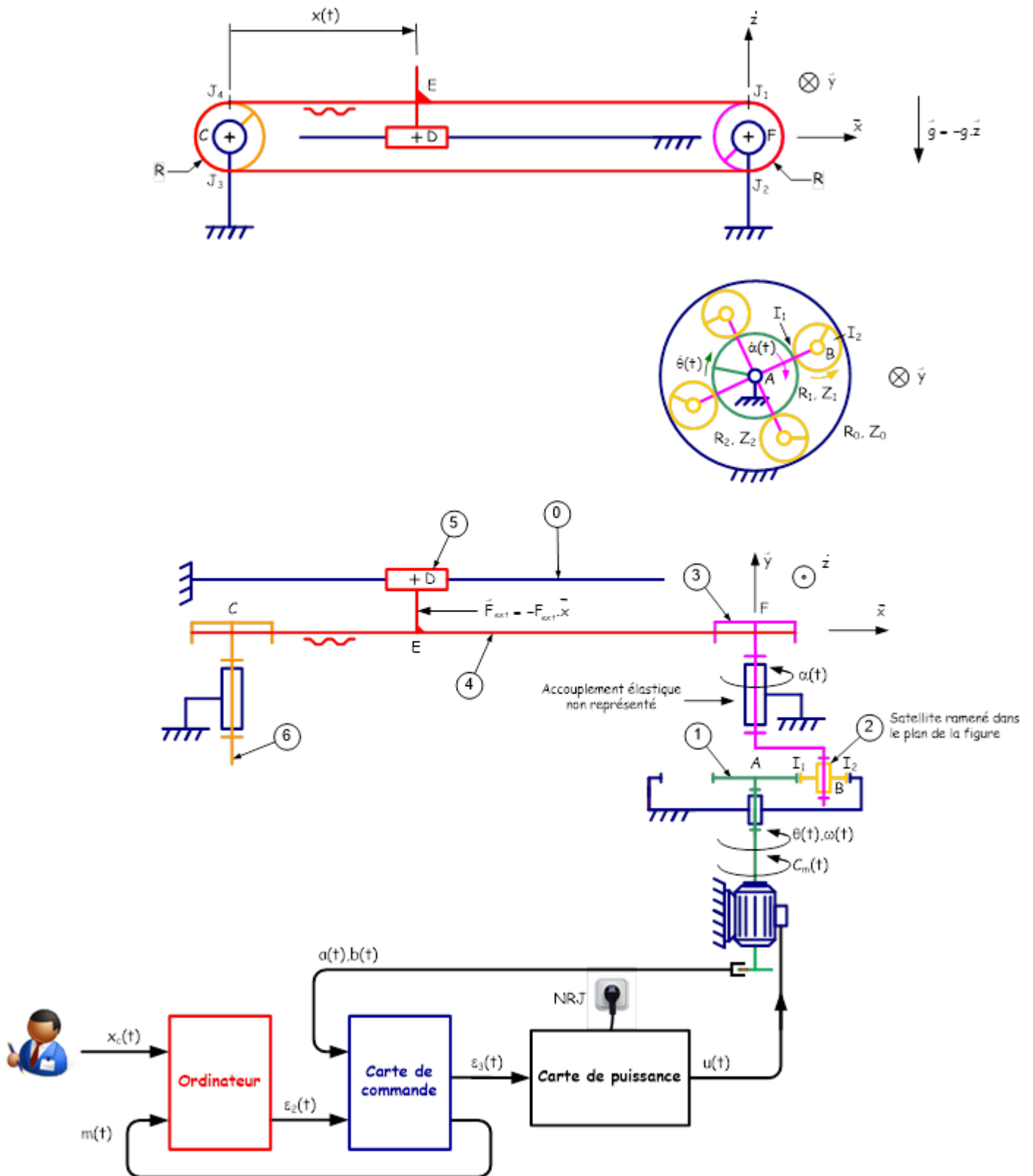
* support de PCB + PCB + came + flèche blanche + moitié de la masse du câble SubD15 + moitié de la masse de la chaîne porte câble + capteur de règle magnétique + câble + connecteur SubD15

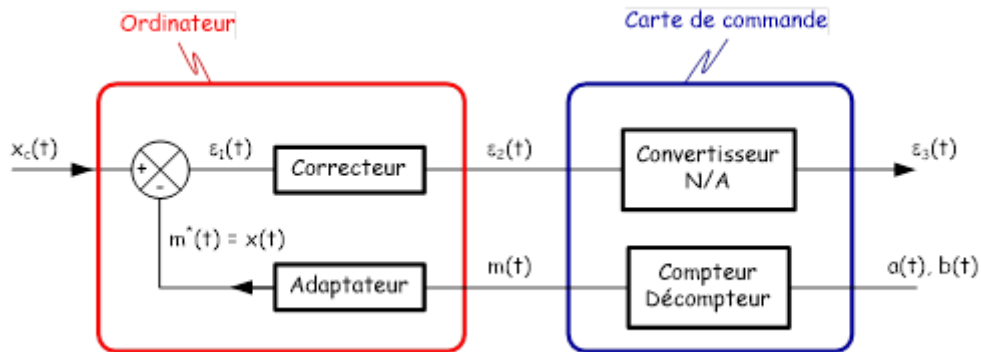


** Equerre, capteur d'effort, poignée en bakélite



SCHEMAS D'ARCHITECTURE DU SYSTEME





Zoom sur les fonctions remplies par l'ordinateur et la carte de commande

Le schéma ci-dessous met en évidence l'organisation structurelle et fonctionnelle des différents composants nécessaires à la mise en œuvre de l'asservissement de position.

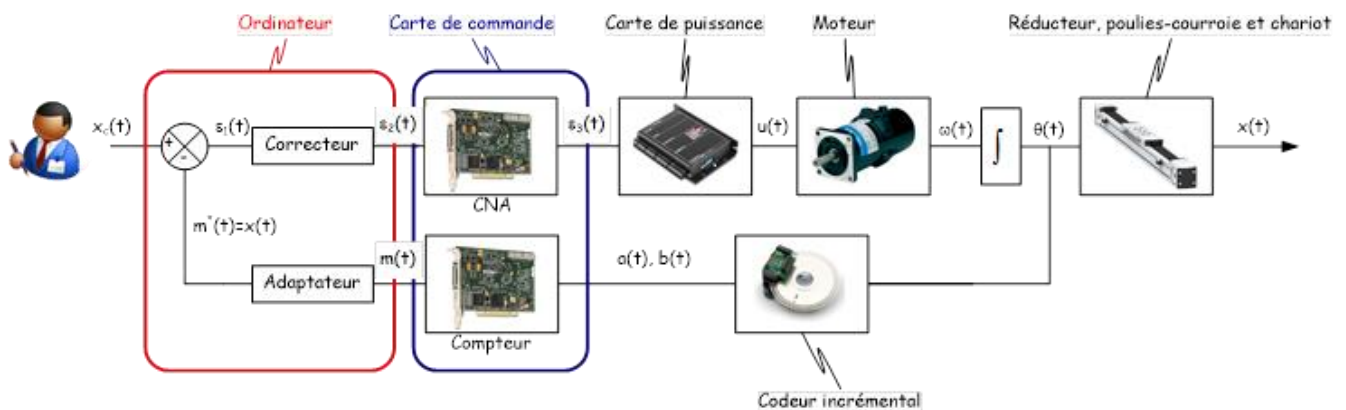


Schéma bloc de l'asservissement

Fonction de la carte de commande :

Coté acquisition :

- Acquérir les deux signaux $a(t)$ et $b(t)$ en quadrature de phase venant du codeur incrémental.
- Compter ou décompter les impulsions $a(t)$ et $b(t)$ reçues pour élaborer un signal numérique $m(t)$ en incréments image de la position linéaire $x(t)$ du chariot.
- Transmettre le résultat de ce comptage $m(t)$ à l'ordinateur.

Coté génération

- Recevoir le signal "écart corrigé" $\varepsilon_2(t)$ provenant de l'ordinateur
- Elaborer la tension analogique $\varepsilon_3(t)$ par conversion numérique analogique de $\varepsilon_2(t)$

Remarque : La carte de commande ne se comporte qu'en interface entre le PC (logiciel) et la partie mécanique : ce n'est pas elle qui effectue les calculs de commande d'axe (adaptation, soustraction, correction).

Fonction de l'ordinateur :

- Acquérir la consigne $x_c(t)$ de l'utilisateur (entrée directement en mm par l'utilisateur).
- Adapter le signal de mesure $m(t)$ en incréments en signal $m^*(t) = x(t)$ en mm : c'est l'équivalent du bloc adaptateur que l'on rencontre souvent devant le soustracteur. Plutôt que d'adapter la consigne, c'est ici la mesure qui est adaptée.
- Soustraire le signal $m^*(t) = x(t)$ au signal de consigne $x_c(t)$ pour obtenir l'écart $\varepsilon_1(t)$
- Appliquer un algorithme de correction pour transformer l'écart $\varepsilon_1(t)$ en écart corrigé $\varepsilon_2(t)$

Fonction de la carte de puissance :

La carte utilisée ici est un servo-amplificateur qui peut intégrer en interne une boucle de courant (avec un correcteur PI) et/ou une boucle de vitesse (aussi avec correcteur PI). Ici cette carte n'est utilisée qu'en mode "variateur de vitesse" : les boucles internes de courant et de vitesse sont désactivées. Le terme "servo" n'est donc plus tellement justifié dans notre application.

La carte de puissance est configurée en gain pur entre le signal $\varepsilon_3(t)$ et $u(t)$: $u(t) = B \cdot \varepsilon_3(t)$

On travaille en boucle fermée avec les signaux suivants dans les unités indiquées :

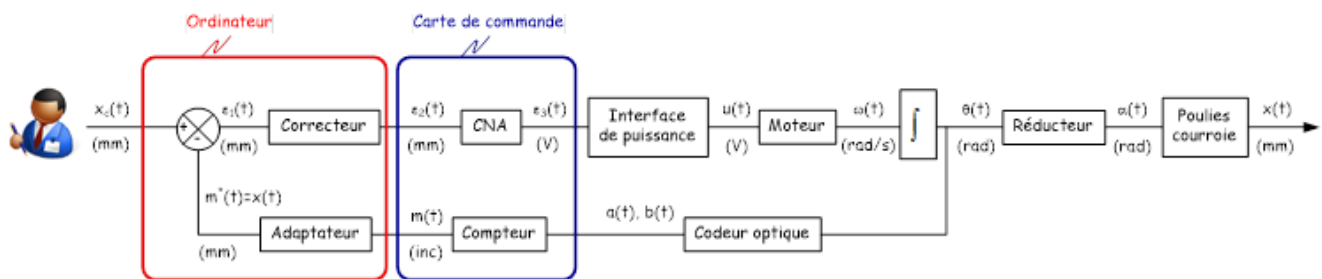


Schéma bloc de l'asservissement en boucle fermée

Signaux	Unités
$m(t)$	incréments
$\varepsilon_3(t), u(t)$	volts
$\omega(t)$	rad/s
$\theta(t), \alpha(t)$	rad
$x(t)$	mm (réels)
$x_c(t), m^*(t), \varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t)$	mm (dans l'ordinateur *)

Signaux et unités en boucle fermée