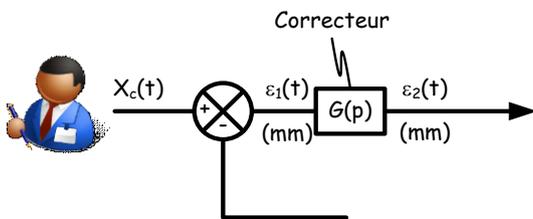
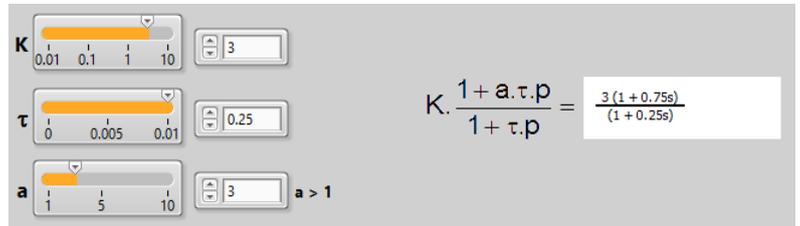


Control'X

Quelques modèles de Control'X

On présente très succinctement quelques types de modèles que l'on peut envisager.

Dans tous les modèles, les valeurs numériques à retenir pour le correcteur sont celles indiquées sous Control'Drive : cela paraît évident mais ce n'est pas si fréquent !

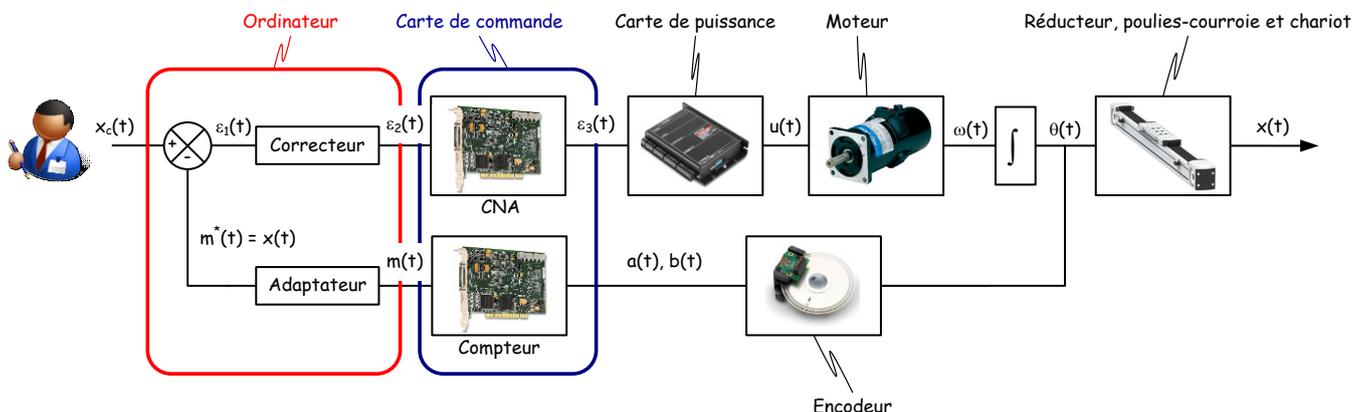



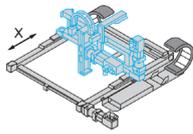
Exemple : si le correcteur à avance de phase ci-dessus est mis en place, les valeurs du correcteur $G(p)$ sont à renseigner dans le modèle comme ceci : $G(p) = \frac{3.(1 + 0.75.p)}{1 + 0.25.p}$

Tous les modèles sont justifiés et détaillés dans le document "6 Éléments de modélisation" du dossier technique.

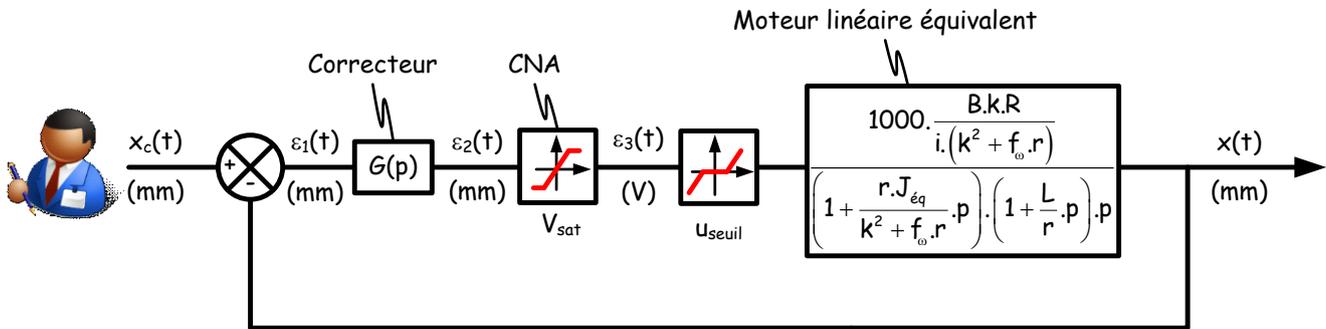
Dans les modèles qui suivent, un moteur linéaire équivalent désigne un moteur dont l'entrée est une tension et la sortie une vitesse linéaire ou une position linéaire selon le point de vue envisagé.

La structure de l'asservissement est celle-ci-dessous :





Modèle 1 : Saturation de la carte de commande, frottements secs modélisés par une tension de seuil



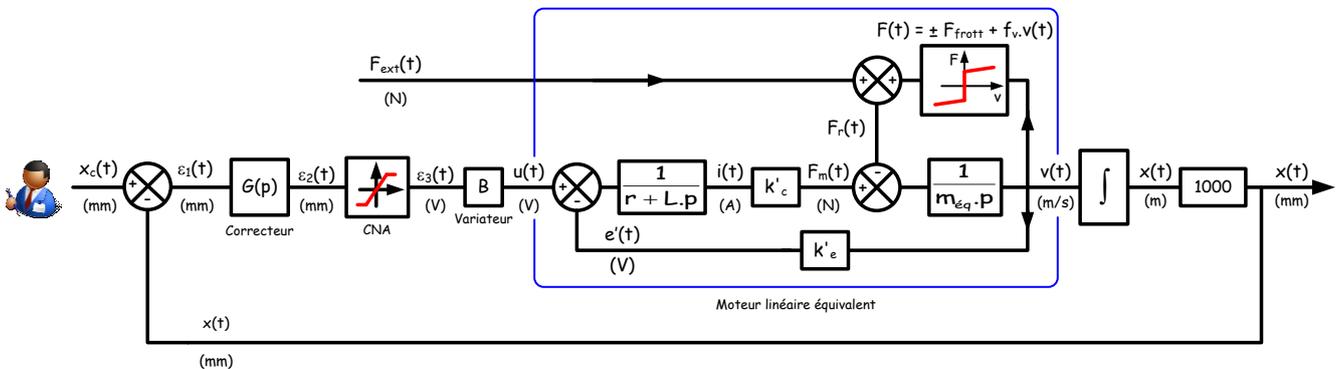
Application numérique :

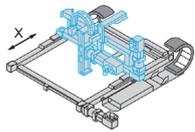
$$\frac{1000 \cdot \frac{B.k.R}{i \cdot (k^2 + f_0.r)}}{\left(1 + \frac{r.J_{\text{eq}}}{k^2 + f_0.r} \cdot p\right) \cdot \left(1 + \frac{L}{r} \cdot p\right) \cdot p} = \frac{136}{(1 + 0.022 \cdot p) \cdot (1 + 6.27 \times 10^{-4} \cdot p)}$$

$V_{\text{sat}} = \pm 10 \text{ V}$

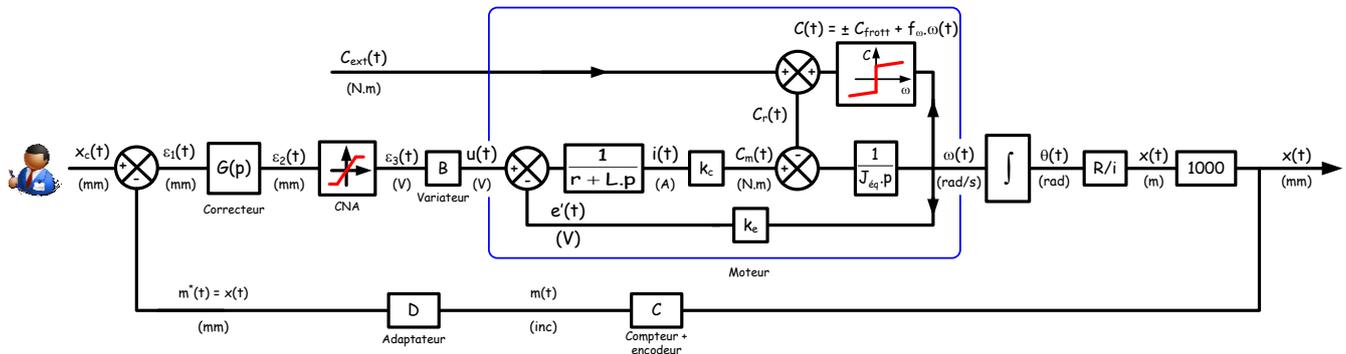
$U_{\text{seuil}} \approx 1.5 \text{ V}$

Modèle 2 : Saturation de la carte de commande, détail du moteur linéaire équivalent, frottements secs et visqueux





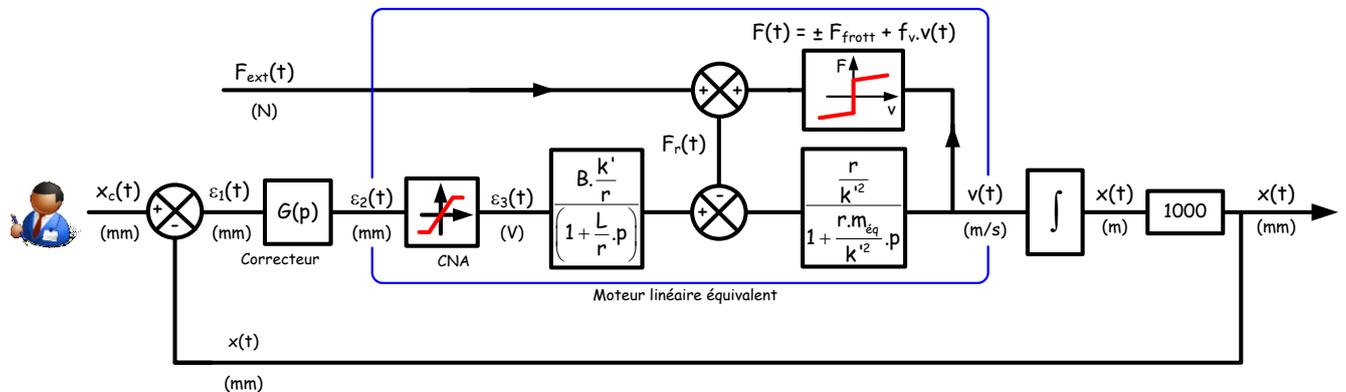
Modèle 3 : Saturation de la carte de commande, détails du moteur, frottements secs et visqueux



Application numérique :

$$\frac{R}{i} = 8.22 \times 10^{-3}$$

Modèle 4 : Saturation de la carte de commande, frottements secs et visqueux, blocs amonts et aval de la perturbation



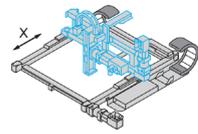
Application numérique :

$$B \cdot \frac{k'}{r} = 19.9$$

$$\frac{L}{r} = 6.27 \times 10^{-4}$$

$$\frac{r}{k'^2} = 7.88 \times 10^{-3}$$

$$\frac{r \cdot m_{eq}}{k'^2} = 0.025$$

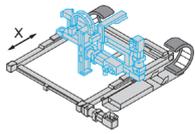


Grandeur	Paramètre	Valeur	Unité	Observations
Résistance interne du moteur	r	5.1	Ω	
Inductance du moteur	L	3.2×10^{-3}	H	
Constante de couple du moteur	k_c	0.21	N.m/A	
Constante de force contre électromotrice	k_e	0.2083	V/(rad/s)	
Moyenne des constantes de couple ou de force contre électromotrice	k	0.21	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	$\frac{1000.R}{i.C}$

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	$\frac{F_{frott} \cdot R}{i}$
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	$C_{frott} \cdot \frac{r}{k}$

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	$m_{\text{éq}} \cdot \frac{R^2}{i^2}$

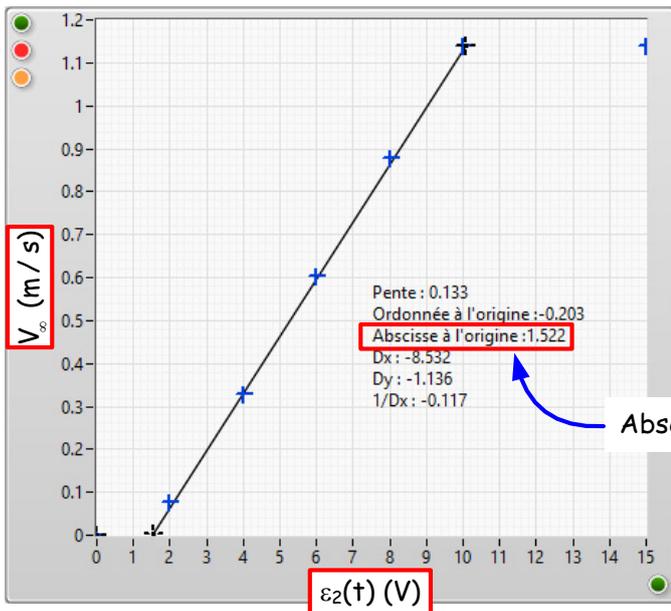
Toutes les valeurs encadrées en orange ne sont pas des caractéristiques annoncées par le constructeur mais sont estimées expérimentalement. En effet elles sont susceptibles de varier d'un axe à l'autre en fonction d'un grand nombre de paramètres dont le principal concerne la tension de précontrainte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



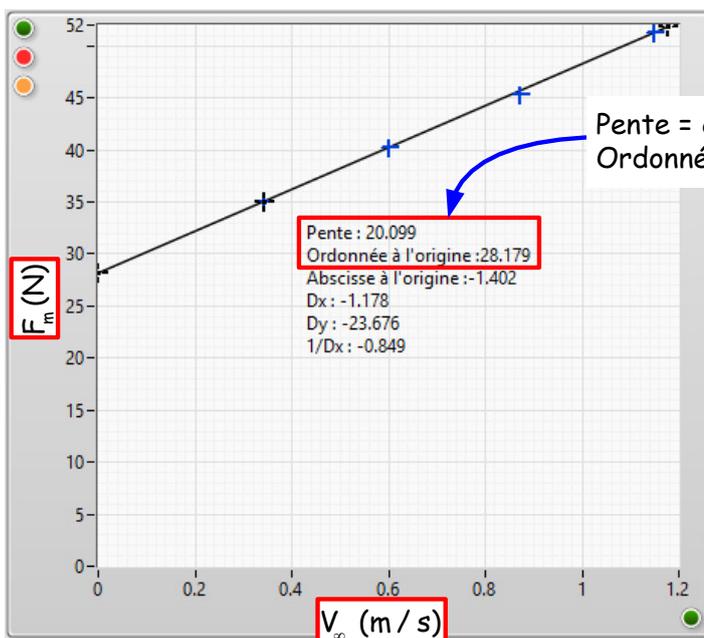
Il faut donc les retrouver par expérimentation pour chaque Control'X : c'est simple et rapide. Lancer la campagne de mesure suivante : essai en BO sous différentes tensions constantes $\varepsilon_2 = 0V, 2V, 4V, 6V, 8V$ et $10V$.

Pour chaque essai relever la vitesse finale atteinte V_∞ , et la force motrice $F_m = k \cdot i = 25.5 \cdot i$ (i est l'intensité moteur)

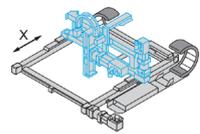
- Tracer $V_\infty = V_\infty(\varepsilon_2)$: l'abscisse à l'origine est la tension de seuil u_{seuil}
- Tracer $F_m = F_m(V_\infty)$: l'ordonnée à l'origine est l'effort de frottement sec et la pente le coefficient de frottement visqueux f_v .



Abcisse à l'origine = tension de seuil u_{seuil}



Pente = coefficient de frottement visqueux f_v
Ordonnée à l'origine = frottement sec F_{frott}



A propos de l'inertie équivalente :

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

