

Asservissement à vitesse Position

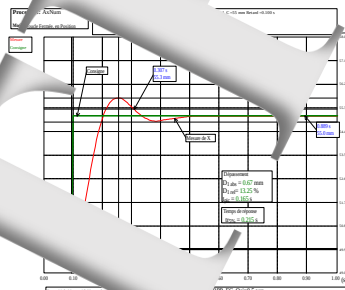
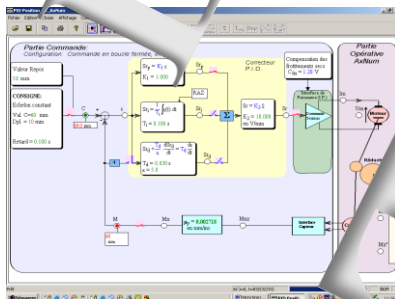


- Sur le système AxNum Réf : ERD 150 040
- Dans le domaine linéaire continu

Niveau :	CITE 2011
Secondaire	4
Supérieur court	5



Partie opérative
Réf : ERD 150 040



Manuels sur PC :
Réf : ERD 150 100

Manuels de travaux pratiques : sujets et comptes rendus

De niveau CITE III (3^{es})

ERD 150 040 Manuel Sujets (5 sujets 74 pages)
ERD 150 020 Manuel Comptes rendus (44 pages)

De niveau CITE IV (2^{es}); IUT; Ingénieur)

ERD 150 040 Manuel Sujets (12 sujets 80 pages)
ERD 150 070 Manuel Comptes rendus n°1
ERD 150 040-2 Manuel Comptes rendus n°2

De niveau CITE VII (Domaine numérique)

ERD 150 070 Manuel Sujets (6 sujets 98 pages)
ERD 150 060 Manuel Comptes rendus (86 pages)



Comptes rendus

EXTRAITS
EXTRAITS
EXTRAITS

SOMMAIRE:

Référence	Thème	Page
Tome n°1		
	<i>Série de TP avec alimentation du moteur en courant</i>	
TP2-1_Cde-I_BO1_CR	Identification en Boucle Ouverte n°1	5
TP2-2_Cde-I_RPP_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle	17
TP2-3_Cde-I_RPPD_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle + Dérivée	29
TP2-4_Cde-I_Profil_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle, et commande par profil	39
TP2-5_Cde-I_RPPnl_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle et charge mécanique non linéaire (avec frottement sec et viscosité)	49
Tome n°2		
	<i>Série de TP avec alimentation du moteur en tension</i>	
TP2-6_Cde-U_BO2_CR	Identification en Boucle Ouverte n°2	59
TP2-7_Cde-U_RPP_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle	75
TP2-8_Cde-U_RPPD_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle et dérivée	85
	Tome n°3	
TP2-9_Cde-U_RT_CR	Régulation de Position avec correction Proportionnelle et retour tachymétrique	91
	<i>Série de TP sur Prototypage Rapide</i>	
TP2-10_Cde-U_PR1_CR	Prototypage rapide avec moteur alimenté en U Simulation par « Simulink » Synthèse et comparaison par « D_Soil »	101
TP2-11_Cde-U_PR2_CR	Prototypage rapide avec moteur alimenté en U Simulation par « Xcos » Synthèse et comparaison par « D_Soil »	115
TP2-12_Cde-I_PR2	Prototypage rapide avec moteur alimenté en I et sans compensation des frottements secs	127

Remarque:

Il existe 2 versions de système :

- version 1 équipé d'un moteur SMH ; livré à partir de 2007
- version 2 livrées avant 2007 équipé d'un moteur Ma

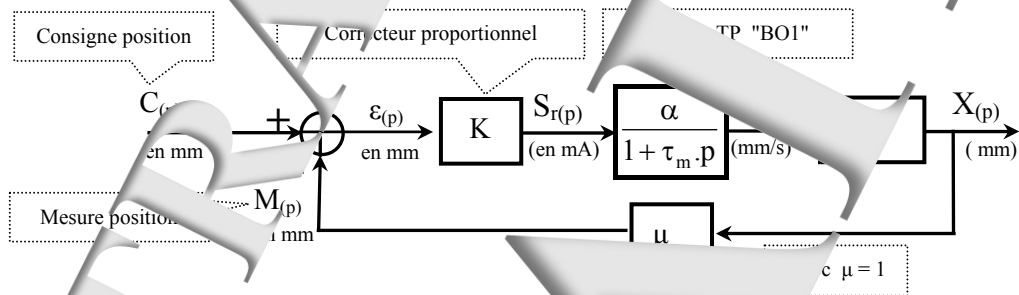
Version	Marque	Coeff	Tension	Constante	R induit	ω d'induit	Vitesse à
ERD150	moteur	Réducteur	nominale	de couple	(Ω)	(mHz)	vide
avant			(V)	(Nm/A)			(tr/min)
avant			18	0,07		1,03	8010
à partir	SMH	39	24	0,043	4,97	3,77	5400

Page laissée volontairement vierge

EXTRAITS
EXTRAITS
EXTRAITS

1. Prédéterminations

Rappel: Schéma blocs



1.1. Fonction de transfert en boucle fermée $F(p) = X(p)/C(p)$

$$\frac{X(p)}{C(p)} = \frac{K \cdot \frac{\alpha}{1 + \tau_m \cdot p}}{1 + K \cdot \frac{\alpha}{1 + \tau_m \cdot p} \cdot \mu} = \frac{K \cdot \alpha}{p(1 + \tau_m \cdot p) + K \cdot \alpha \cdot \mu} = \frac{K \cdot \alpha}{6 \cdot K \cdot \alpha \cdot \mu} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\tau_m}{K \cdot \alpha \cdot \mu} p + \frac{1}{6 \cdot K \cdot \alpha \cdot \mu} p^2}$$

Par identification avec la forme proposée

$$\omega_F^2 = \frac{K \cdot \alpha \cdot \mu}{\tau_m^2} \quad \text{et} \quad \frac{2 \cdot \xi_F}{\omega_F} = \frac{1}{K \cdot \alpha \cdot \mu} \quad \xi_F = \frac{1}{2 \cdot K \cdot \alpha \cdot \mu}$$

☞ Pour obtenir $\xi_F = 0,5$ Il faut choisir K tel que: $K \cdot \alpha \cdot \mu = 1$

$$\text{soit: } \rightarrow K = \frac{1}{\alpha \cdot \mu \cdot \tau_m} \quad \omega_F = \frac{1}{\tau_m}$$

D'après les résultats "Cde_I_BO1" ($\alpha = 1,47$, $\tau_m = 0,58$ S)

☞ Pour obtenir $\xi_F = 0,2$ Il faut choisir K tel que: $K \cdot \alpha \cdot \mu \tau_m = 6,25$

$$\rightarrow K = \frac{1}{1,47 \cdot 0,58} = 1,17 \rightarrow \omega_F = 1,7 \text{ rad/s}$$

$$\rightarrow K = \frac{6,25}{1,47} = 4,25 \rightarrow \omega_F = 4,3 \text{ rad/s}$$

☞ Pour obtenir une marge de phase de $M_\phi = 45^\circ$

D'après les résultats "Cde_I_BO1", un déphasage de -135° entre la mesure M_x et S_r a été obtenu pour la pulsation $\omega_{135} = 1,25 \text{ rad/s}$

Pour cette pulsation $\left\| \frac{X(p)}{C(p)} \right\|_{\omega=\omega_{135}} \approx 1$

Pour obtenir un réglage satisfaisant une marge de phase de 45° , il

faudra satisfaire la propriété $\left\| \frac{M_x(p)}{S_r(p)} \right\|_{\omega=\omega_{135}} \approx 1$

$$K = 1$$

☞ Pour obtenir $\varepsilon(p)$

$$\frac{\varepsilon(p)}{C(p)} = \frac{X(p)}{C(p)} \cdot \frac{\varepsilon(p)}{X(p)} = \frac{1}{1 + K \cdot \frac{\alpha}{1 + \tau_m \cdot p} \cdot \mu} \quad \frac{\varepsilon(p)}{C(p)} = \frac{p(1 + \tau_m \cdot p)}{p(1 + \tau_m \cdot p) + K \cdot \alpha \cdot \mu}$$

1.2. Comportement en régime statique

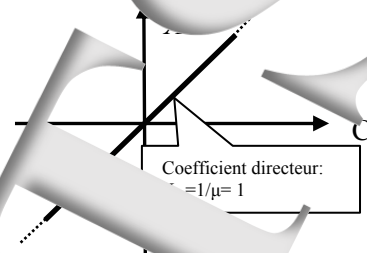
☛ Coefficient de transfert statique

Il suffit de faire $p=0$ dans la fonction de transfert :

$$\frac{X}{C} = K_F = \frac{1}{\mu}$$

Le domaine de validité est imposé par la capacité de comptage du compteur pour signaux en quadrature de phase qui délivre la mesure numérique de position (voir TP "CP")

Pour l'erreur statique: $\varepsilon_s = 0$ donc $Sr = 0$. Le système est donc théoriquement précis statiquement et n'y a pas d'influence de la bande proportionnelle sur la caractéristique



1.3. Comportement en régime dynamique

1.3.1. Réponse dans le cas d'une commande en échelon constant autour d'une position de repos.

a/ Pour un déplacement dans la bande proportionnelle

☛ Expression de la réponse

$C(t) = C_0 + A \cdot u(t)$ soit $\Delta C(t) = A \cdot u(t)$ $u(t)$ est la fonction échelon [existence]

$$\Delta C(p) = \frac{A}{p}$$

Recherche de la variation de position

Soit la transformée de la réponse:

à condition que $\lim_{p \rightarrow 0} p \Delta X(p) = 1$

avec $\chi = \text{ArcCos}(\xi_F)$

$$\Delta X(p) = \frac{K_F \cdot A}{p^2 + \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2}} \left[\Delta X(p) = \frac{A}{p} \left[1 - e^{-\xi_F \omega_F t} \left(\sin(\omega_F \sqrt{1 - \xi_F^2} t + \chi) \right) \right] \right]$$

Remarque: la réponse est donc pseudo oscillatoire (oscillation d'amplitude diminue avec le temps)

avec une relation des pseudo oscillations ξ_F^2

Les amplitudes relatives des pseudo-oscillations sont d'autant plus grandes que le coefficient d'amortissement est plus petit.

A la limite, pour un coefficient d'amortissement nul, les oscillations ne diminuent plus. Le système est dit "juste instable"

☞ Temps de réponse à 5%

Sur l'abaque des temps de réponse réduits on lit:

Pour $\xi_F = 0,5$

$$tr_{5\%} \cdot \omega_F \approx 5 \rightarrow tr_{5\%} \approx \frac{5}{\omega_F} = \frac{5}{1,7} = 2,9 \text{ s}$$

Pour $\xi_F = 0,2$

$$tr_{5\%} \cdot \omega_F \approx 14 \rightarrow tr_{5\%} \approx \frac{14}{\omega_F} = \frac{14}{4,31} = 3,25 \text{ s}$$

☞ Dépassements

Pour $\xi_F = 0,5$

Sur l'abaque on lit des dépassements relatifs:

- Premier dépassement: $D_{1r} \approx 0,15 = 15\%$

- Deuxième dépassement: $D_{2r} \approx 0,25 = 2,5\%$

Seul le premier dépassement est supérieur à 5%

Pour $\xi_F = 0,2$

- Premier dépassement: $D_{1r} \approx 0,5 = 50\%$

- Deuxième dépassement: $D_{2r} \approx 0,28 = 28\%$

- Troisième dépassement: $D_{3r} \approx 0,15 = 15\%$

- Quatrième dépassement: $D_{4r} \approx 0,07 = 7\%$

Quatre dépassements sont supérieurs à 5%

Pour une marge de phase de $M\phi = 45^\circ$

Usuellement on obtient un premier

dépassement: $D_{1r} \approx 0,15 = 15\%$

☞ Instant du premier dépassement

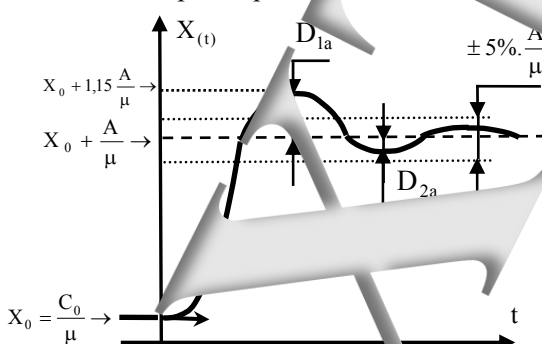
Pour $\xi_F = 0,5$

$$t_{pic} \approx \frac{\pi}{\omega_F \sqrt{1 - \xi^2}} = 2,13 \text{ s}$$

Pour $\xi_F = 0,2$

$$t_{pic} \approx \frac{\pi}{\omega_F \sqrt{1 - \xi^2}} =$$

Allure de la réponse pour $\xi_F = 0,5$

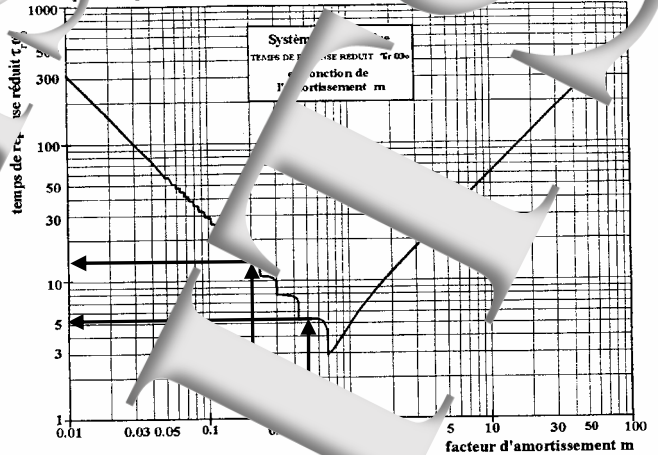


☞ **Domaine de validité:** à $t=0^+$, la mesure vaut 0 (car $X(0)=0$) et lorsqu'on applique l'échelon de consigne A , la sortie régulateur devient égal à $K.A$, à condition que cette valeur ne dépasse pas la valeur de saturation du régulateur soit $-Sr_M < K.A < +Sr_M$ soit $\frac{-Sr_M}{K} < A < \frac{+Sr_M}{K} \rightarrow A_{Max} = \frac{Sr_M}{K}$

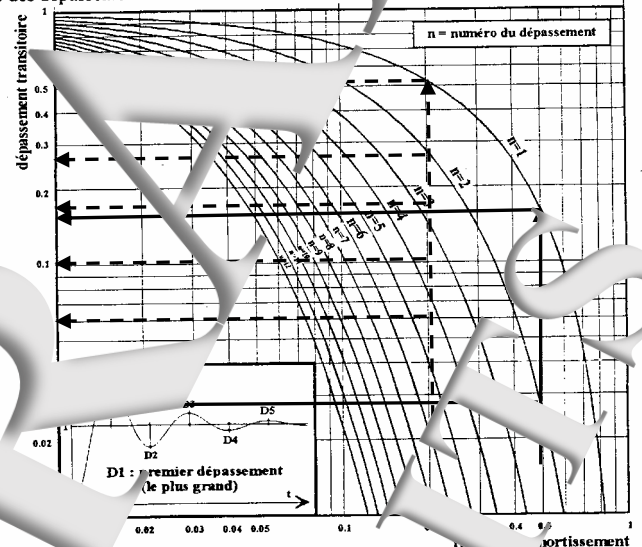
D'après la caractéristique de transfert relevée en TP (voir "BO1" on a pu relever $Sr_M = 300 \text{ mA}$ (limite du domaine de linéarité)

SYSTÈME DU 2^{ème} ORDRE

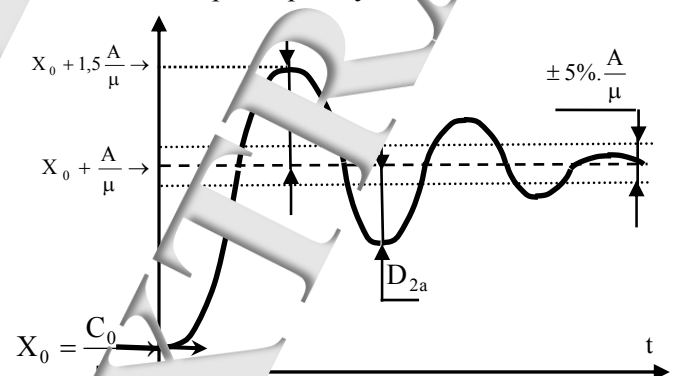
du temps de réponse réduit.



Abaque des dépassements transitoires.



Allure de la réponse pour $\xi_F = 0,2$



Pour $\xi_F = 0,5 \rightarrow A < \frac{Sr_M}{K} = \frac{60}{1,17} = 51\text{mm}$

et Pour $\xi_F = 0,2 \rightarrow A < \frac{Sr_M}{K} = \frac{60}{7,33}$

Remarque:

La bande proportionnelle (domaine de position où le régulateur n'est pas saturé) correspond donc à

$$X_{\text{Final}} - A_{\text{Max}} \leq X \leq X_{\text{Final}} + A_{\text{Max}}$$

b/ Pour un déplacement hors bande proportionnelle

C'est le cas où la valeur de l'échelon est supérieure ou très supérieure à A_{Max}

☞ Etude du déplacement hors de la bande proportionnelle (domaine saturé)

Le régulateur est donc saturé et sa valeur est constante, égale à Sr_M (il n'y a plus d'effet de bouclage)

$$\rightarrow Sr_{(p)} = \frac{Sr_M}{p} \rightarrow \Delta X_{(p)} = \frac{Sr_M}{p \cdot p(1 + \tau_M \cdot p)}$$

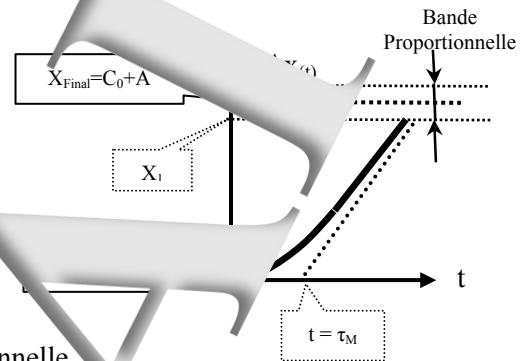
soit par transformée inverse

$$\Delta X_{(t)} = \alpha \cdot Sr_M \left(t - \tau_M \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_M}} \right) \right)$$

Ce régime se termine lorsque $x(t)$ est dans la bande

proportionnelle soit: $X_{(t)} = C_0 - A_{\text{Max}}$

Remarque: La vitesse de variation n'est autre que $V_{\text{Max}} = \alpha \cdot Sr_M$



☞ Etude du déplacement après entrée dans la bande proportionnelle

Lorsque $x(t)$ entre dans la bande proportionnelle, l'effet du bouclage se fait de nouveau sentir (domaine linéaire), mais avec des conditions initiales de position et de vitesse.

Hypothèse: On considère $x(t)$ à partir de l'entrée dans la bande proportionnelle soit $x(0) = X_1$, avec pour condition initiale de vitesse $v_{(0)} = (dx/dt)_{(0)} = V_{\text{Max}}$

L'introduction des conditions initiales se fait grâce au théorème de dérivation appliqué à l'équation différentielle qui régit le fonctionnement du système.

Cette équation différentielle peut être déduite par la formation de Laplace inverse, de la fonction de transfert en boucle fermée:

$$\frac{X_{(p)}}{C_{(p)}} = \frac{1}{1 + 2 \cdot \xi_F \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2}} \left[c_{(t)} = x_{(t)} + \frac{2 \cdot \xi_F}{\omega_F} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\omega_F^2} \frac{d^2 x}{dt^2} = \Delta X_{(t)} + a_1 \frac{dx}{dt} + a_2 \frac{d^2 x}{dt^2} \right]$$

$$\text{avec: } a_1 = \frac{2 \cdot \xi_F}{\omega_F} \text{ et } a_2 = \frac{1}{\omega_F^2}$$

car une multiplication par p dans le domaine de Laplace correspond à une dérivation dans le domaine temporel.

La transformation de l'équation différentielle permet l'introduction des conditions initiales

$$C_{(p)} = X_{(p)} + a_1 [p \cdot X_{(p)} - X_1] + a_2 [p(p \cdot X_{(p)} - X_1) - V_{\text{Max}}] \text{ Avec } C_{(p)} = \frac{\text{Val}_C}{p} \text{ Val}_C = C_0 + A$$

Soit:

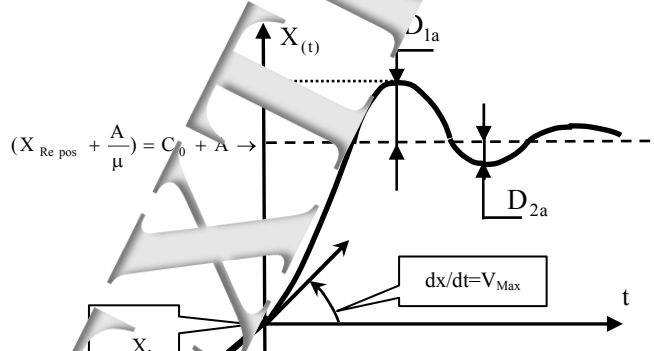
$$X_{(p)} = \frac{\text{Val}_C}{p} \cdot \frac{1}{(a_1 + a_2 \cdot p) + 1}$$

On en déduit l'expression de $x(t)$ par transformation de Laplace inverse

On peut démontrer, grâce au théorème sur la valeur initiale qu'à $t = 0+$ de ce deuxième régime, il y a conservation de la position X_1 :

$$\lim_{t \rightarrow 0+} (X_{(t)}) = \lim_{p \rightarrow \infty} \left[\frac{A_{\text{Max}} \cdot (a_1 \cdot p + a_2 \cdot p^2) X_1 + a_2 \cdot p \cdot V_{\text{Max}}}{(1 + a_1 \cdot p + a_2 \cdot p^2)} \right] = X_1$$

On démontre de la même manière qu'il y a conservation du vecteur vitesse:



$$\lim_{t \rightarrow 0^+} \left(\frac{dX(t)}{dt} \right) = \lim_{p \rightarrow \infty} (p(pX_{(p)} - X_1)) = \lim_{p \rightarrow \infty} \left[\frac{pA - (a_1 p^2 X_1 + a_2 p^2 V_{Max} - p(1 + a_1 p + a_2 p^2))}{(1 + a_1 p + a_2 p^2)} \right] = \left[\frac{-2p^2 V_{Max}}{a_2 p^2} \right] = -V_{Max}$$

La vitesse initiale étant positive, les dépassements recensés sont plus grands que ceux donnés par les abaques. Mais la valeur de A étant très importante, il est probable que ces dépassements seront dans le domaine des $\pm 0,05.A$

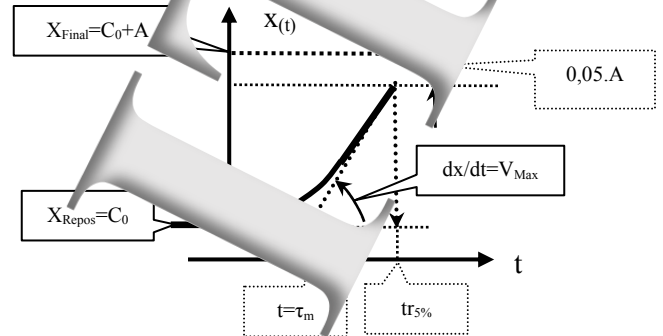
Une valeur approchée du temps de réponse à 5% peut être déterminée en supposant le déplacement d'une valeur égale à $0,95.A$, à la vitesse V_{Max} et en temps compte du décalage τ_m .

Soit:
$$tr_{5\%} \approx \frac{0,95.A}{V_{Max}} + \tau_m$$

Application numérique:

Pour des déplacements de 100; puis 150 et enfin 200mm et pour $V_{Max} = 105 \text{ mm/s}$ (déterminé lors du TP "BO1")

Déplacement	100	150	200
$tr_{5\%} \approx$	1,48S	1,74	2,39



Obtention du régime juste instabilité

Le régime juste instable peut être obtenu si, pour une pulsation particulière notée ω_{osc} , le déphasage entre la mesure et la sortie du régulateur vaut -180° . D'après le TP "BO1" cette propriété est obtenue pour la

pulsation $\omega_{180} = 11,3 \text{ rad/s} \rightarrow \omega_{osc} = \omega_{180} = 11,3 \text{ rad/s} \rightarrow T_{osc} = \frac{2\pi}{\omega_{osc}} = 0,56 \text{ s}$

D'autre part, ce régime juste instable sera obtenu si le coefficient d'action proportionnelle permet d'obtenir

la propriété $\left\| \frac{M_x}{S_r} \right\|_{\omega=\omega_{osc}} = 1$

Or lors du TP "BO1", à la pulsation $\omega_{osc} = 11,3 \text{ rad/s}$ on a obtenu $\left\| \frac{M_x}{S_r} \right\|_{\omega=\omega_{osc}} = G_{X/sr180} = 0,015$

On en déduit la valeur du coefficient d'action proportionnelle qui conduit au régime juste instable:

$K \left\| \frac{M_x}{S_r} \right\|_{\omega=\omega_{osc}} = K \cdot 0,015 = 1$ soit $K = \frac{1}{0,015} = 66,7$

On obtiendra alors, pour une consigne constante, une évolution sinusoïdale de X, de pulsation ω_{osc} .

1.3.2. Comportement en régime harmonique établi autour d'une position de repos

Le système étant linéaire, la réponse en position à une consigne $C(t) = C_0 \sin(\omega.t)$ aura pour expression:

$$x(t) = X_0 + X_1 \sin(\omega.t + \varphi_{(x/c)})$$

Fonction de transfert en régime harmonique établi

On fait $p = j\omega$ dans la fonction de transfert: $\rightarrow$

$$\frac{\bar{X}_1}{C_1} = \frac{1/\mu}{1 + 2\zeta_F \frac{\omega}{\omega_F} + \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2}$$

$$\frac{\bar{X}_1}{C_1} = \frac{1/\mu}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2 + j 2\zeta_F \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)}$$

soit le module (rapport des amplitudes)

$$\left\| \frac{\bar{X}_1}{C_1} \right\| = \frac{K_F}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta_F \frac{\omega}{\omega_F}\right)^2}}$$

et l'argument (déphasage de X/C)

$$\varphi(x_1/c_1) = -\text{ATAN} \left(\frac{2\zeta_F \frac{\omega}{\omega_F}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2} \right)$$

En coordonnées réduites $u = \omega / \omega_F$ et pour $\xi_F = 0,5$

$$\left\| \frac{X_1}{C_1} \right\| = \frac{K_F}{\sqrt{(1 - (u)^2)^2 + u^2}}$$

et

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -\text{ATAN} \left(\frac{u}{1 - (u)^2} \right)$$

En coordonnées réduites $u = \omega / \omega_F$ et pour $\xi_F = 0,2$

$$\left\| \frac{X_1}{C_1} \right\| = \frac{K_F}{\sqrt{(1 - (u)^2)^2 + (0,4 \cdot u)^2}}$$

et

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -\text{ATAN} \left(\frac{0,4 \cdot u}{1 - (u)^2} \right)$$

☞ Phénomène de résonance

Pour la pulsation particulière $\omega = \omega_R = \omega_F \sqrt{1 - 2\xi_F^2}$ le module de la fonction de transfert passe par un maximum. Cela veut dire que le rapport des amplitudes sera, pour cette pulsation, supérieur à K_F (donc supérieur à 1).

Pour $\xi_F = 0,5$ $u = \sqrt{1 - 2\xi_F^2} = 0,707$ soit $\omega_R = 1,2 \text{ rad/s}$

→ rapport des amplitudes

$$\left\| \frac{X_1}{C_1} \right\| = 1,15$$

et déphasage

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -54,7^\circ$$

Pour $\xi_F = 0,2$ $u = \sqrt{1 - 2\xi_F^2} = 0,96$ soit $\omega_R = 4,14 \text{ rad/s}$

→ rapport des amplitudes

$$\left\| \frac{X_1}{C_1} \right\| = 2,55$$

et déphasage

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -78^\circ$$

☞ Bande passante à -3dB

Pour $\xi_F = 0,5$

Sachant que $20 \cdot \log(\sqrt{2}) = 3$, la bande passante à -3dB est obtenue par la solution de $(1 - (u)^2)^2 + u^2 = 2$ soit en posant $x = u^2 \rightarrow (1 - x)^2 + x = 2 \rightarrow 1 - 2x + x^2 + x = 2 \rightarrow x^2 - x - 1 = 0 \rightarrow x = 1,272$

→

$$\omega_{BP} = 1,272 \cdot \omega_F$$

Pour $\xi_F = 0,2$

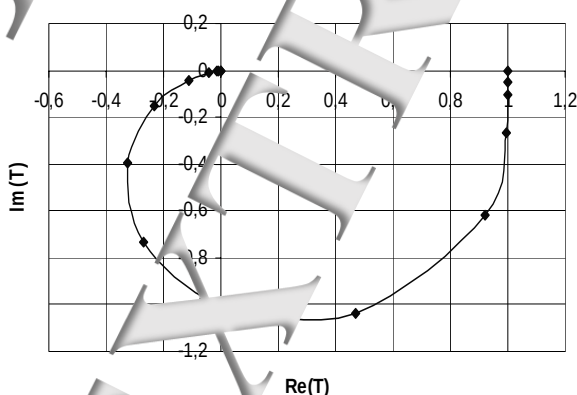
Sachant que $20 \cdot \log(\sqrt{2}) = 3$, la bande passante à -3dB est obtenue par la solution de $(1 - (u)^2)^2 + (0,4 \cdot u)^2 = 2$ soit en posant $x = u^2 \rightarrow (1 - x)^2 + 0,16x = 2 \rightarrow 1 - 2x + x^2 + 0,16x = 2 \rightarrow x^2 - x - 1,84x = 0$

→ $x = 1,846 \rightarrow u = 1,395 \rightarrow \omega_{BP} = 1,395 \cdot \omega_F$

☞ Lieu de transfert dans le plan de Nyquist

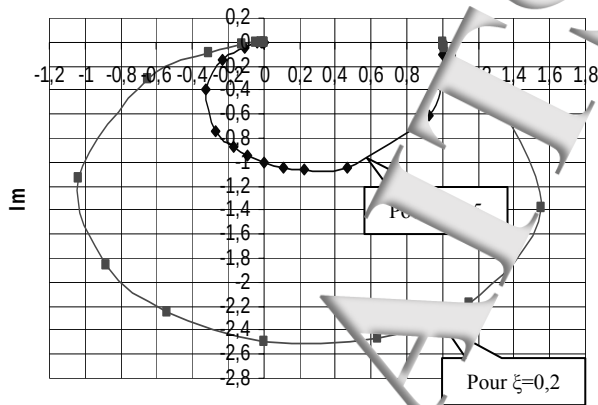
Pour $\xi_F = 0,5$:

u	Argument en rad	Module/ K_F
0	0	1
0,05	-0,050	1,0012
0,1	-0,100	1,0048
0,5	-0,511	1,1547
0,707	-0,785	1,1547
1	-1,107	1
1,2	-1,210	0,782
1,5	-1,370	0,512
2	-1,107	0,2773
5	-2,909	0,040
10	-3,039	0,010
100	-3,1416	0,0001



On remarque que pour $\omega = \omega_F$, on a un module relatif égal à 1 et un argument égal à -90°

Pour $\xi_F = 0,2$



Phénomène de résonance

On rappelle que dès que l'effort d'amortissement ξ est inférieur à $0,707$ soit $(\sqrt{2})/2$, produit le phénomène de résonance (le module passe par un maximum).

La pulsation pour laquelle se produit ce maximum (notée ω_R)

a pour expression: $\omega_R = \omega_F \sqrt{1 - 2\xi^2}$

u	Argument	Module
0	0	
0,05	-0,02004744	1,00230482
0,1	-0,04038208	1,00927753
0,25		1,06064981
0,5	-0,25000000	1,31325
0,8	-0,72664234	2,076137
0,9	-1,08517423	2,45662431
0,95	-1,31963536	2,54901195
1	-1,3652	2,5515
1,05	-1,357	2,5
1,05	-1,353	2,31306634
1,1	-2,0000472	2,05109327
1,2	-2,5115094	1,53573779
1,5	-2,69248002	0,72121845
2	-2,87939761	0,32207831
3	-2,99111005	0,12361704
5	-3,05685877	0,04152274
8	-3,08924996	0,0153058
10	-3,09961792	0,01009278
100	-3,13599962	0,0001009278
1000	-3,1396	1E-06

Pour $\xi_F = 0,5$ $\omega_R = 0,707 \cdot \omega_F \rightarrow$ Maximum = 1, soit 0 dB

Pour $\xi_F = 0,2$ $\omega_R = 0,95917 \cdot \omega_F \rightarrow$ Maximum = 2,5515 soit 8,136 dB

Remarque: Pour $\xi = 0$ le maximum est infini, le système est alors instable.

Lieux dans le plan de Bode

Diagramme des modules (rapport des amplitudes)

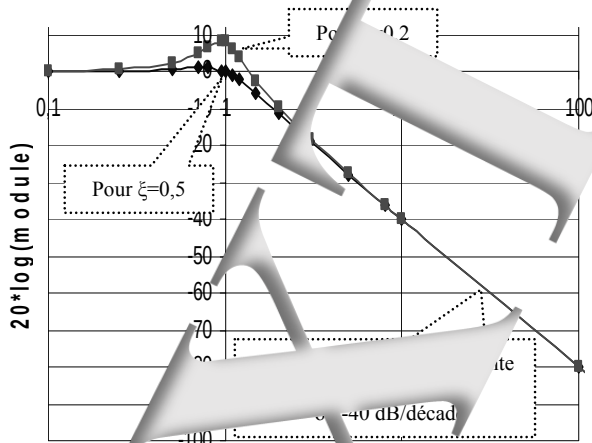
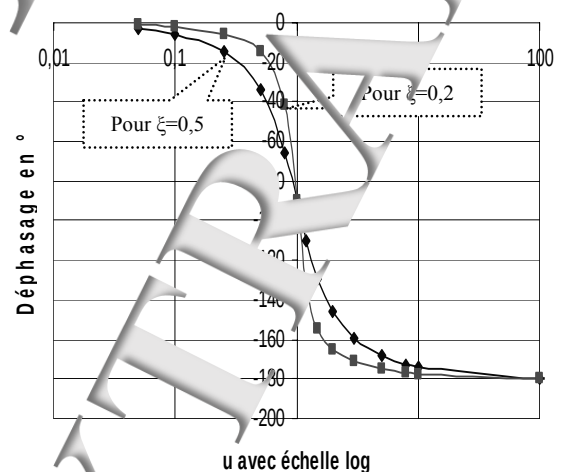


Diagramme des arguments (déphasages)



Remarques:

Lorsque le coefficient d'amortissement diminue, le maximum du module augmente et la rotation de phase au voisinage de la pulsation propre est plus rapide.

Toutes les courbes des arguments passe par -90° à la pulsation propre (à $u=1$).

2. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE

Relevé de la caractéristique de transfert statique

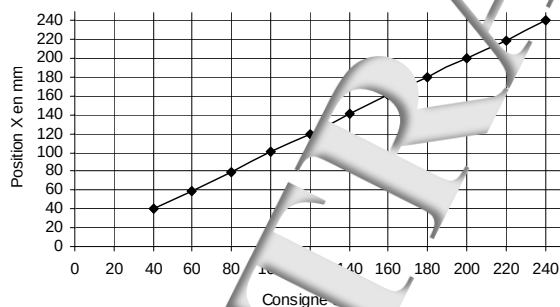
Conditions de l'essai et mode opératoire:

- Caractéristique de la charge mécanique: $C_{fsi} = 95 \text{ mA}$

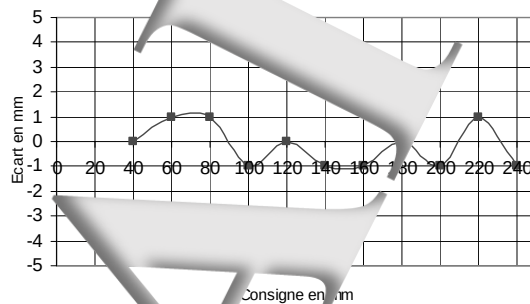
☞ Tableau de mesure et calcul de l'erreur statique notée ϵ_s :

Consigne C en mm	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240
Mesure X en mm	40	59	79	101	121	141	161	180	201	211
Ecart en mm	0	1	1	-1	0	-1	-1	0	-1	1

☞ Caractéristiques de transfert statique: $\epsilon_s = f(C)$



☞ Caractéristiques de précision statique: $\epsilon_s = f(C)$



On constate une erreur statique de valeur aléatoire, dans la plage $\pm C_0$. Cette erreur statique est due au frottement sec qui n'est pas compensé à 100%.

3. CARACTERISATION EN DYNAMIQUE

3.1. Réponse à un échelon constant

3.1.1. Petits déplacements (dans la bande de proportionnelle du régulateur)

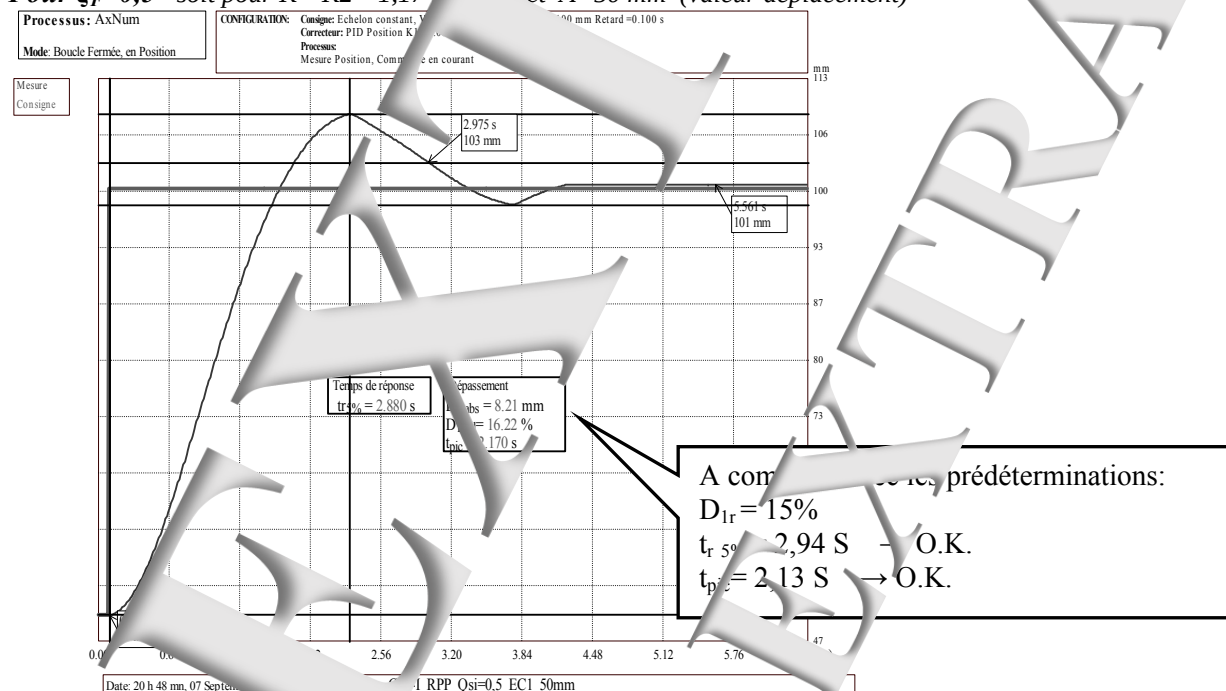
Relevés expérimentaux

Conditions des essais:

Partant d'une position de repos égale 50 mm, on applique un échelon de commande de valeur C à un instant pris comme origine des temps.

$C_{fsi} = 95 \text{ mA}$ et Commande en courant

Pour $\xi_f = 0,5$ soit pour $K = K_2 = 1,17$ et $A = 50 \text{ mm}$ (valeur déplacement)



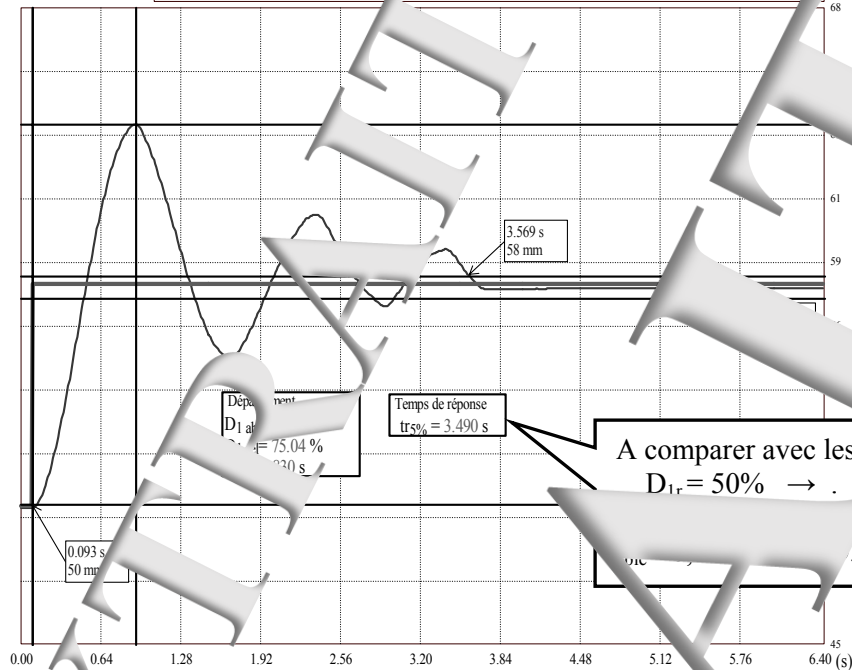
Pour $\xi_r=0,2$ soit pour $K= K2 =4,7 \text{ mA/mm}$ et $A=50 \text{ mm}$

Processus: AxNum

CONFIGURATION: Consigne: Echelon constant, Valeur Repose: 50 mm, Valeur de Consigne: 58 mm Retard=0.100 s
Correcteur: PID Position K1= 1.000, K2= 7.330 mA/mm
Processus: Mesure Position, Commande de courant

Mode: Boucle Fermée, en Position

Mesure
Consigne



Date: 21 h 00 mn, 07 September 2009 TP2-1 AxNum Cde-I RPP Qsi=0.2 EC 8mm

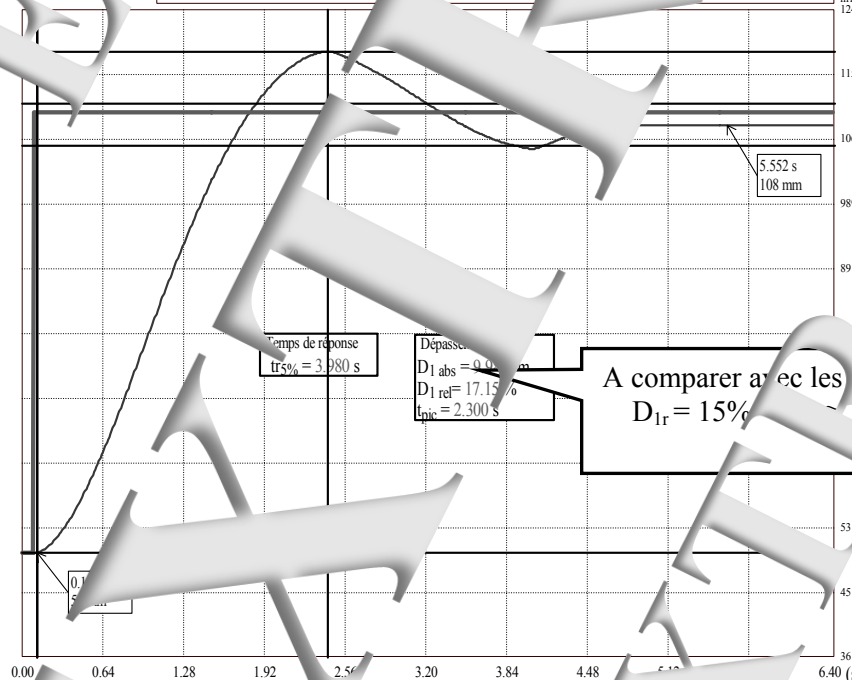
Pour $M\phi=45^\circ$ soit pour $K= K2 =1 \text{ mA/mm}$ et $A=60 \text{ mm}$

Processus: AxNum

CONFIGURATION: Consigne: Echelon constant, Valeur Repose: 50 mm, Valeur de Consigne: 108 mm Retard=0.100 s
Correcteur: PID Position K1= 1.000, K2= 1.000 mA/mm
Processus: Mesure Position, Commande de courant

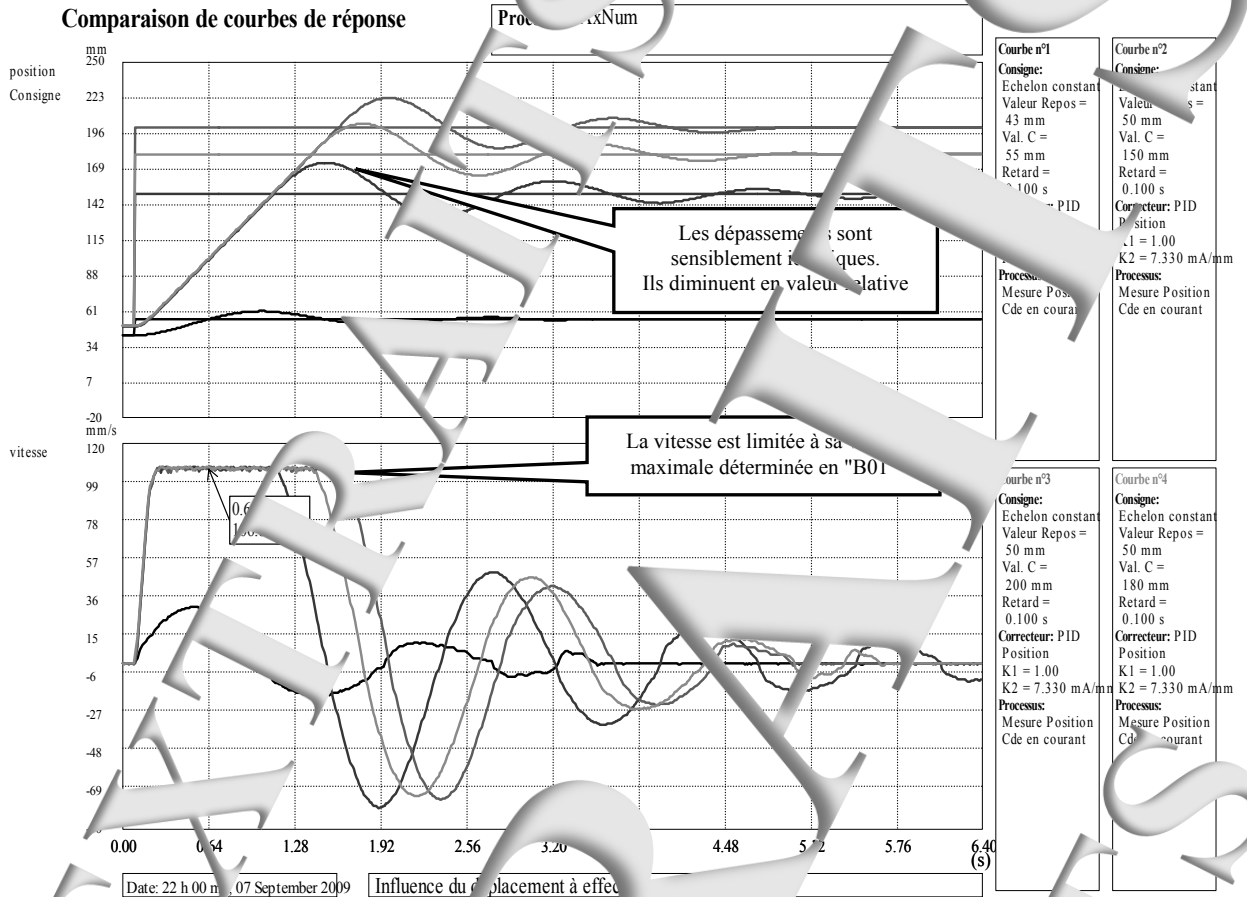
Mode: Boucle Fermée, en Position

Mesure
Consigne



Date: 05 h 08 mn, 08 September 2009 TP2-2 AxNum Cde-I RPP Mfi=45° EC=60mm.axn

3.1.2. Grands déplacements (hors de la zone de proportionnelle)



3.2. Comportement en régime sinusoïdal

3.2.1. Relevés expérimentaux et vérifications prédictives:

On excite le système par une commande

$$C(t) = C_0 + C_1 \sin(\omega t)$$

Conditions de l'essai :

- Caractéristique de charge:

$$C_{sf} = 100 \text{ mA}$$

- Mode commande "Sinus" avec:

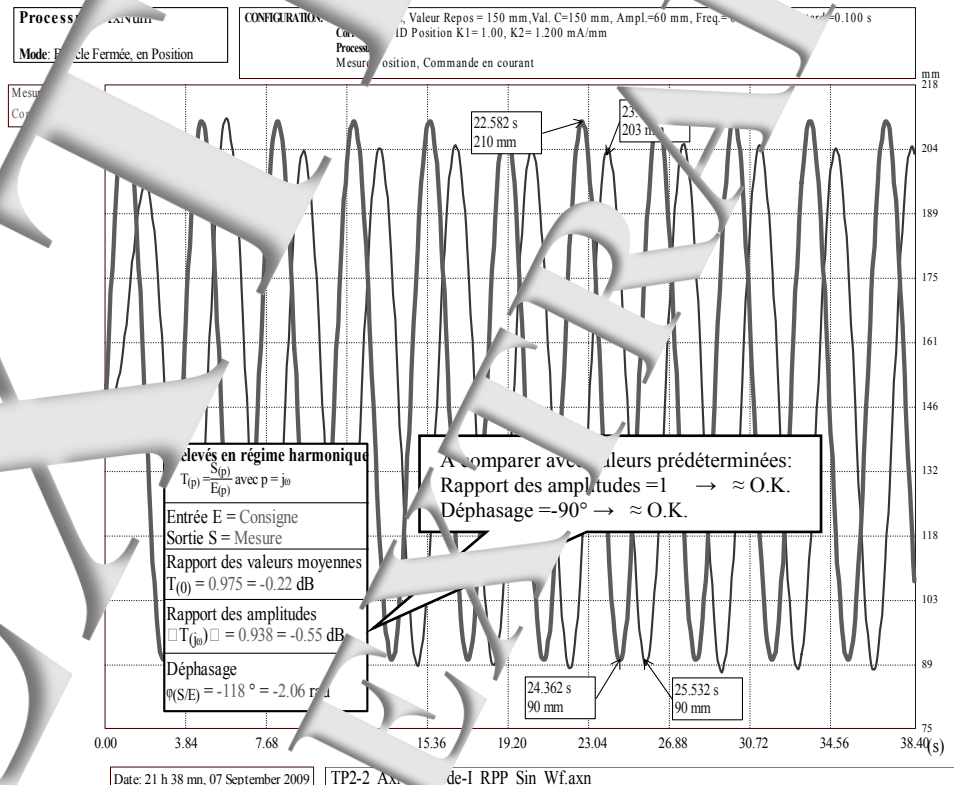
$C_0 = 150 \text{ mm}$ la valeur moyenne (Valeur de repos),
Amplitude = $C_1 = 60 \text{ mm}$

Pour $\xi_F = 0,5$

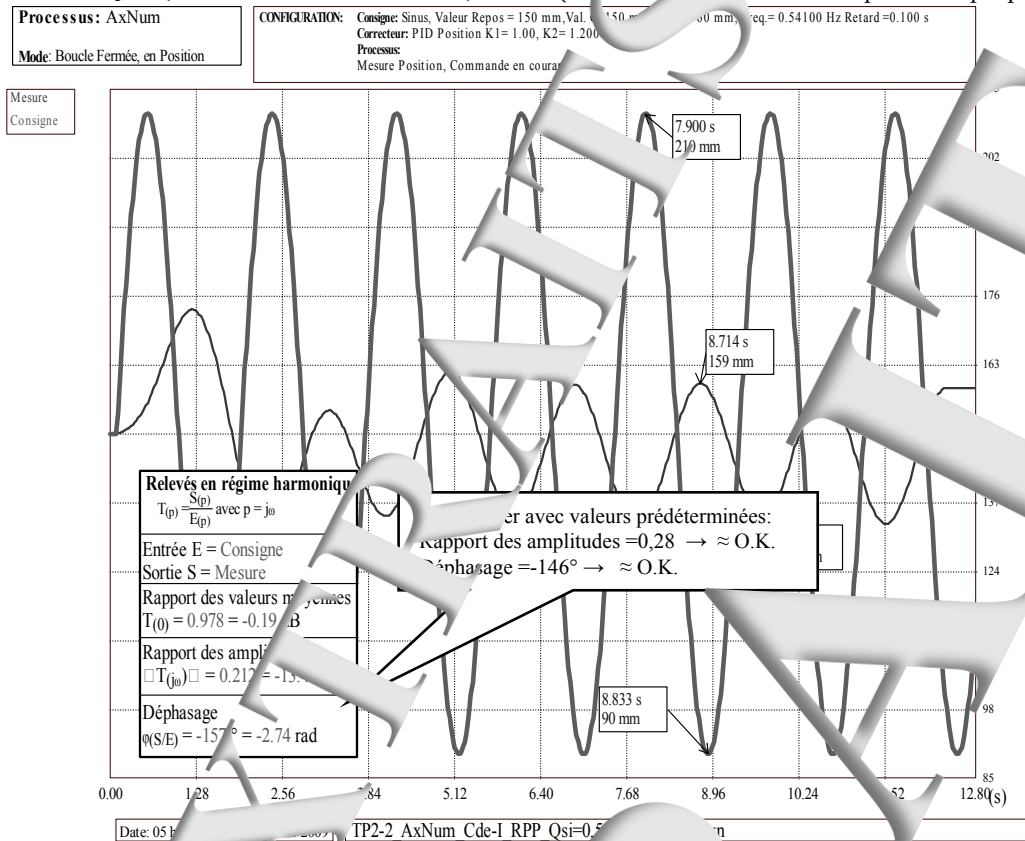
à $\omega = \omega_F = 1,4 \text{ rad/s}$

$$\rightarrow F = \omega / 2\pi = 0,27 \text{ Hz}$$

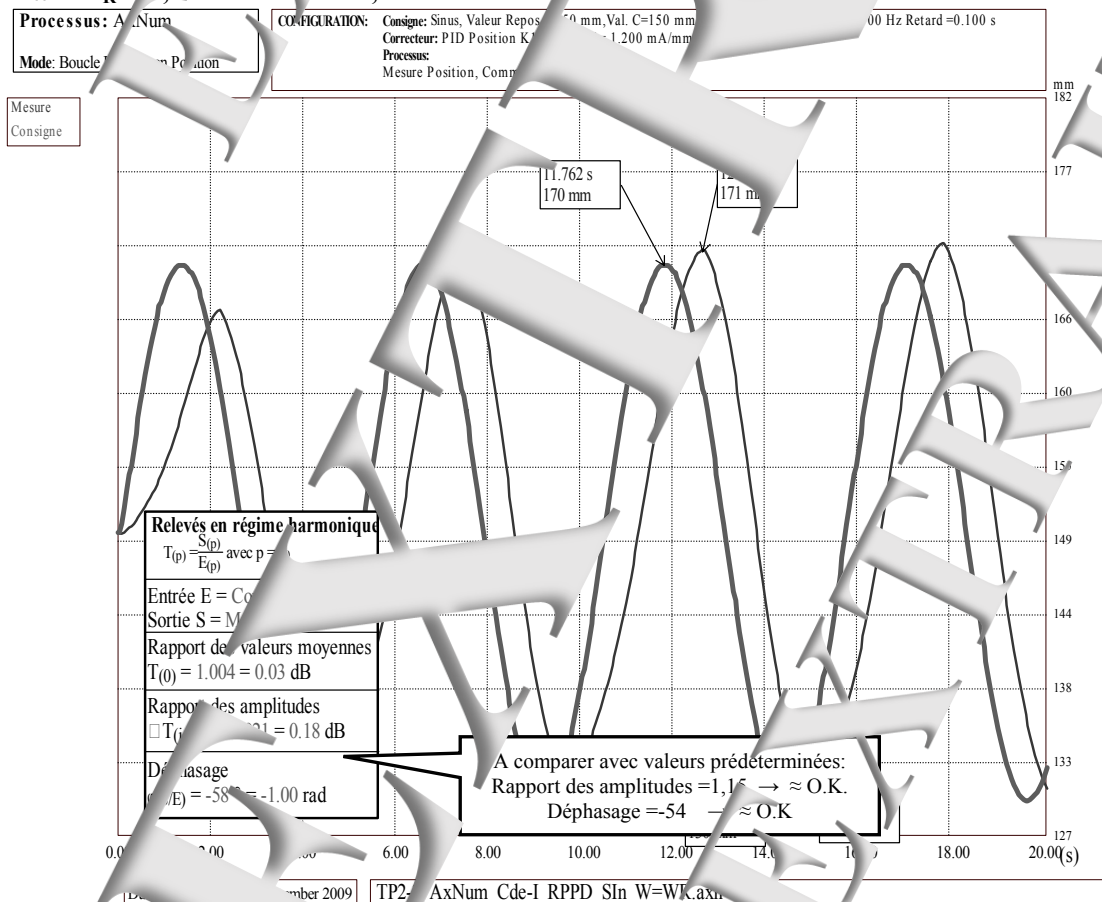
(A la pulsation propre)



à $\omega = 2 \cdot \omega_F = 3,4 \text{ rad/s} \rightarrow F = \omega/2\pi = 0,54 \text{ Hz}$ (Une octave au-dessus de la pulsation propre)



à $\omega = \omega_R = 1,2 \text{ rad/s}$ soit $F=0,19 \text{ Hz}$



1. Prédéterminations

1.1. Rappel des hypothèses et notations

Dans ce TP on envisage un asservissement de position avec commande tangentielle.

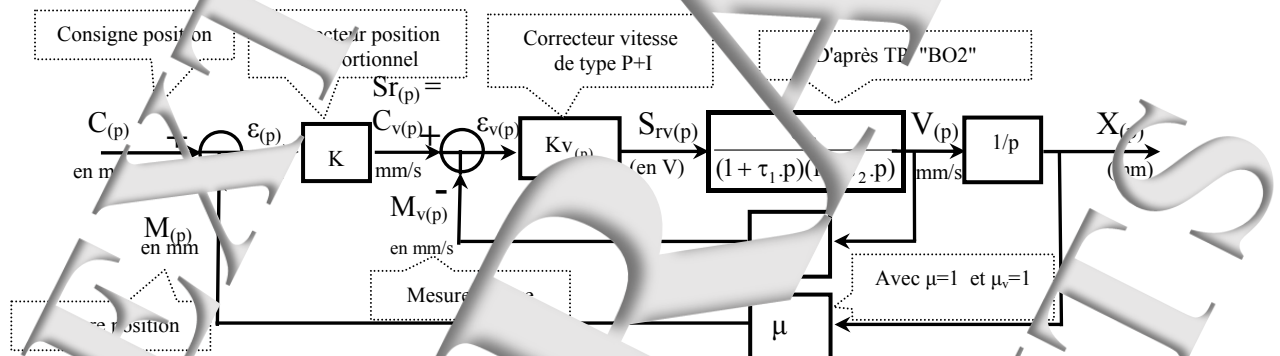
C'est un système à deux boucles:

- une boucle externe en position
- une boucle interne en vitesse.

Le correcteur externe (correcteur position) est un correcteur simplement proportionnel.

Le correcteur interne (correcteur vitesse) est un correcteur de type P+I.

Si le frottement sec est compensé, on peut admettre le système en boucle fermée, en position:



Remarque:

La sortie du régulateur de position $\epsilon(p)$ est aussi la consigne de vitesse ($C_v(p)$) de la boucle de vitesse.

1.2. Réglage et comportement de la boucle interne (boucle de vitesse)

Soit un correcteur de type P+I de fonction de transfert $K_{v(p)} = K \frac{1 + T_i p}{T_i p}$ avec $T_i = \tau_1$

☞ **Fonction de transfert de la boucle interne** $F_{v(p)} = V(p)/C_v(p)$

Après avoir effectué la simplification qui s'impose car on choisit:

$T_i = \tau_1 = 0,03S$ (d'après "Cde-U_BO2")

$$\frac{V(p)}{C_v(p)} = \frac{K \frac{\alpha_u}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)}}{1 + K \frac{\alpha_u}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)}} = \frac{K \alpha_u}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p) + K \alpha_u} = \frac{1}{\mu_v} \frac{1}{1 + \frac{\tau_1}{K \alpha_u \mu_v} p + \frac{\tau_1 \tau_2}{K \alpha_u \mu_v} p^2}$$

Par identification on trouve:

$$\omega_{vF}^2 = \frac{K \alpha_u \mu_v}{\tau_1 \tau_2} \quad \text{et} \quad \frac{2 \xi_{vF}}{\omega_{vF}} = \frac{\tau_1}{K \alpha_u \mu_v} \quad \text{soit:} \quad \xi_{vF} = \frac{\omega_{vF} \tau_1}{2 K \alpha_u \mu_v} \quad \text{et:} \quad \xi_{vF} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\tau_1}{K \alpha_u \mu_v \tau_2}}$$

☞ **Réglage imposé**

D'après les résultats obtenus en TP Cde-U_BO2 et pour obtenir $\xi_{vF} = 1$

il faut choisir $\tau_1 = 0,03$ soit: $K = 0,21$ et la pulsation propre vaudra: $\omega_{vF} = 68,5 \text{ rad/s}$

☛ Réponse à un échelon de consigne vitesse constant

$$Cv(t) = A \cdot u(t) \quad] \quad Cv(p) = \frac{A}{p}$$

On en déduit la transformée de Laplace de la vitesse $V(t)$:

$$V(p) = T_{F(p)} \cdot C(p) \quad \text{d'où:} \quad V(p) = \frac{A}{p \left(1 + \frac{p}{\omega_{vF}}\right)^2}$$

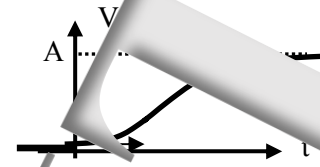
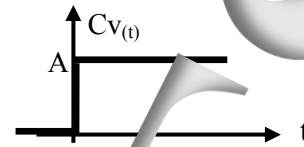
Par transformée inverse, on en déduit l'expression $V(t)$

$$V(t) = A(1 - (1 + \omega_{vF} \cdot t)e^{-\omega_{vF} \cdot t})$$

→ réponse apériodique avec une pente à l'infini nulle

Le temps de réponse à 5% est solution de

$$V(t) = A(1 - (1 + \omega_{vF} \cdot t)e^{-\omega_{vF} \cdot t}) = 0,95 \cdot A$$



$$t_{0.74} = 0,069S$$

☛ Réponse à une excitation sinusoïdale de pulsation ω_{vF}

Soit le signal d'excitation: $C(t) = C_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)$

Le système étant linéaire, on aura $V(t) = V_1 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$

Dans ce cas, on peut exprimer la fonction de transfert sous la forme complexe

$$(\text{en faisant } p = j \cdot \omega) \quad \frac{V_1}{C_1} = \frac{1}{(1 + j \cdot \omega / \omega_{vF})^2} \quad \text{où } C_1 \text{ est pris comme origine des phases}$$

Rapport des amplitudes à la pulsation imposée $\omega = \omega_{vF}$:

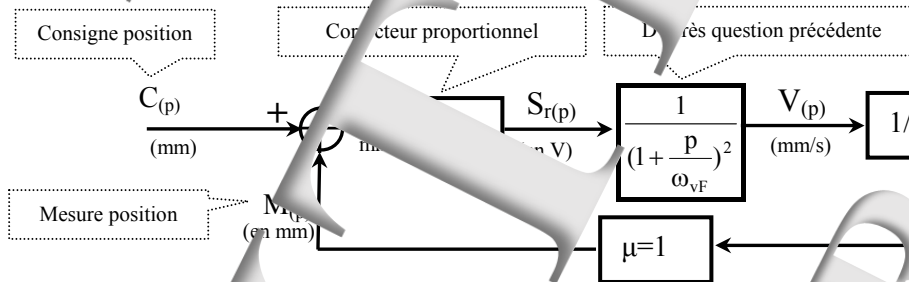
$$\frac{V_1}{C_1} = \left\| \frac{1}{(1 + j \cdot \omega / \omega_{vF})^2} \right\| = \frac{1}{(\sqrt{1 + \omega^2 / \omega_{vF}^2})^2} = 0,5$$

et le déphasage:

$$\varphi(V/C) = \text{Arg} \left[\frac{1}{(1 + j \cdot \omega / \omega_{vF})^2} \right] = -2 \cdot \text{Arg} \left[1 + j \cdot \omega / \omega_{vF} \right] = -\frac{\pi}{2} = -90^\circ$$

1.3. Régulation de la boucle externe (règle de position)

D'après le réglage fait précédemment, on peut admettre le bloc donné ci-après



1.3.1. Fonction de transfert en boucle fermée

$F(p) = X(p) / C(p)$ mise sous la forme ci-contre.

$$\frac{X(p)}{C(p)} = \frac{K_F}{p(1 + p/\omega_{vF})^2 + K_F \mu} = \frac{K_F \mu}{1 + \frac{1}{K_F \mu} p + \frac{2}{K_F \mu \omega_{vF}} p^2 + \frac{1}{K_F \mu (\omega_{vF})^2} p^3}$$

Par identification avec la forme proposée avec $\mu=1$

$$K_F = \frac{1}{\omega_{vF}^2} = 1 \quad a_1 = \frac{1}{\omega_{vF}} \quad a_2 = \frac{2}{\omega_{vF}} \quad \text{et} \quad a_3 = \frac{1}{K_F (\omega_{vF})^2}$$

$$\frac{C(p)}{X(p)} = \frac{K_F}{1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3} \quad (\text{en mm})$$

$$\frac{C(p)}{X(p)} = \frac{K_F}{1 + 2 \cdot \xi_F \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2}} (1 + \tau_F p) \quad (\text{en mm})$$

☞ Identification avec la forme proposée:

On obtient le système d'équation

$$(1) \frac{2\xi_F}{\omega_F} + \tau_F = \frac{1}{K}$$

$$(2) \frac{2\xi_F \tau_F}{\omega_F} + \frac{1}{\omega_F^2} = \frac{2}{K \omega_{vF}}$$

$$\text{et } (3) \frac{\tau_F}{\omega_F^2} = \frac{1}{K (\omega_{vF})^2}$$

où: K_F est le coefficient de transfert en boucle fermée
 ξ_F est le coefficient d'amortissement boucle fermée
 ω_F est la pulsation propre en boucle fermée en rad/S:
 τ_F est une constante de temps en boucle fermée en S

☞ Si on choisit $\xi_F = 0,5$

$$(1) \frac{1}{\omega_F} + \tau_F = \frac{1}{K}$$

$$(2) \frac{1}{\omega_F} = \frac{2}{K \omega_{vF}}$$

$$\text{et } (3) \frac{\tau_F}{\omega_F^2} = \frac{1}{K (\omega_{vF})^2}$$

Si on divise la première équation par ω_F , elle devient égale à la deuxième.

On en déduit l'expression de ω_F :

$$\omega_F = \frac{\omega_{vF}}{2} = 34,25 \text{ rad/s}$$

On a ensuite un système de 2 équations: (1) $\frac{2}{\omega_F} + \tau_F = \frac{1}{K}$ et (3) $4\tau_F = \frac{1}{K}$

dont la solution est: $K = \frac{3 \cdot \omega_{vF}}{8}$ et $\tau_F = \frac{2}{3 \cdot \omega_{vF}}$

D'après les résultats obtenus précédemment: $\omega_{vF} = 68,5 \text{ rad/s}$

$$K = 25,7 \text{ et } \tau_F = 0,0097 \text{ S}$$

1.3.2 Comportement en régime statique

☞ Coefficient de transfert statique: $K_F = 1$

Le système est donc précis statiquement car la constante statique est donc nulle.

1.3.3. Comportement en régime dynamique

Régime dominant

Le comportement en régime dynamique dépend des pôles de sa fonction de transfert. Les pôles dépendent de la valeur du coefficient d'action différentielle K .

D'après le tracé des lieux d'Evans (Lieux des pôles de $F(p)$ lorsque l'on fait varier K de 0 à l'infini), on constate que les 2 pôles complexes conjugués sont dominants par rapport au pôle réel car ils sont situés plus près de l'origine.

Le pôle réel pourra être négligé si l'inégalité

$$1/\tau_F > 5 * (\xi_F \cdot \omega_F) \text{ est satisfaite.}$$

Soit, dans notre cas, pour $\xi_F = 0,5$ $1/\tau_F > 2,5 \cdot \omega_F$

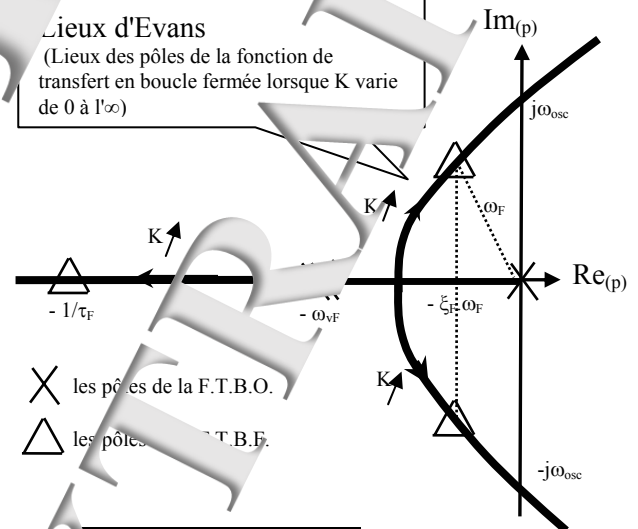
D'après l'application numérique:

$$1/\tau_F = 100$$

On pourra donc utiliser une simplifiée de la fonction de transfert en boucle fermée ci-contre:

Lieux d'Evans

(Lieux des pôles de la fonction de transfert en boucle fermée lorsque K varie de 0 à l'infini)



X les pôles de la F.T.B.O.

△ les pôles de la F.T.B.F.

$$F(p) = \frac{K_F}{1 + 2\xi_F \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2}}$$

a/ Comportement en régime d'échelon constant à partir d'une position de repos

$$C_{(t)} = A \cdot u_{(t)} \quad \text{où } u_{(t)} \text{ est la fonction échelon unitaire } \left[C_{(p)} = \frac{A}{p} \right]$$

Soit $X_{(p)} \approx \frac{K_F \cdot A}{p \left(1 + 2 \cdot \xi_F \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2} \right)}$ [$X_{(t)} \approx \frac{A}{\mu} \left(1 - \xi_F e^{-\xi_F \omega_F t} \left(\sin(\omega_F \sqrt{1 - \xi_F^2} t + \chi) \right) \right)$ avec $\chi = \text{ArcCos}(\xi_F)$]

A condition que le coefficient d'amortissement soit inférieur à 1.

La réponse est donc pseudo oscillatoire (oscillations dont l'amplitude diminue avec le temps) avec une pulsation des pseudo oscillations $\omega = \omega_F \sqrt{1 - \xi_F^2} = 32,25 \sqrt{1 - 0,25} = 28 \text{ rad/s}$

soit une pseudo période égale $0,22 \text{ s}$.

L'instant du dépassement, noté t_d , se produit à une demi pseudo période soit $t_d = 0,22/2 = 0,11 \text{ s}$

Temps de réponse à 5%

Sur l'abaque des temps de réponse réduits,

on lit: $tr_{5\%} \cdot \omega_F \approx 5 \rightarrow$

$$tr_{5\%} \approx \frac{5}{32,25} = 0,155 \text{ s}$$

- Dépassements

Sur l'abaque des dépassements en valeur relative, on lit:

- Premier dépassement: $D_{1r} \approx 0,15 = 15\%$

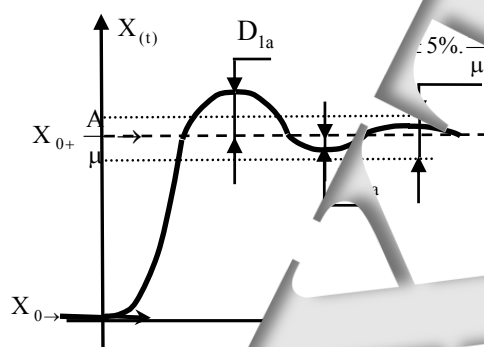
- Deuxième dépassement: $D_{2r} \approx 0,025 = 2,5\%$

Seul le premier dépassement est supérieur à 5%

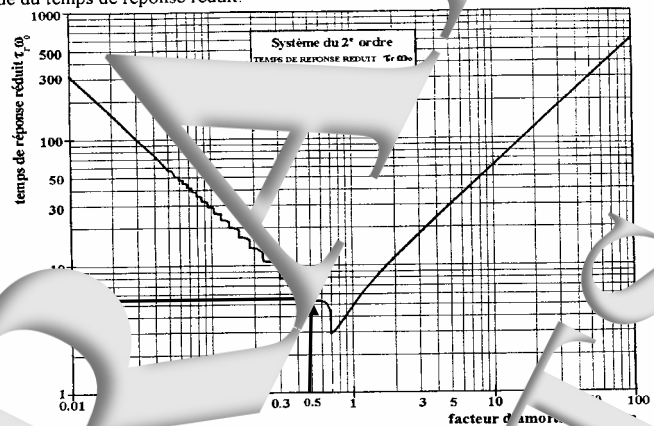
On en déduit les dépassements en valeur absolue:

- Premier dépassement: $D_{1a} \approx 0,15(A/\mu)$

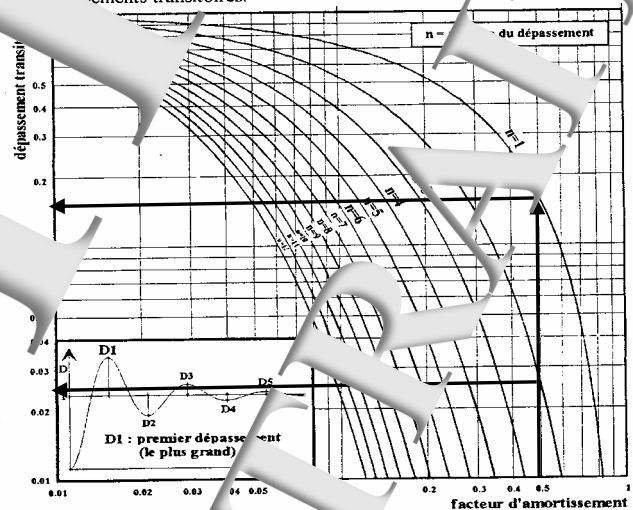
- Deuxième dépassement: $D_{2a} \approx 0,025(A/\mu)$

- Allure de la réponse temporelle

Abaque du temps de réponse réduit.



Dépassements transitoires.

**Etude de la stabilité**

Le système étant du troisième ordre, il peut devenir juste instable pour une valeur particulière du coefficient d'action proportionnelle K . Ceci est confirmé par la figure 2.11 des données précédemment; croisement de l'axe imaginaire par deux de ces lieux.

Si le système est juste instable, la pulsation des oscillations entretenues notée ω_{osc} est solution de l'équation:

$$\text{Arg}[FTB] = -\pi \quad -\frac{\pi}{2} - \text{ATAN}(\omega_{osc} / \omega_{VF}) = -\pi \quad \rightarrow \quad \omega_{osc} = \omega_{VF} = 64,5 \text{ rad/s}$$

La valeur critique de K (notée K_c) qui conduit à ce fonctionnement particulier est solution de l'équation :

$$\left\| \overline{FTBO}_{(j\omega_{osc})} \right\| = 1 \rightarrow \frac{K}{\omega_{osc} \cdot (\sqrt{1 + (\omega_{osc}/\omega_{VF})^2})^2} = 1 \rightarrow \boxed{K_c = 2 \cdot \omega_{VF}}$$

Application numérique d'après les résultats obtenus précédemment: $\boxed{K_c = 100 \text{ mm/s/mm}}$

b/ Comportement en régime sinusoïdal autour d'une position de repos

Dans ce cas la consigne a pour expression :

$C(t) = C_0 + A \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot u(t)$ où C_0 est la consigne de repos et $u(t)$ est la fonction échelon.

On fait $p = j\omega$ dans la fonction de transfert soit :

$$\frac{\overline{X}_1}{C_1} = \frac{K_F}{1 + 2 \cdot \xi_F \frac{j\omega}{\omega_F} + \left(\frac{j\omega}{\omega_F}\right)^2}$$

$$\frac{\overline{X}_1}{C_1} = \frac{1/\mu}{\left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2 + j2 \cdot \xi_F \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)}$$

soit le module (rapport des amplitudes) :

$$\left\| \frac{\overline{X}_1}{C_1} \right\| = \frac{K_F}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2\right)^2 + \left(2 \cdot \xi_F \frac{\omega}{\omega_F}\right)^2}}$$

et l'argument (déphasage X/C) :

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -\text{ATAN} \left(\frac{2 \cdot \xi_F \frac{\omega}{\omega_F}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_F}\right)^2} \right)$$

Dans le cas où $\omega = \omega_F$ (Pulsation propre) et pour $\xi_F = 0,5$:

$$\left\| \frac{\overline{X}_1}{C_1} \right\| = \frac{K_F}{\sqrt{(1 - 1)^2 + 1^2}} = 1$$

$$\varphi_{(X_1/C_1)} = -\text{ATAN} \left(\frac{1}{1 - 1} \right) = -\frac{\pi}{2} = -90^\circ$$

c/ Comportement en régime d'échelon de vitesse (ramp) à partir d'une position de repos

Dans ce cas, le système est excité par un échelon de vitesse :

$C(t) = V \cdot t \cdot u(t)$ soit par transformation :

$$C(z) = \frac{V}{p^2}$$

Calcul de l'erreur de traînage à l'état de l'expression de l'écart

Si on exprime la transformée de l'écart: $\varepsilon(p) = C(p) - M(p) = C(p) - O(p) \cdot \varepsilon(p) \rightarrow \varepsilon(p) = \frac{C(p)}{1 + O(p)}$

$$\text{Avec: } O(p) = \frac{M(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{k}{p(1 + p/\omega_{VF})^2}$$

Par définition, l'erreur de traînage c'est: $\varepsilon_T = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t)$

D'après le théorème sur la valeur finale: $\varepsilon_T = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} (p \cdot \varepsilon(p))$

$$\varepsilon_T = \lim_{p \rightarrow 0} \left[p \cdot \frac{1}{1 + \frac{k}{p(1 + p/\omega_{VF})^2}} \right] \cdot \frac{V}{p^2} = \lim_{z \rightarrow 1} \left[\frac{1}{1 + \frac{k}{p(1 + p/\omega_{VF})^2}} \right] \cdot V$$

Si on fait $p = 0$:

$$\varepsilon_T = \frac{V}{k}$$

Application numérique:

Pour $V = 85 \text{ mm/s}$ $K = K_2 = 25,7 \text{ mm/s/mm}$
on obtient:

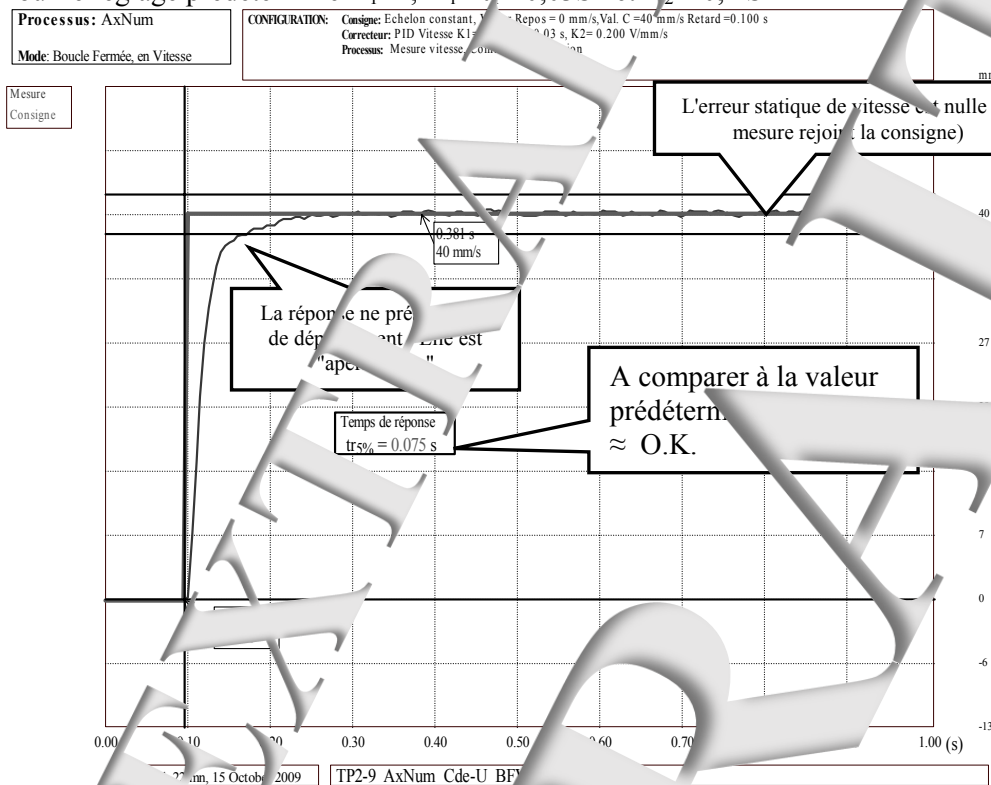
$$\boxed{\varepsilon_T = 3,3 \text{ mm}}$$

2. Expérimentations et exploitation

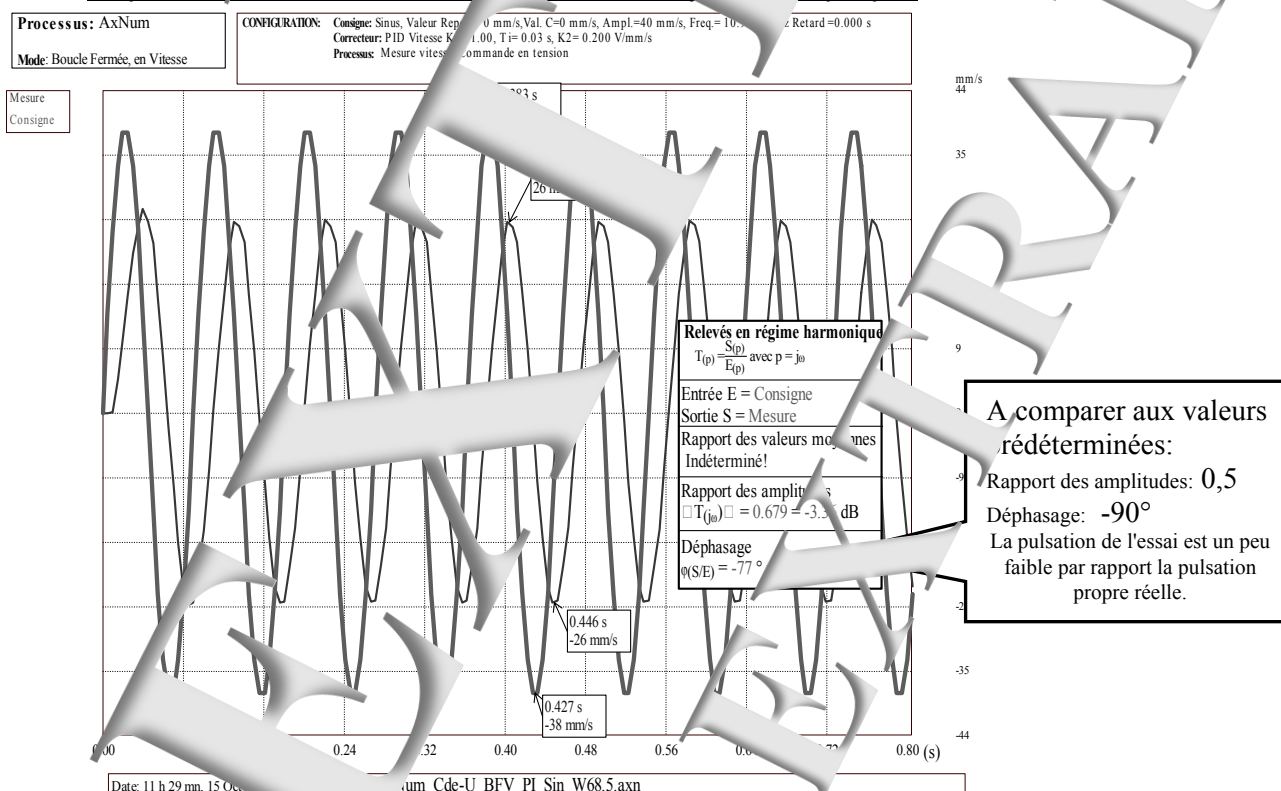
2.1. Expérimentation de la boucle interne (boucle de vitesse)

2.1.1. Réponse à un échelon constant

Pour le réglage prédéterminé $K_1=1$; $T_i=\tau=0,03\text{ S}$ et $K_2=0,2\text{ S}$



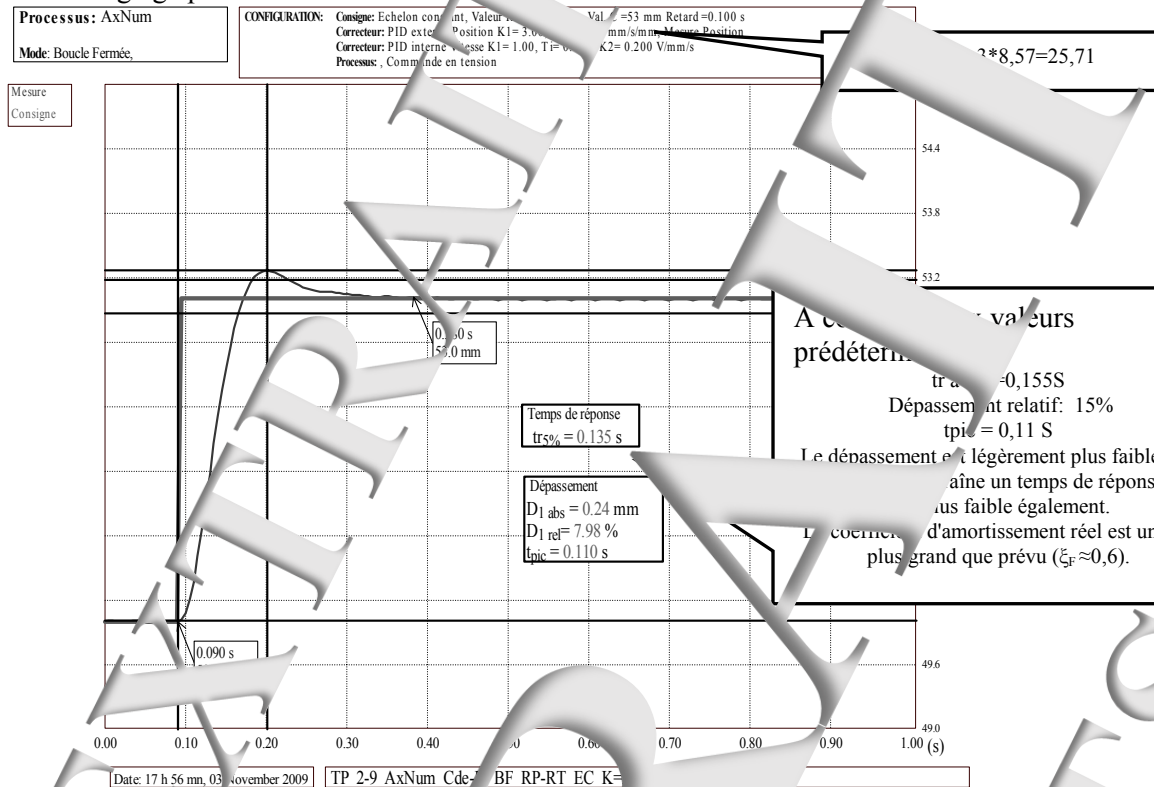
2.1.2. Réponse à une excitation sinusoïdale à la pulsation propre



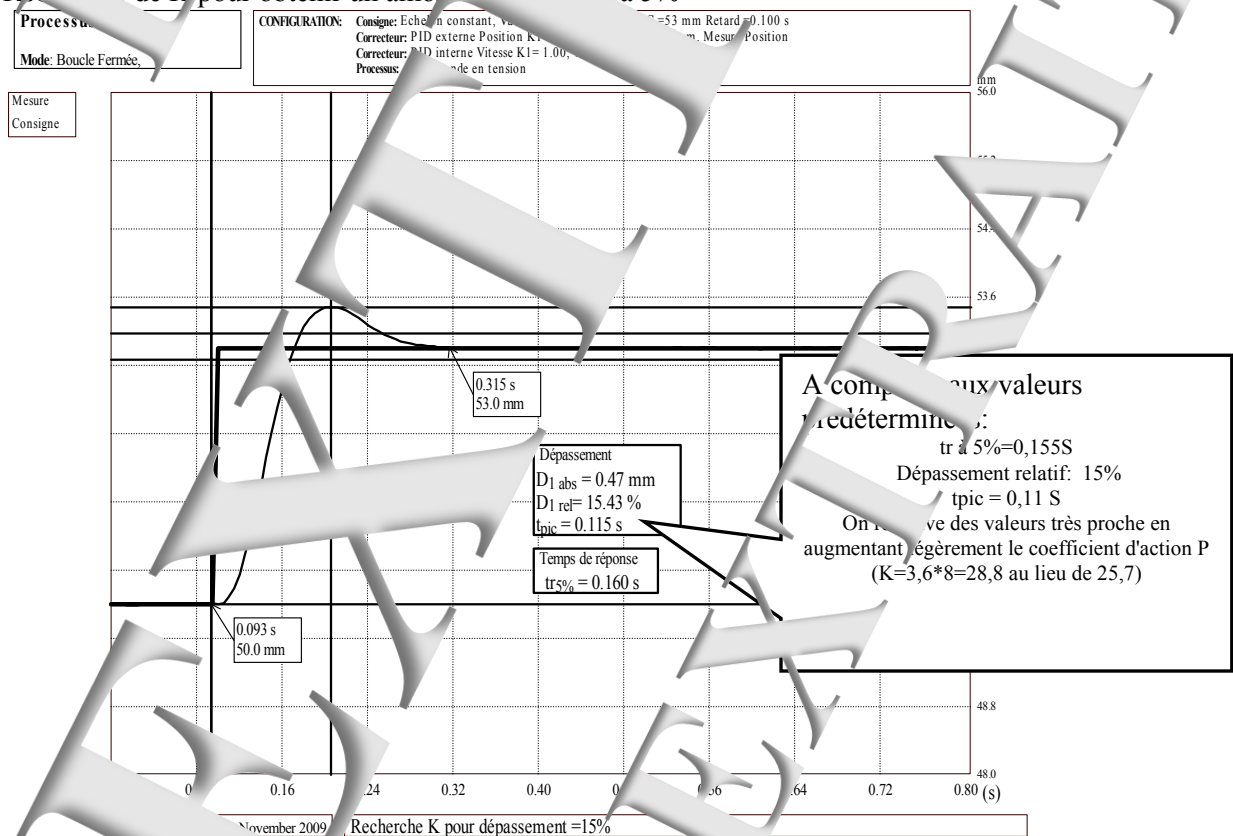
2.2. Expérimentation de la boucle externe (boucle de position)

2.2.1. Réponse à un échelon constant

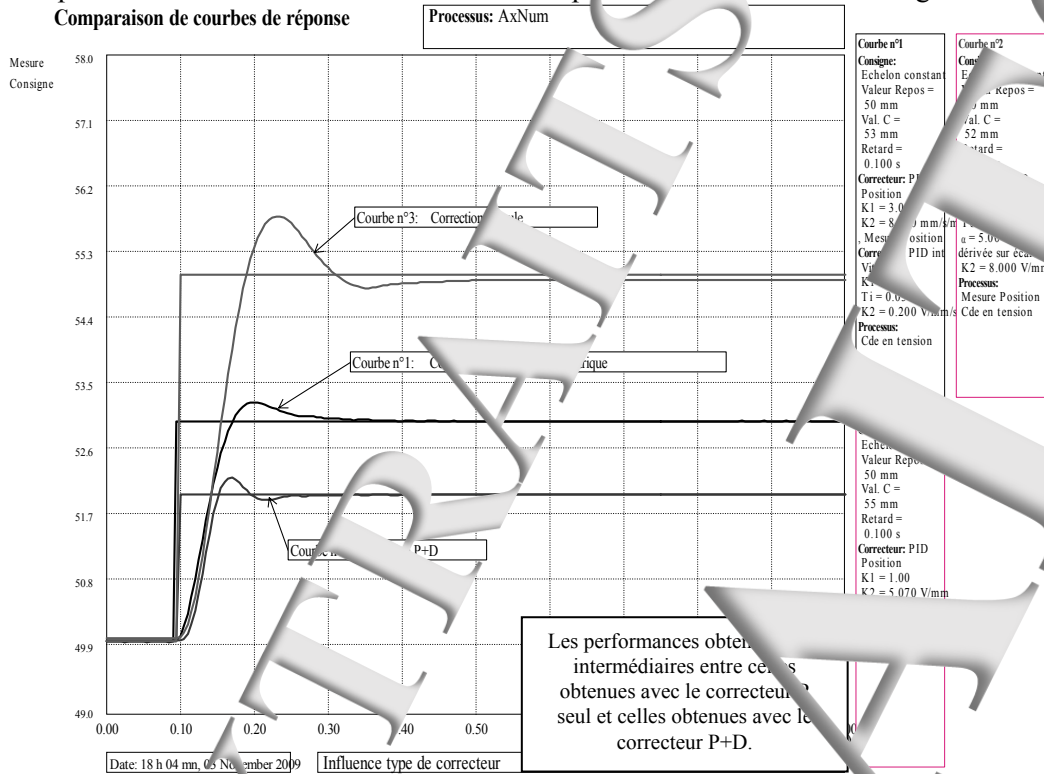
Pour le réglage prédéterminé:



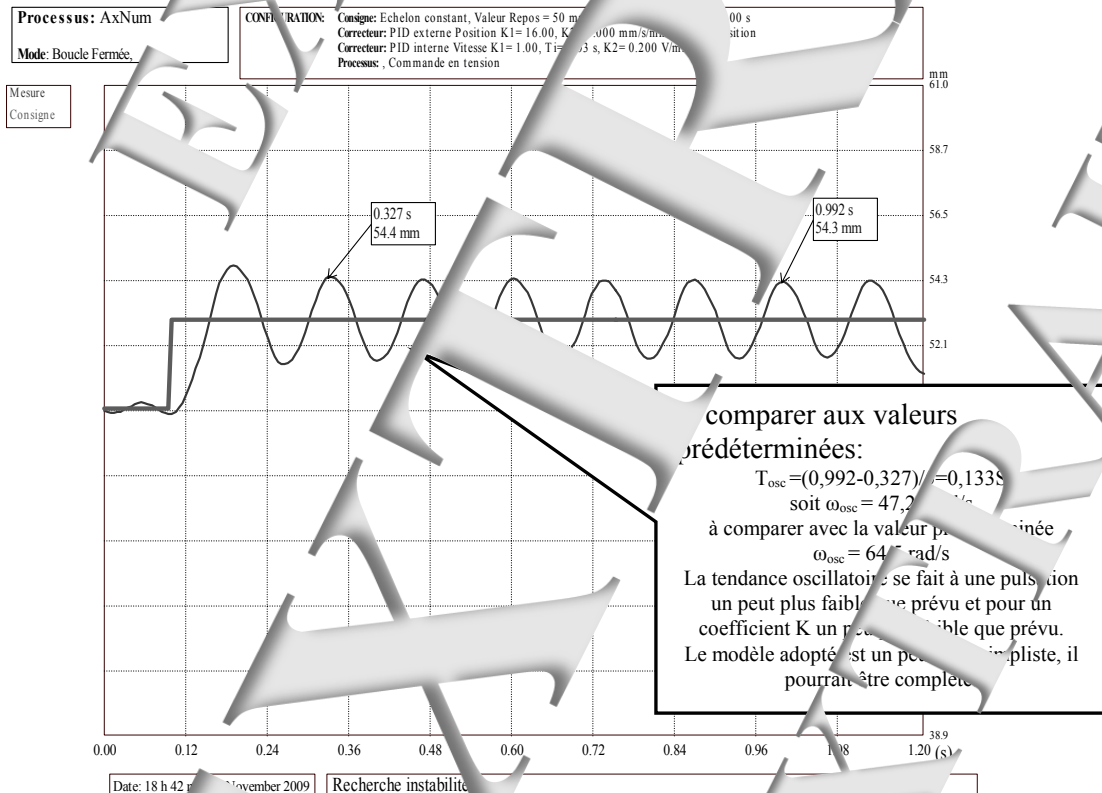
Recherche de K pour obtenir un amortissement à 5%



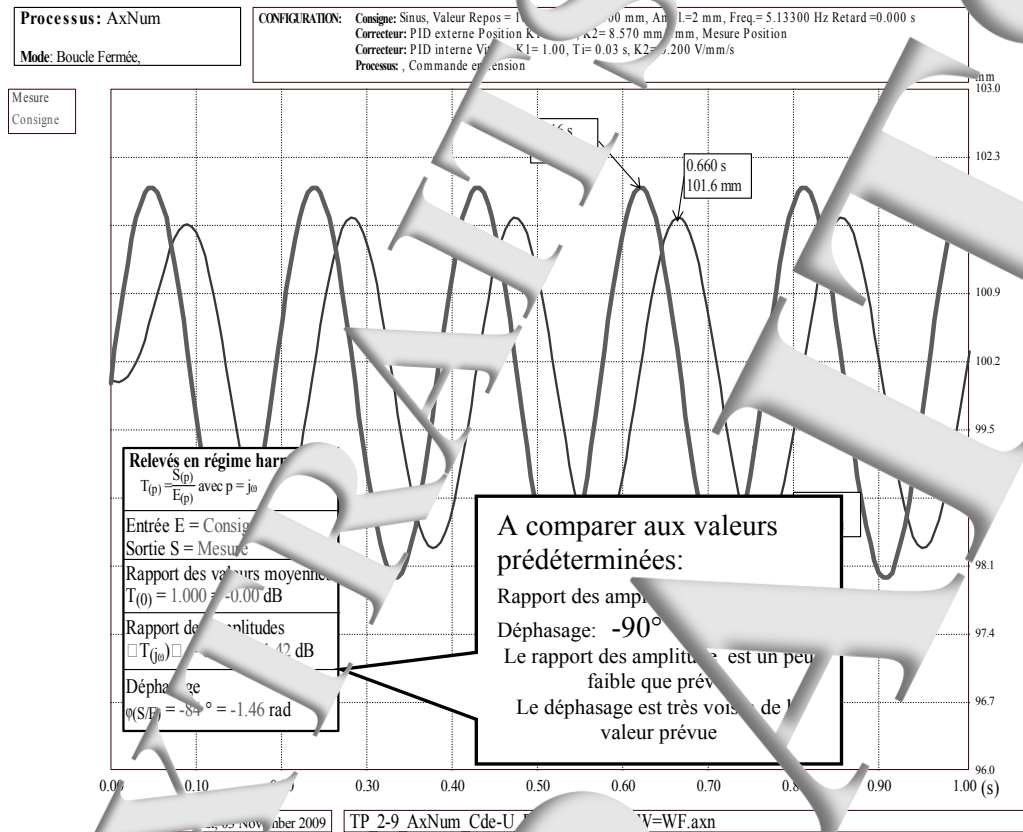
Comparaison avec les résultats obtenus aux TP précédents pour un même degré de stabilité



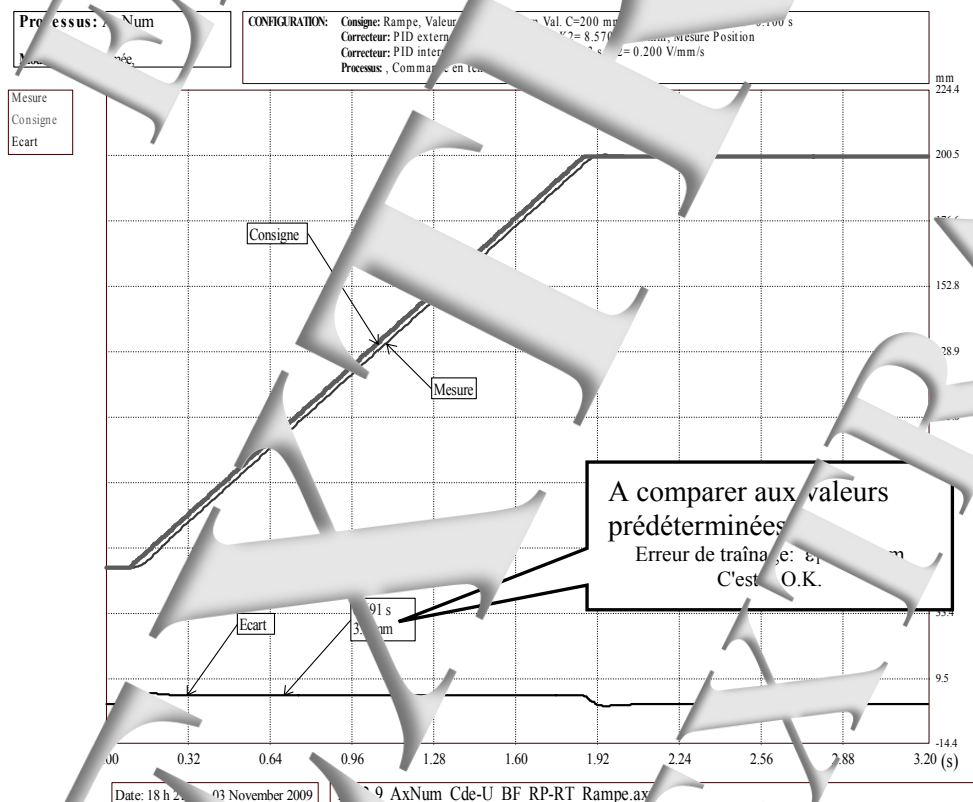
Recherche de la stabilité:



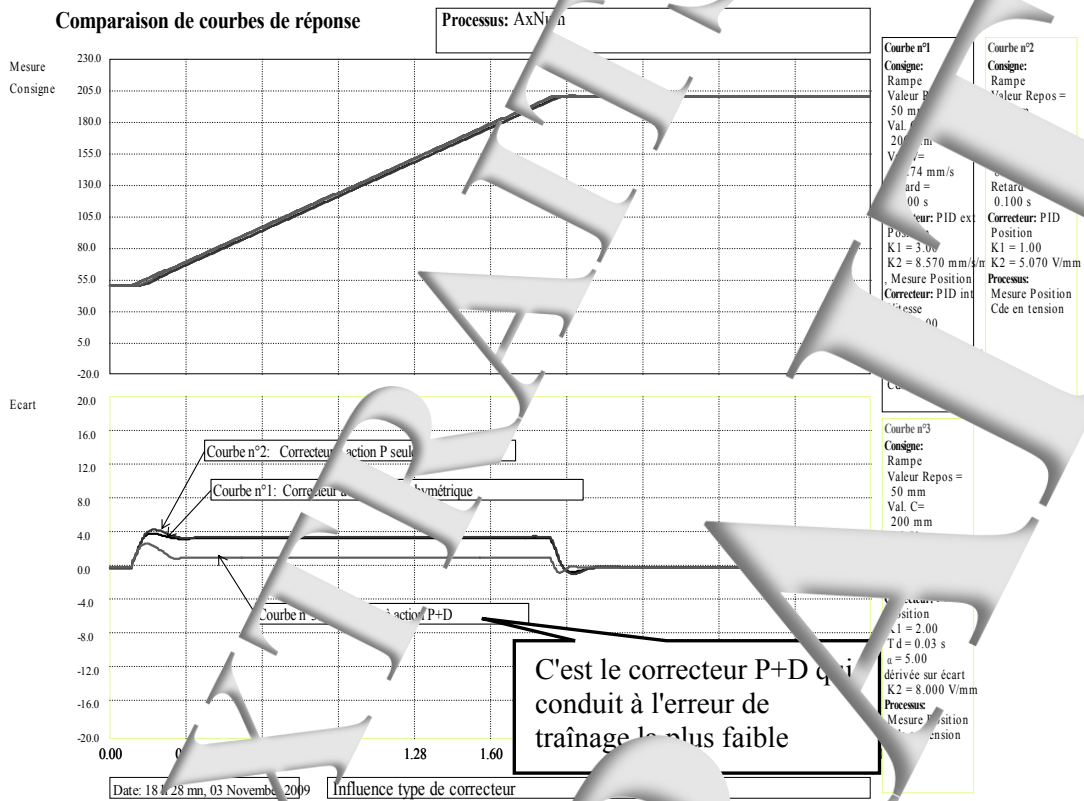
2.2.2. Réponse à une excitation sinusoïdale



2.2.3. Comportement en régime d'échelon ou de rampe



Comparaison avec les résultats obtenus aux TP précédents, pour un même degré de stabilité.



Rappel du but du TP:

Le but du TP est de faire la synthèse du système d'asservissement « AxNum » (Réf : ERD150) à l'aide de l'outil de simulation « Scilab-Xcos ».

Les résultats de simulation seront confrontés au comportement du processus réel qui sera expérimenté grâce au logiciel de contrôle commande d'acquisition « D_CCA » développé par « Didalab » et appelé dans le cas du système « AxNum » « D_AXNUM ».

C'est le logiciel « D_Scil », développé par « Didalab » qui réalise l'interface entre la simulation et l'expérimentation du processus.

La particularité de ce TP 2-12 par rapport au TP 2-10 est que, le cas présent, la compensation du frottement sec est désactivée.

1. Modification du modèle obtenu lors du TP 2-10

1.1. Expérimentations sous D-Axnum

- On a déterminé les courants de démarrage (valeurs limites qui permettent le démarrage du chariot) :

$S_r = 108 \text{ mA}$ pour Vitesse $N > 0$ et $S_r = -90 \text{ mA}$ pour Vitesse $N < 0$

→ Soit une valeur limite $S_r = 98 \text{ mA}$

1.2. Exploitation / modélisation

→ Rappel de la caractéristique idéalisée du couple résistant

C'est une caractéristique non linéaire en 3 parties :

→ Si $V > 0$ alors C_r est sensiblement constant et égal à C_s

→ Si $V < 0$ alors C_r est sensiblement constant et égal à $-C_s$

→ Si $V = 0$ alors $C_r = C_{\text{moteur}}$

Fonctionnement statique avec l'égalité Action = Réaction

→ Rappel du système de fonctions de transfert

L'asservissement en courant est considéré parfait donc :

$$I_m(t) = 1. S_r(t)$$

Le couple électro-magnétique développé par le moteur est

directement proportionnel au courant dans le moteur :

k_m la constante de couple ($k_m = 43.10^{-3} \text{ N.m/A}$)

$$C_m(t) = K_m \cdot i_m(t) \quad C_m(p) = K_m \cdot I_m(p)$$

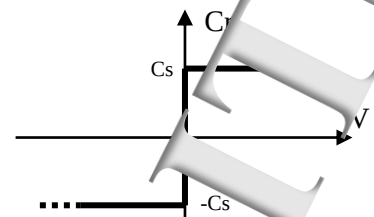
Le passage de la vitesse de rotation en rad/s au niveau de l'arbre moteur à la vitesse de déplacement du chariot mobile d'après les hypothèses énoncées ci-dessus, la relation d est donné en mm :

$$V(t) = r.(\Omega_m(t) - \Omega_m(2)). \Omega_m(p)$$

L'équation fondamentale de la dynamique:

$$C_m(t) - f. \Omega_m(t) - C_s. \text{signe}(\Omega_m) = J.d\Omega_m/dt$$

$$C_m(p) - \frac{C_s}{p} \text{Signe}(\Omega_m) - J.p.\Omega_m(p)$$



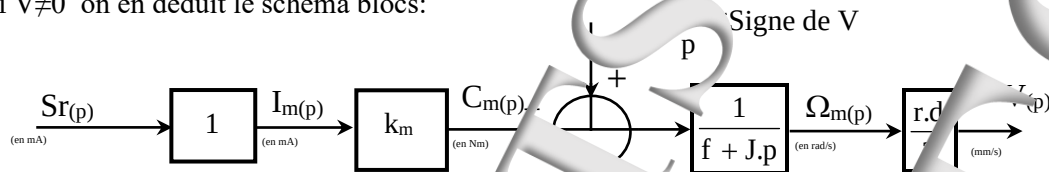
$$\frac{I_m(p)}{S_r(p)} = 1$$

$$\frac{C_m(p)}{I_m(p)} = k_m$$

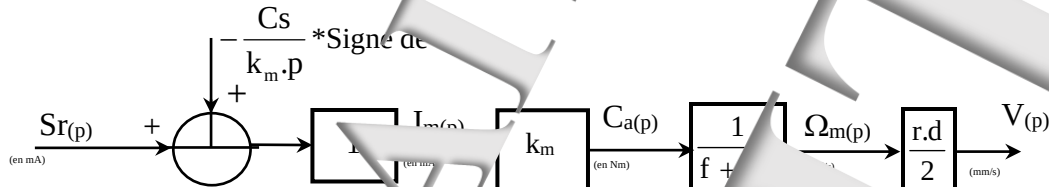
$$\frac{V(p)}{\Omega_m(p)} = \frac{r.d}{2}$$

$$\frac{\Omega_m(p)}{C_m(p) - \frac{C_s}{p} \text{signe}(\Omega_m)} = \frac{1}{f + J.p}$$

Si $V \neq 0$ on en déduit le schéma blocs :

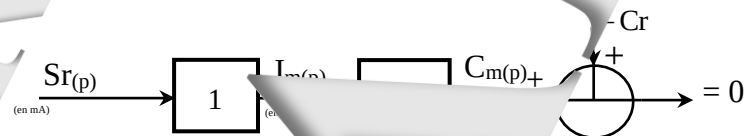


Ce schéma-blocs peut être transformé comme suit :

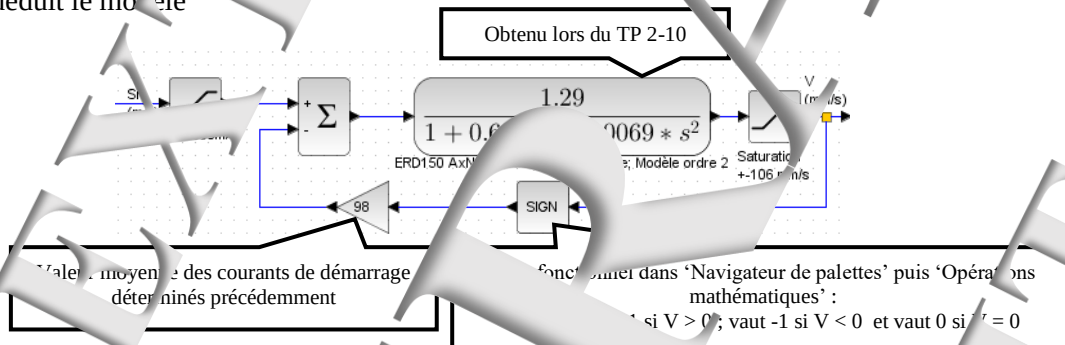


Or C_s/k_m n'est autre que le courant de démarrage

Si $V=0$ on en déduit le schéma blocs :



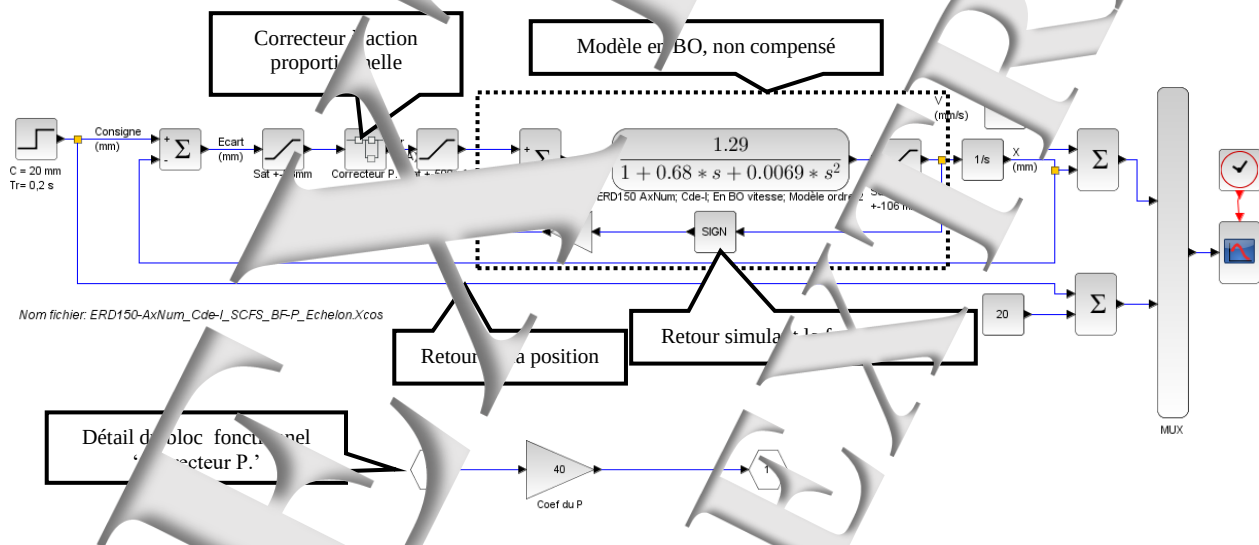
- On en déduit le modèle



2. Prototypage en boucle fermée position avec correcteur P.

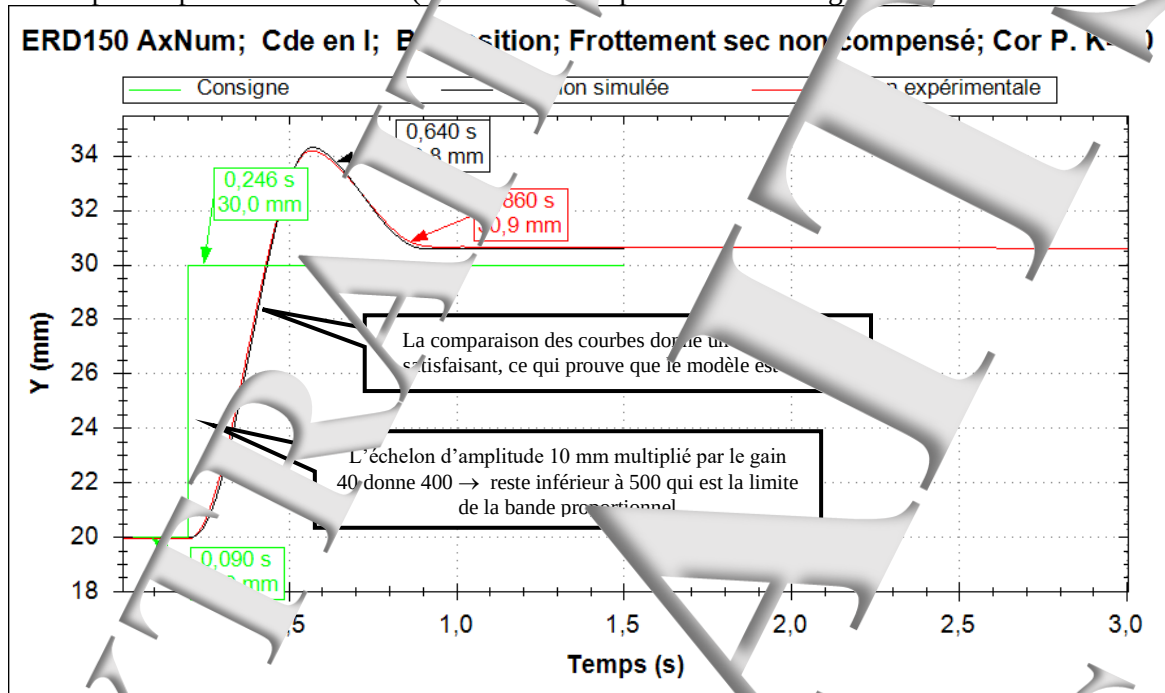
2.1. Etablissement du modèle

Modèle du système étudié, avec commande en courant, sans compensation du frottement sec, en boucle fermée position, avec correcteur proportionnel.

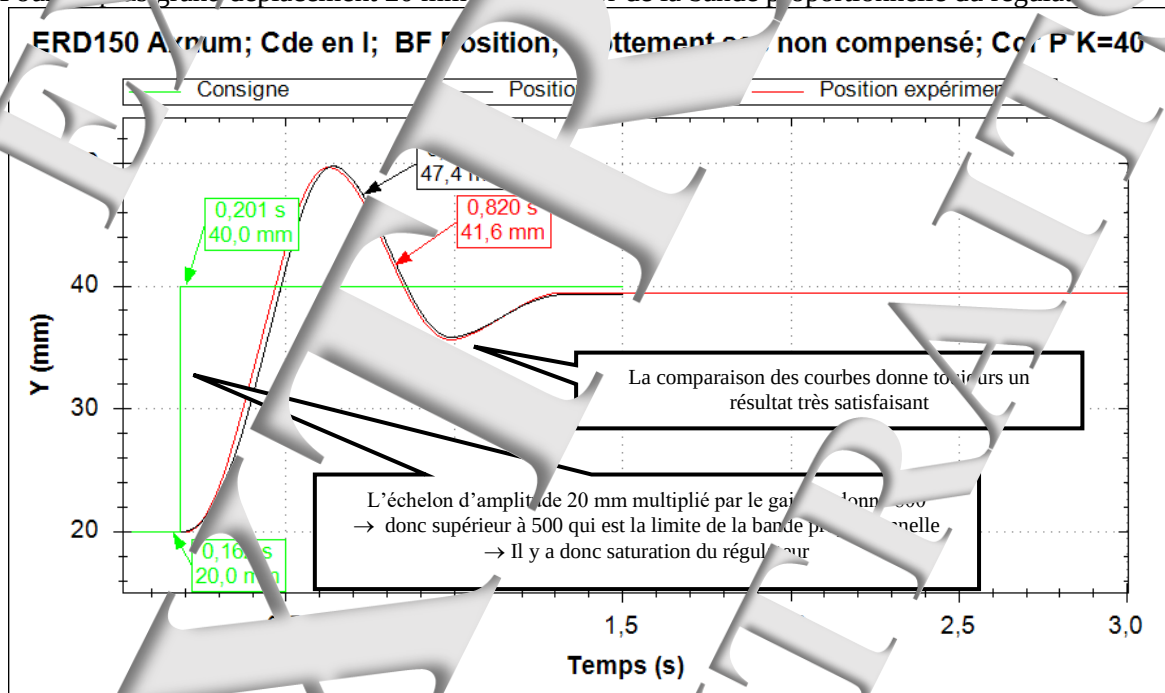


2.2. Résultat de simulation, synthèse et comparaison

- ☞ Pour un petit déplacement 10 mm (dans la bande proportionnelle du régulateur)



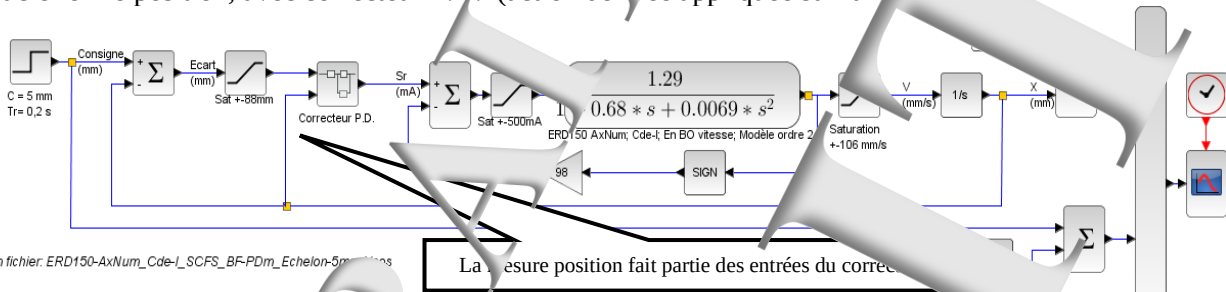
- ☞ Pour un grand déplacement 20 mm (hors de la bande proportionnelle du régulateur)



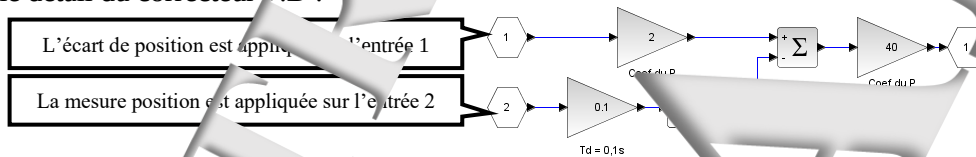
3. Prototypage en boucle fermée position avec correcteur P.D.

3.1. Etablissement du modèle

Modèle du système étudié, avec commande du moteur en courant, sans compensation du frottement sec, en boucle fermée position, avec correcteur P.D. (action dérivée appliquée sur la mesure de position).

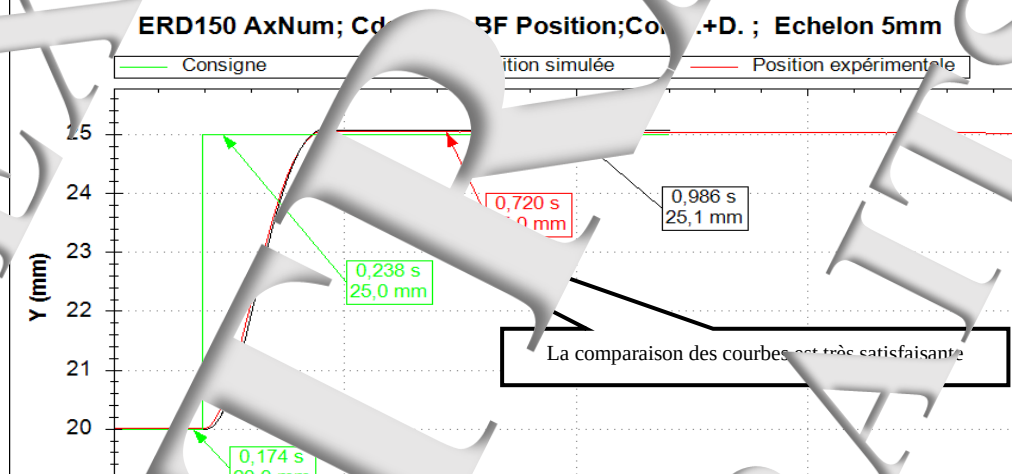


Avec le détail du correcteur P.D.

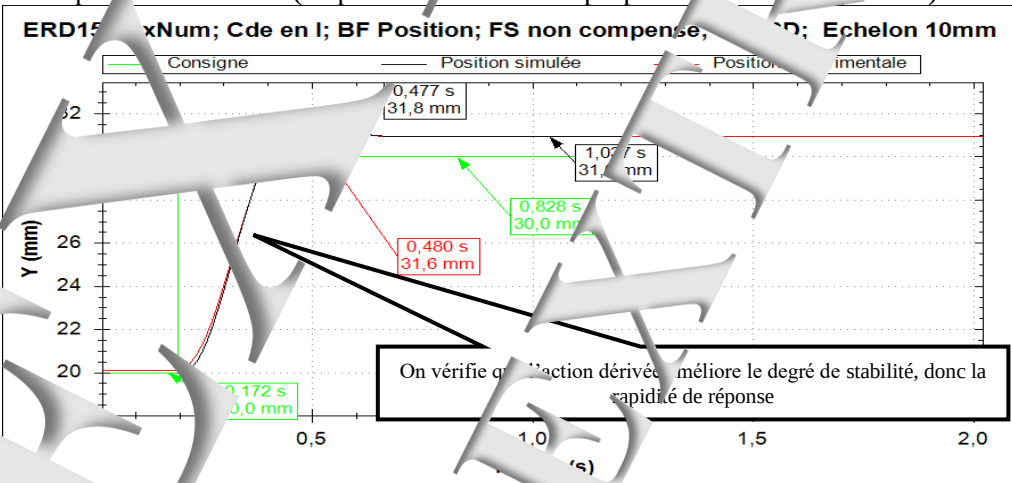


3.2. Résultats de simulation, synthèse et comparaison

☞ Pour un petit déplacement 5 mm (dans la bande proportionnelle du régulateur)

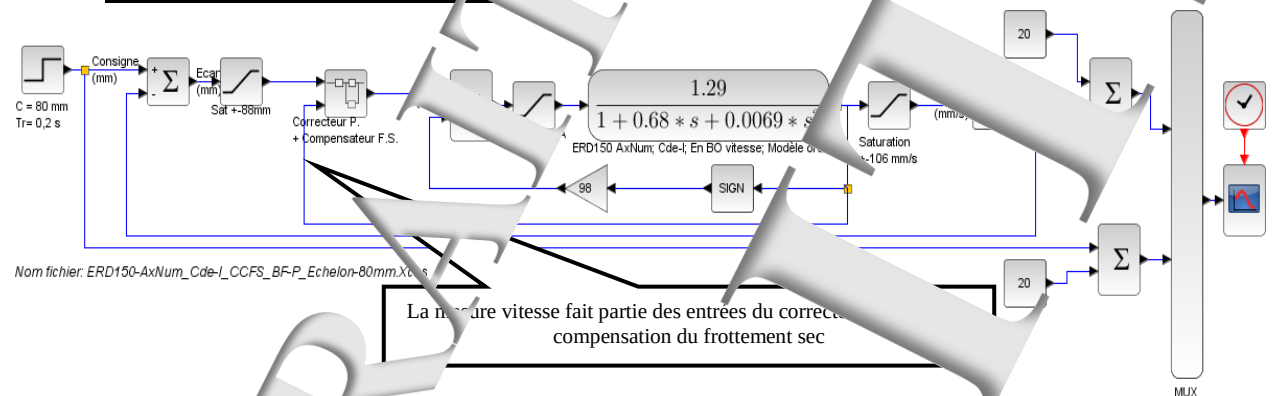


☞ Pour un plus grand déplacement 20 mm (en partie hors de la bande proportionnelle du régulateur)

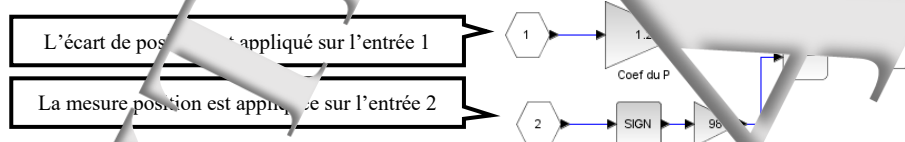


4. Prototypage en boucle fermée position avec correcteur P et réalisant un compensateur du frottement sec (CFS)

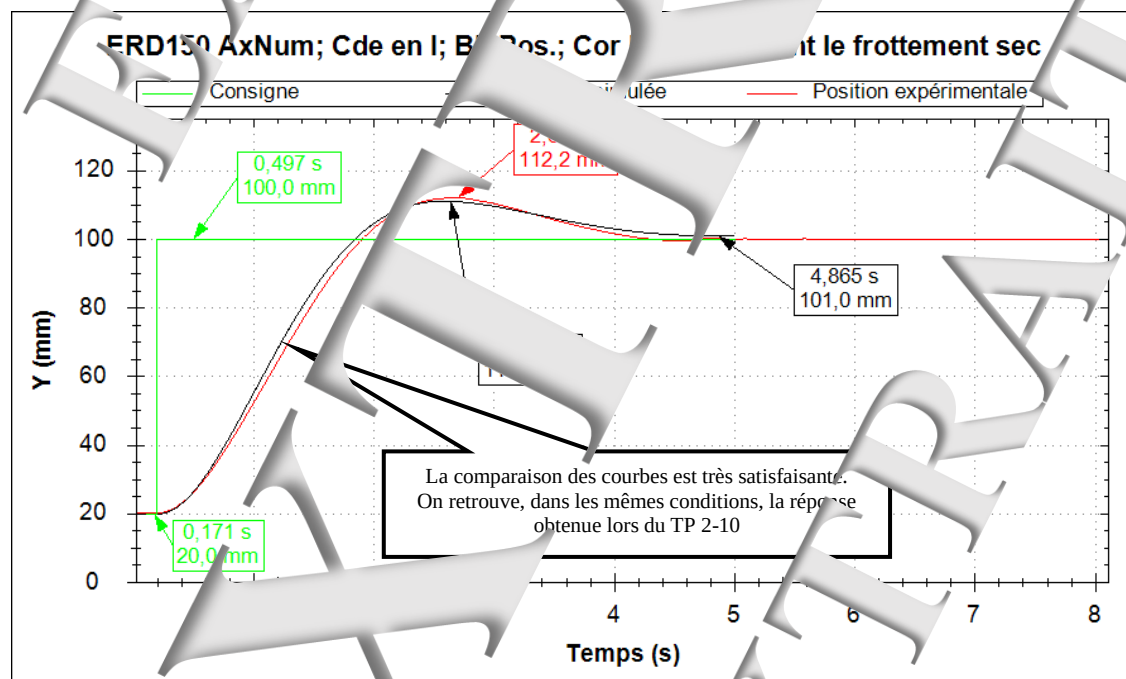
4.1. Etablissement du modèle



Détail du bloc fonctionnel Correcteur P. + Compensateur F.S.

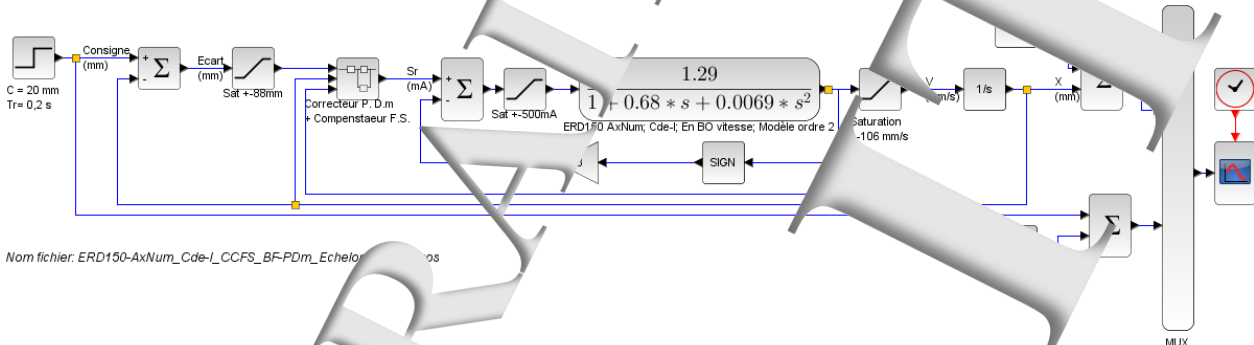


4.2. Résultats de simulation réponse et comparaison

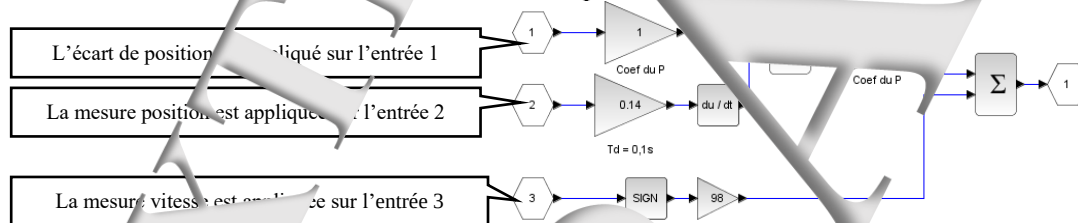


5. Prototypage en boucle fermée position avec correcteur P.D. et réalisant un compensateur du frottement sec (CCFS)

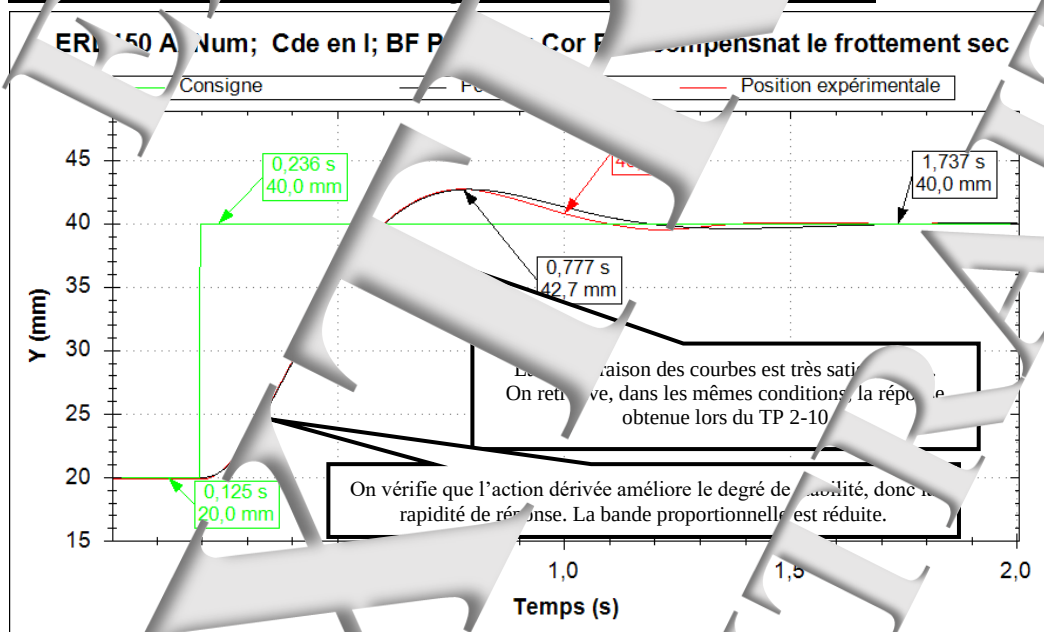
5.1. Etablissement du modèle



Détail du bloc fonctionnel 'Correcteur P.D.m + Compensateur F.S.'



5.2. Résultat de simulation, synthèse de comparaison



EXTRAITS
EXTRAITS
EXTRAITS

EXTRAITS
EXTRAITS
EXTRAITS

EXTRAITS
EXTRAITS
EXTRAITS

Date création: Janv 2021



Didalab
Z.A. de la Vallée de Saint-Pierre
Rue du Groupe Manoukian
91100 EVRY-COURCOURT
FRANCE



(33) 1 30 66 08 88
Du lundi au vendredi
de 9h à 12h30
et de 14h à 18h



Fax: (33)1 30 66 72 20



www.didalab.fr
E-mail: didalab@didalab.fr