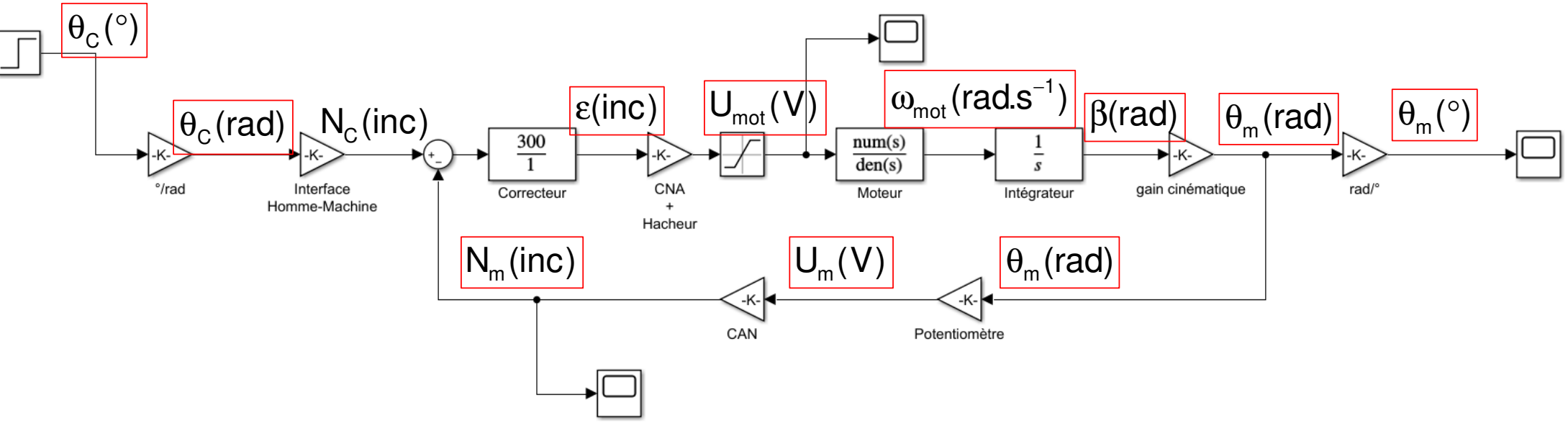


# TP Identification

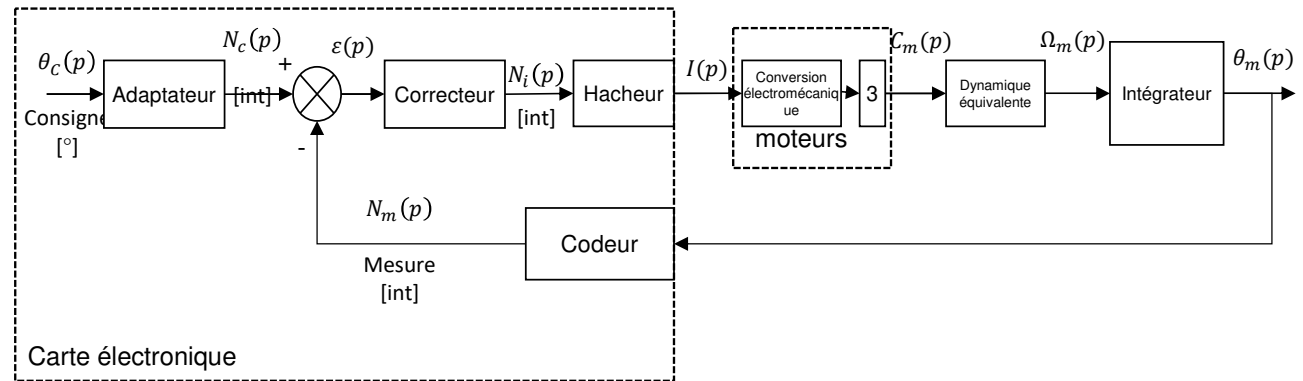
# Identification des différents blocs

- Inscrire les variables sur le schéma bloc ainsi que les unités
- Identifier le type de fonction de transfert :
  - Capteur : gain
  - Convertisseur analogique/numérique ou numérique /analogique : gain
  - Moteur MCC :
    - Fonction de transfert de gain si boucle interne d'intensité et donc commande en intensité
    - Fonction de transfert du 1<sup>er</sup> ordre si la constante de temps électrique est négligeable devant celle mécanique
    - Fonction de transfert du 2<sup>nd</sup> ordre
  - Intégrateur : pas de réalité physique provient du capteur choisit ou du bouclage en position
  - Dynamique ou mécanisme : dépend des études mécaniques ou autres

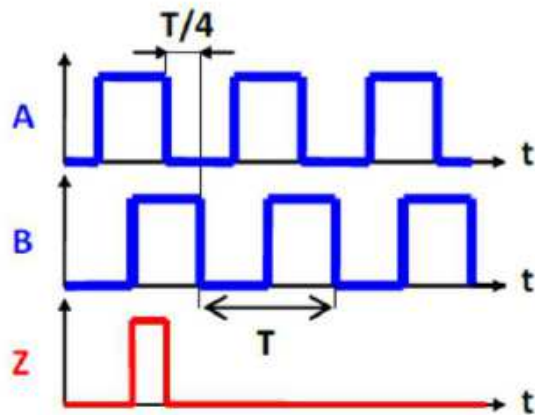
# MAXPID



# HAPTIQUE



- Codeur incrémental ayant 320 fentes, deux voies et exploitations des fronts montant et descendant →  $320 \times 2 \times 2 = 1280$  informations par tour



$$K_{\text{capt}} = \frac{N_m(\text{inc})}{\theta_m(\text{rad})} = \frac{320 \times 2 \times 2}{2\pi} = 203,7 \text{ inc / rad}$$

# Convertisseur CAN ou CNA

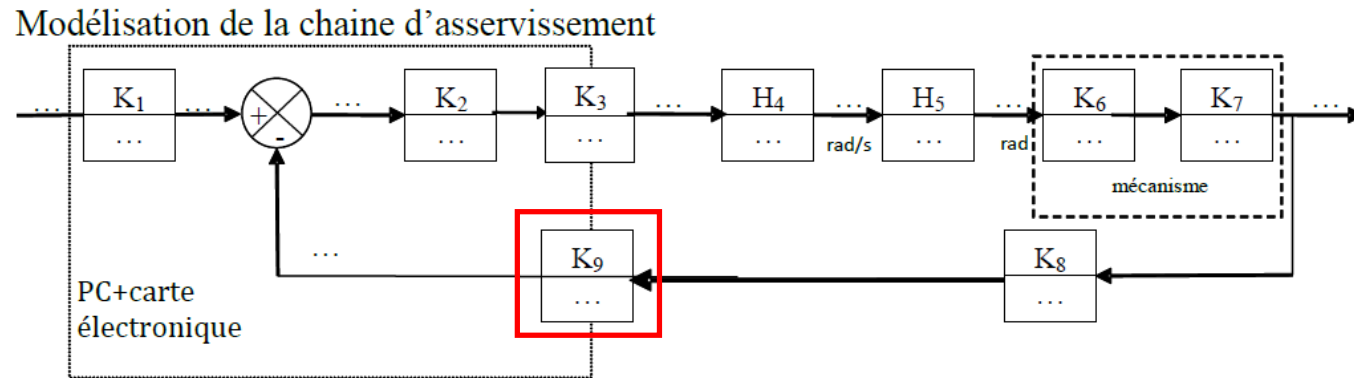
*A retenir : caractéristiques spécifiques des CAN et CNA*

- **sa plage de conversion (Valeur Pleine Echelle PE)** : différence entre les tensions maximale et minimale admissibles à l'entrée du CAN.
- **sa résolution** : nombre de bits  $n$  utilisés pour coder la valeur analogique, aussi caractérisée par le **quantum**.
- **son quantum** : plus petite différence de potentiel codable par le CAN.

$$q = \Delta = \frac{PE}{2^n} \text{ et } V_{max} = q \cdot (2^n - 1)$$

- **son temps de conversion** (rapidité du CAN) : temps que met le convertisseur pour donner une valeur numérique du signal d'entrée.
- **sa précision** : erreur maximale entre la valeur lue et la valeur vraie. Elle tient compte des erreurs de décalage, de gain, de linéarité, etc...

# MAXPID



Le convertisseur analogique-numérique convertit une tension 0-5V en nombres entiers naturels codés sur 12 bits. En déduire le gain  $K_9$

$$K_9 = \frac{N_{\text{mes}} (\text{inc})}{U_{\text{mes}} (\text{V})} = \frac{2^{12}}{5} = 819,2 \text{ inc} / \text{V}$$

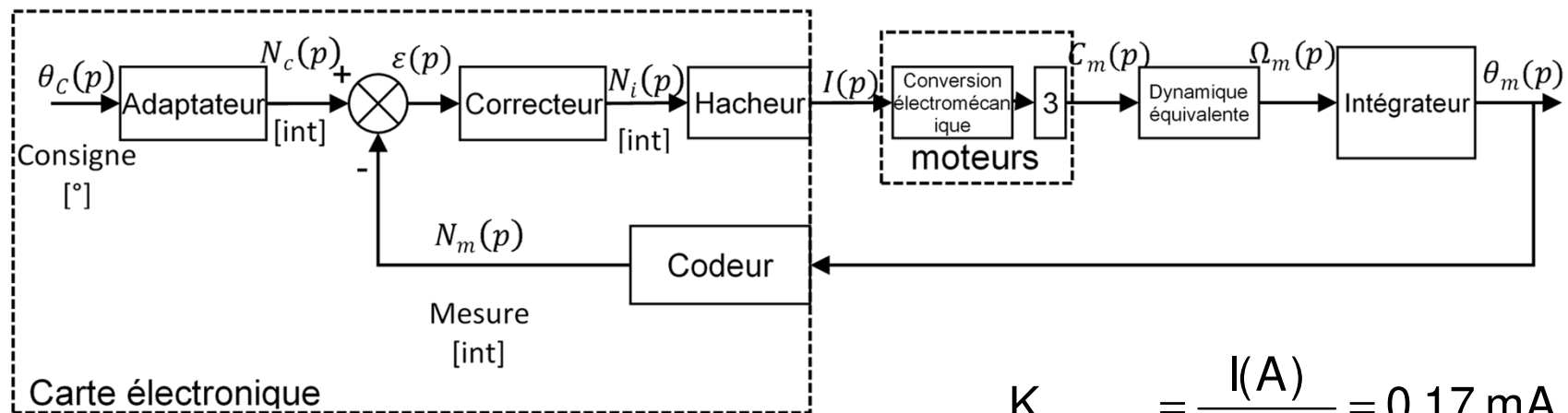
## ADAPTATEUR

L'adaptateur est choisit pour avoir un asservissement correct soit que l'écart soit l'image de l'erreur.

$$\begin{aligned} \varepsilon(p) &= A(\theta_C(p) - \theta(p)) = K_1 \theta_C(p) - K_9 K_8 \theta(p) \\ \Rightarrow K_1 &= K_9 K_8 \end{aligned}$$

# HAPTIQUE

Le hacheur est l'organe distribuant le courant d'alimentation à la chaîne d'énergie. Il s'agit d'un pont en H asservi en courant. Cet asservissement (non étudié) étant très performant, il est considéré comme une alimentation idéale en courant. Il est piloté par une information numérique codée avec 16 bits sous la forme d'un entier signé.



Dossier technique →

$$K_{\text{hacheur}} = \frac{I(\text{A})}{N_i(\text{inc})} = 0,17 \text{ mA / inc}$$

$$K_{\text{mot}} = K_{\text{em}} = K_e = K_i = 0,118 \text{ Nm / A}$$

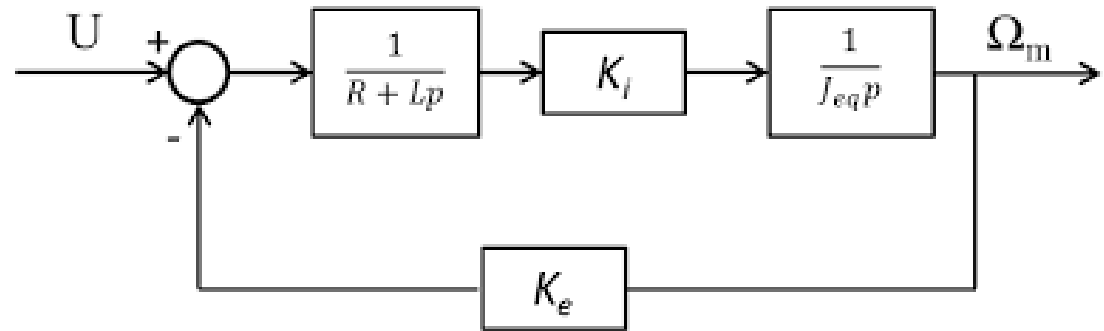
# Moteur et dynamique

$$u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$J_{eq} \frac{d\omega(t)}{dt} = C_m(t)$$

$$e(t) = K_e \omega(t)$$

$$C_m(t) = K_i i(t) \quad K_e = K_i = K_{em}$$



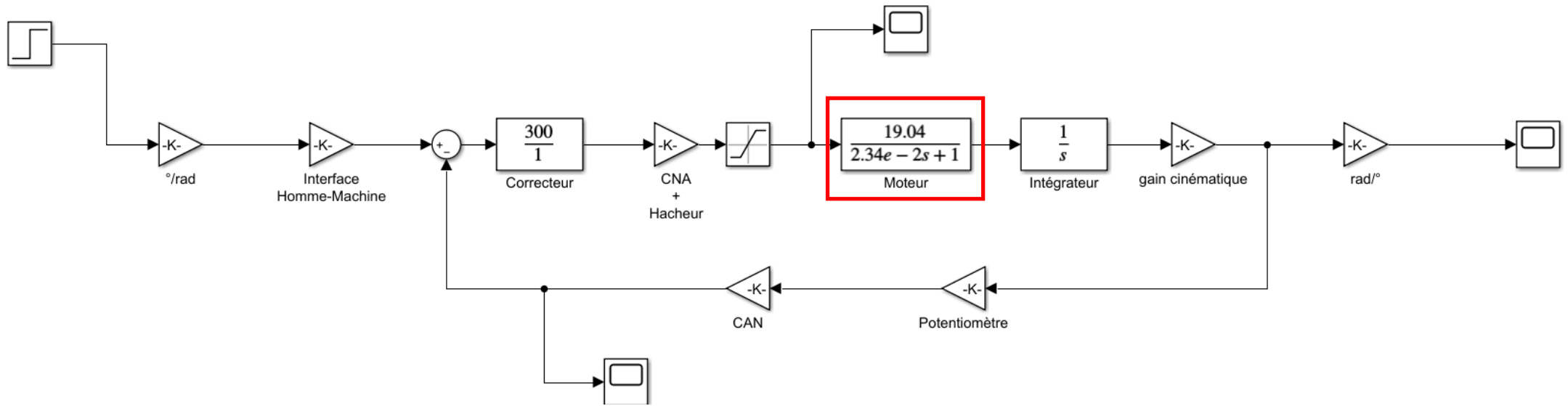
$$H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)} = \frac{\frac{1}{K_{em}}}{1 + \frac{RJ}{K_{em}^2} p + \frac{JL}{K_{em}^2} p^2} = \frac{K_m}{(1 + \tau_e p)(1 + \tau_m p)}$$

$$\tau_e = \frac{L}{R}$$

$$\tau_m = \frac{RJ}{K_{em}^2}$$

$$\tau_e \ll \tau_m \Rightarrow H_m(p) = \frac{K_m}{(1 + \tau_m p)}$$

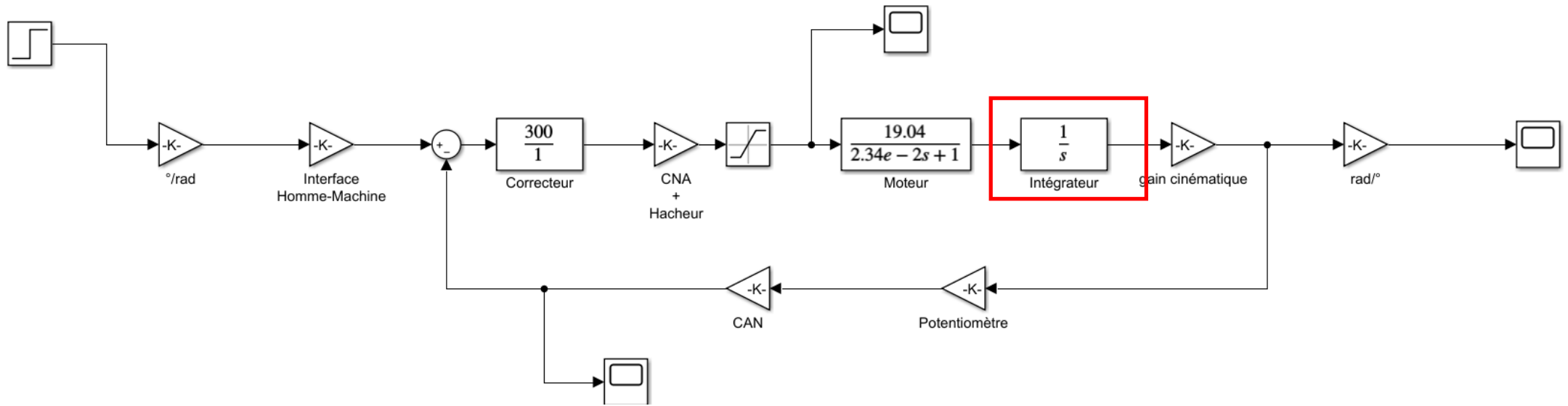
# MAXPID



Dossier technique →

$$K_{em} = \frac{1}{19,04} = 5,2 \cdot 10^{-2} \text{ Vs / rad}$$

# MAXPID



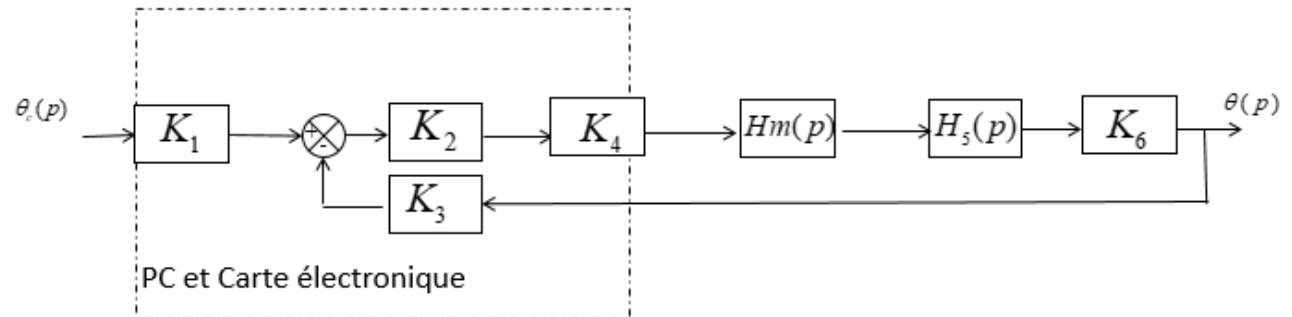
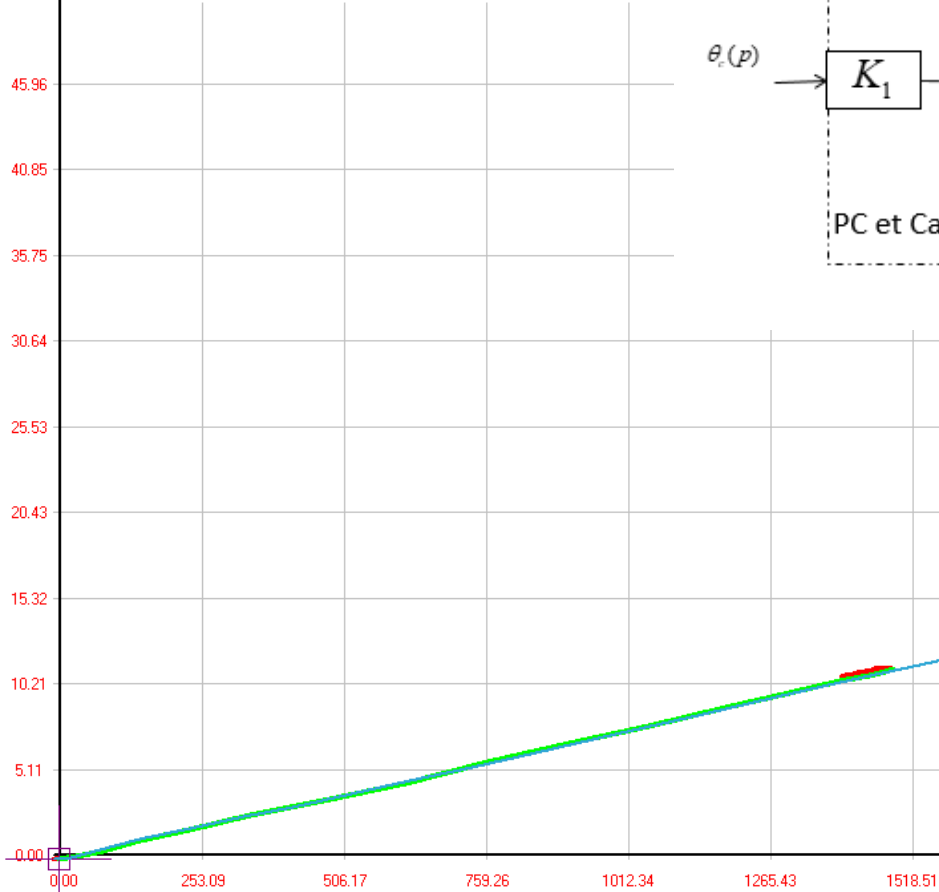
**Asservissement en position et mesure de l'angle de sortie par un potentiomètre**

# Savoir retrouver des valeurs théoriques par des mesures expérimentales

- Faire le bilan des mesures réalisées par le système
- Tracer la ou les courbes expérimentales permettant de visualiser une caractéristique ou plusieurs
- Faire attention aux **unités des mesures expérimentales** souvent différentes des unités du schéma bloc

# Cheville NAO : Gain du réducteur

Angle tangage réducteur (degrés) / Mesure n° 1



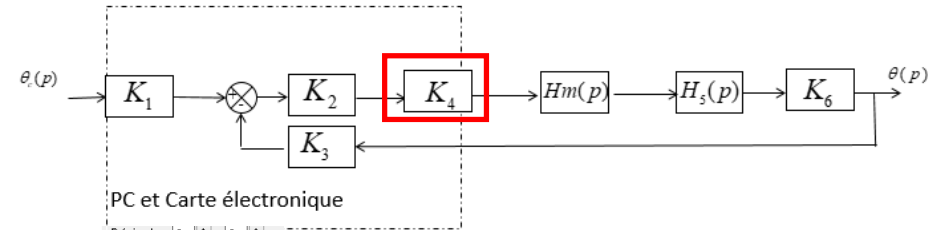
*COURBE de l'angle tangage réducteur en degré en fonction de l'angle moteur en degré*

$$K_{6\text{expérimentale}} = \frac{\theta_{\text{red}}}{\theta_{\text{mot}}} = \frac{10}{1390} = 0,0071$$

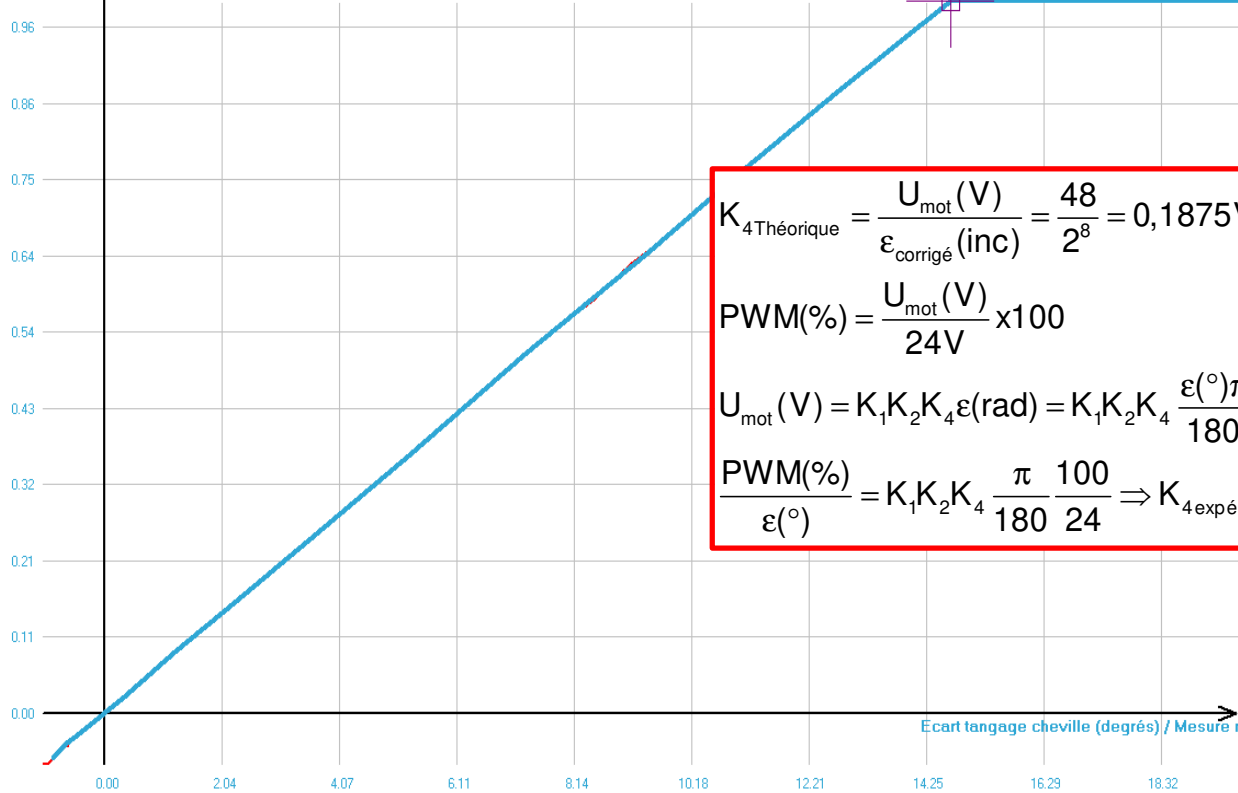
$$K_{6\text{théorique}} = \frac{1}{130} \approx 0,0076$$

# Cheville NAO : Gain du PWM

COURBE du PWM moteur tangage en %  
en fonction de l'écart de tangage en degré



PWM moteur tangage (%) / Mesure n° 2



N°	Abscisse	Ordonnée
0	50.000	1.000
1	50.176	1.000
2	50.176	1.000
3	50.176	1.000
4	49.912	1.000
5	49.385	1.000
6	48.945	1.000
7	48.418	1.000
8	47.715	1.000

$$K_{4\text{Théorique}} = \frac{U_{\text{mot}} (\text{V})}{\epsilon_{\text{corrigé}} (\text{inc})} = \frac{48}{2^8} = 0,1875 \text{V / inc}$$

$$\text{PWM}(\%) = \frac{U_{\text{mot}} (\text{V})}{24\text{V}} \times 100$$

$$U_{\text{mot}} (\text{V}) = K_1 K_2 K_4 \epsilon (\text{rad}) = K_1 K_2 K_4 \frac{\epsilon(^{\circ})\pi}{180} \quad \text{car } K_1 = K_3$$

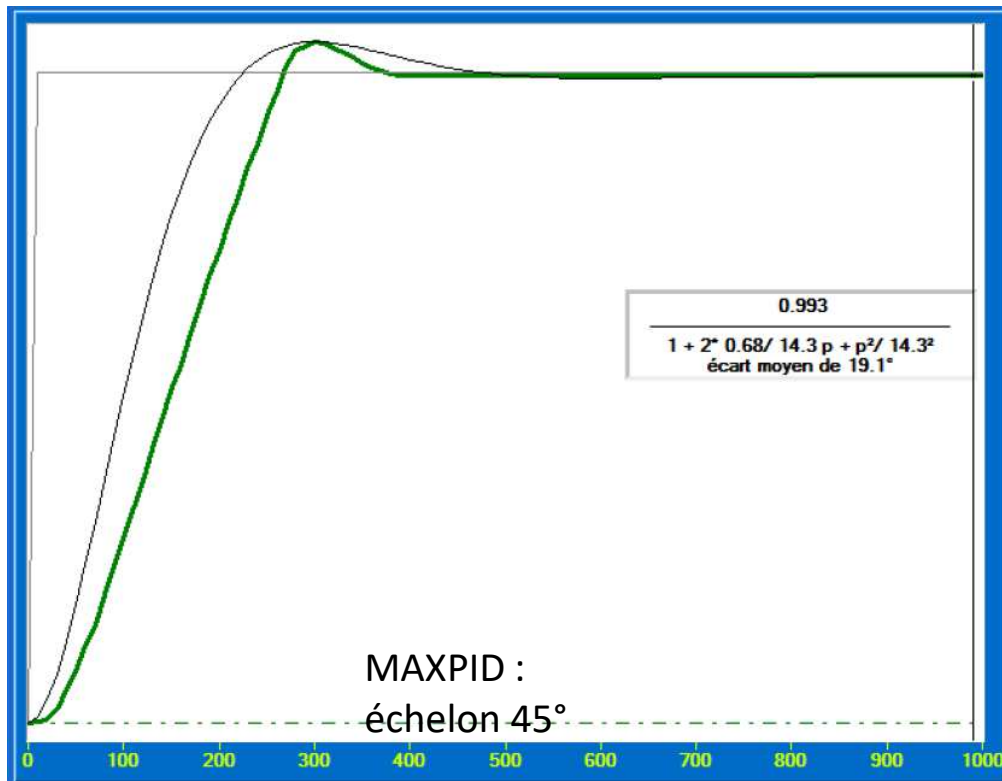
$$\frac{\text{PWM}(\%)}{\epsilon(^{\circ})} = K_1 K_2 K_4 \frac{\pi}{180} \frac{100}{24} \Rightarrow K_{4\text{expérimental}} = \frac{\text{PWM}(\%) 180 24}{\epsilon(^{\circ}) \pi 100 K_1 K_2} = \frac{100 180 24}{14,6 \pi 100 500} = 0,188 \text{V / inc}$$

30	22.578	1.000
31	21.172	1.000
32	19.678	1.000
33	18.096	1.000
34	16.250	1.000
35	14.668	1.000
36	12.734	0.874
37	11.064	0.764
38	9.395	0.646

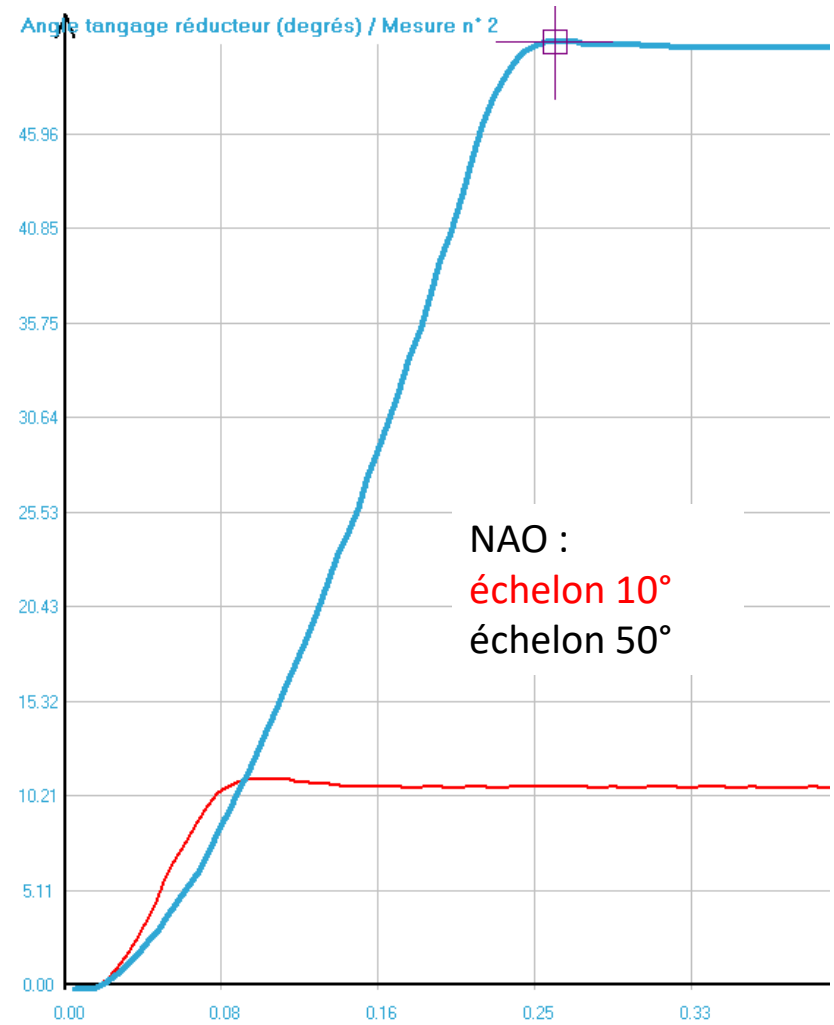
  

	Valeur...	Point n°
Mini	1.000	35
Maxi	1.000	35
Moyenne	1.000	

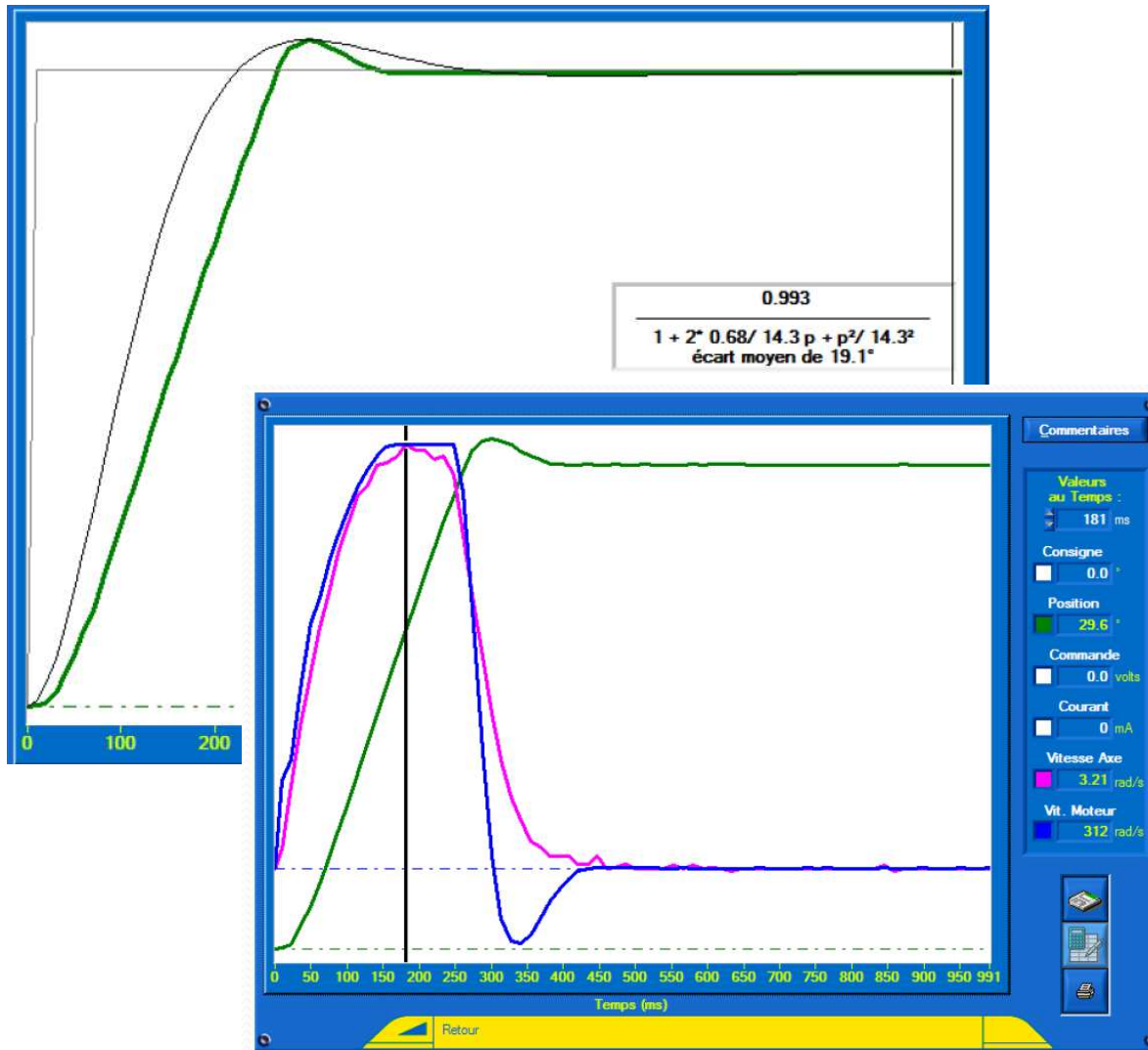
# IDENTIFICATION DE LA FONCTION DE TRANSFERT EN BOUCLE FERMÉE



**Problème de justesse dans l'identification ou problème de régime transitoire différent pour un même système**



# MAXPID

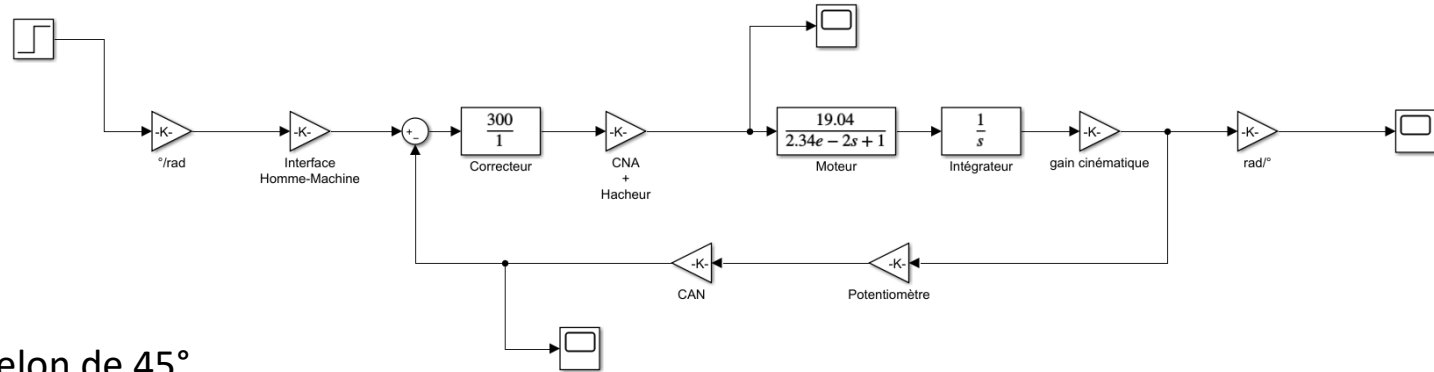


- Identification très loin de la courbe expérimental
  - Partie linéaire en régime transitoire preuve d'une saturation
  - Courbe de la vitesse de l'axe ayant un palier horizontal preuve de saturation

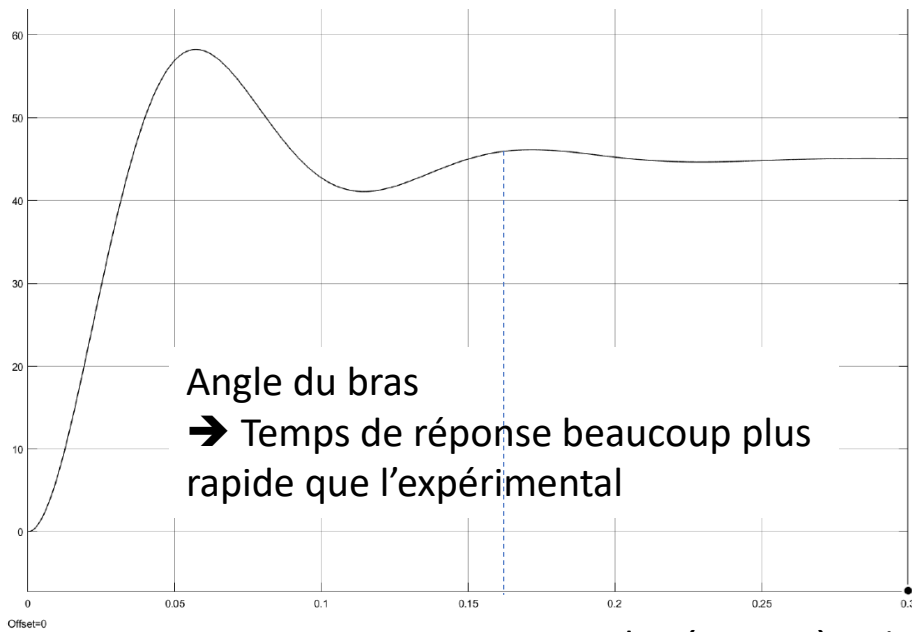
**→ tension limitée en tension par la carte de commande à 21,1V**

# MAXPID

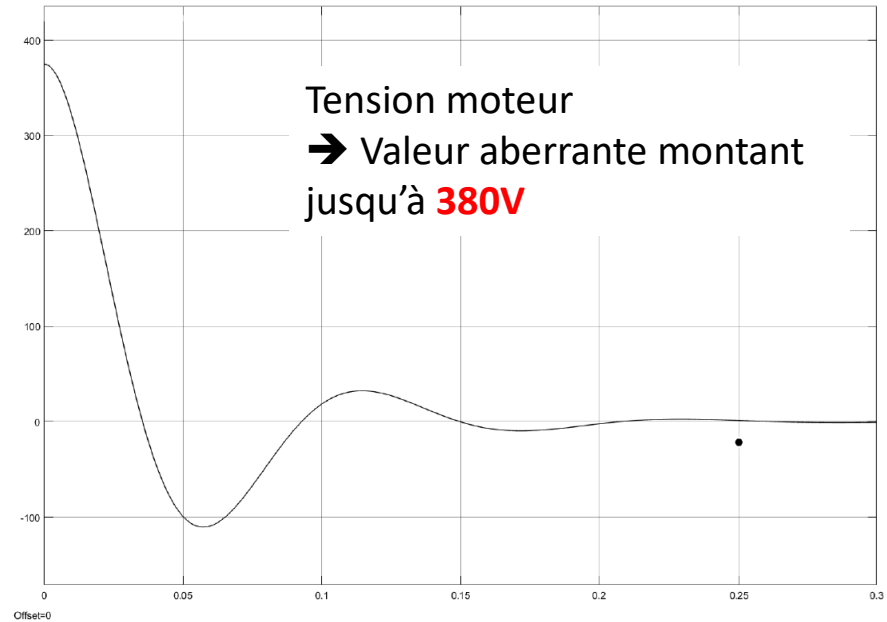
## MODÈLE LINEAIRE DE SIMULATION



Réponse à un échelon de  $45^{\circ}$

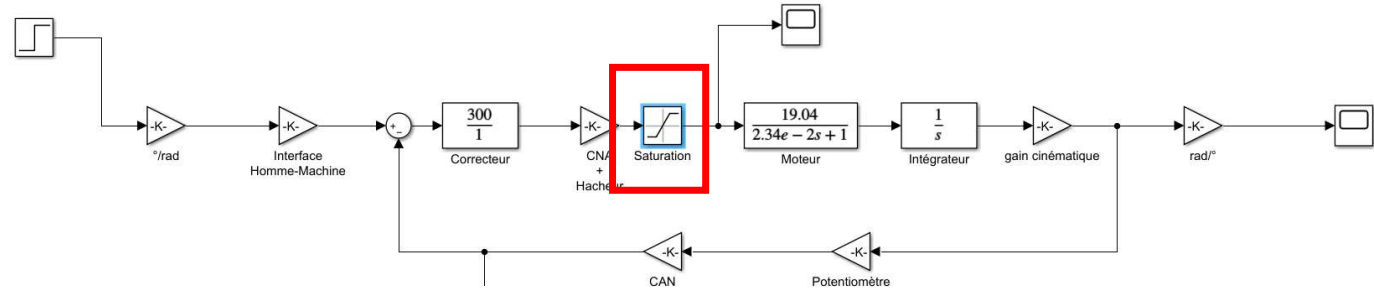


Temps de réponse à 5% de  $0,17\text{s} < 0,3\text{s}$  expérimental

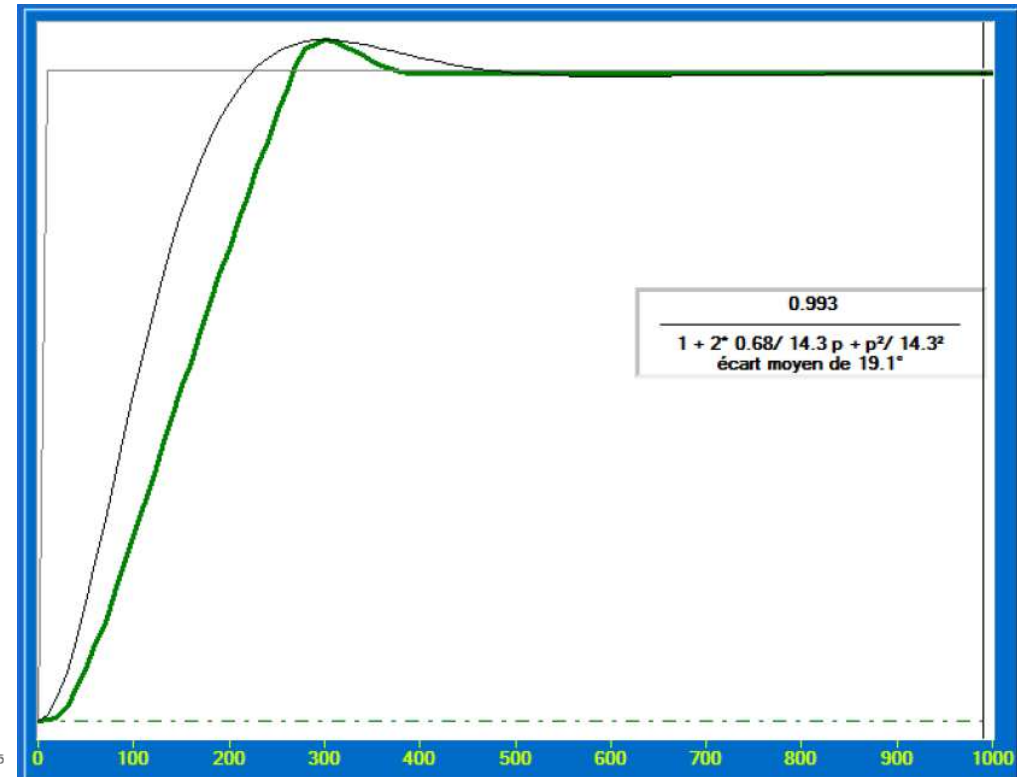
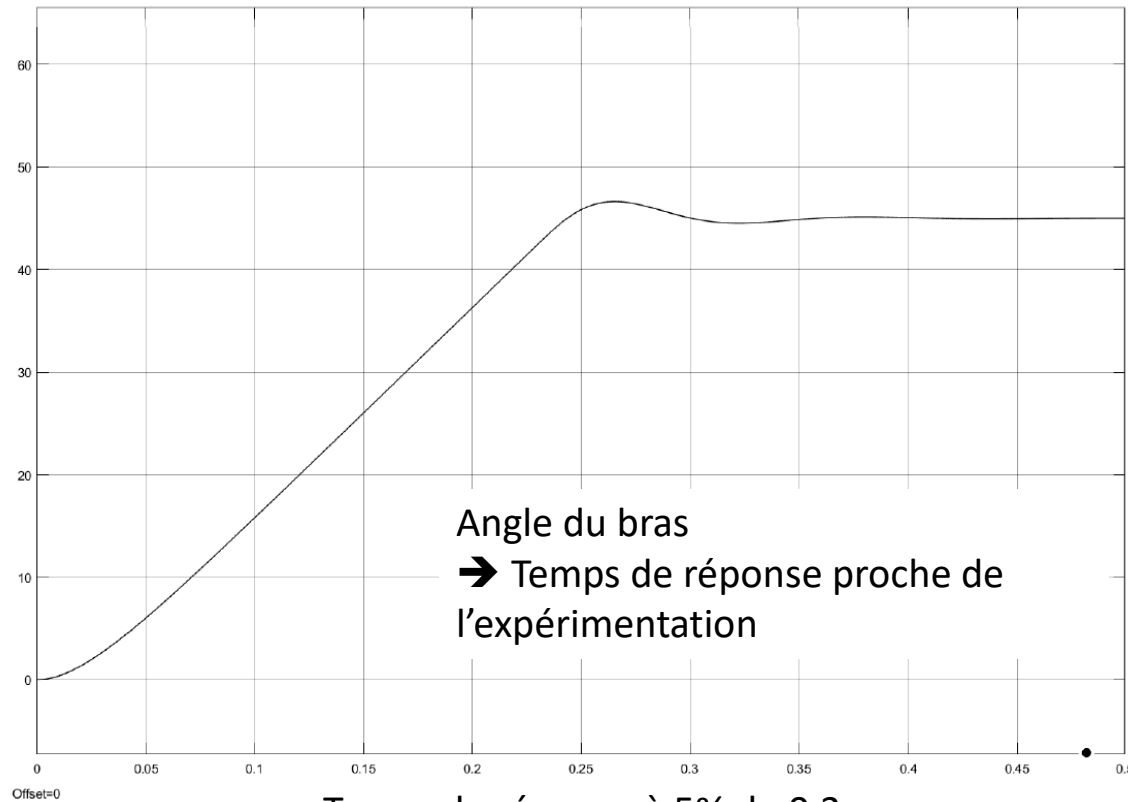


# MAXPID

MODÈLE **NON** LINEAIRE DE SIMULATION → **SATURATION**

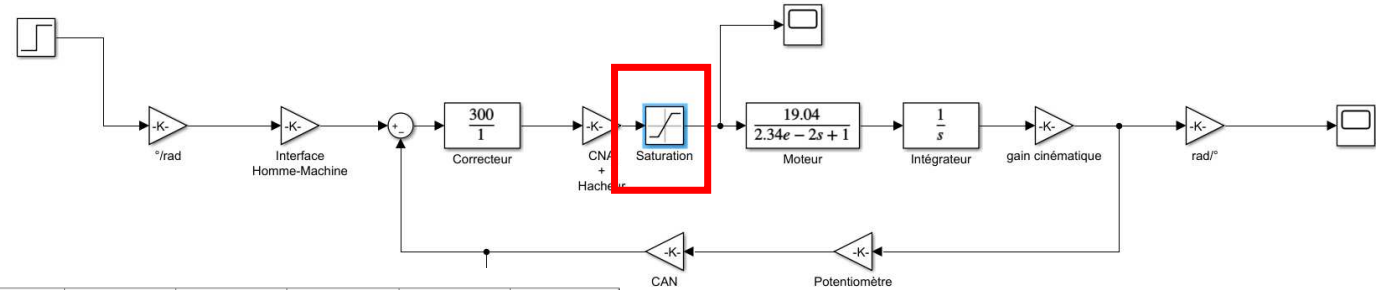


Réponse à un échelon de 45°

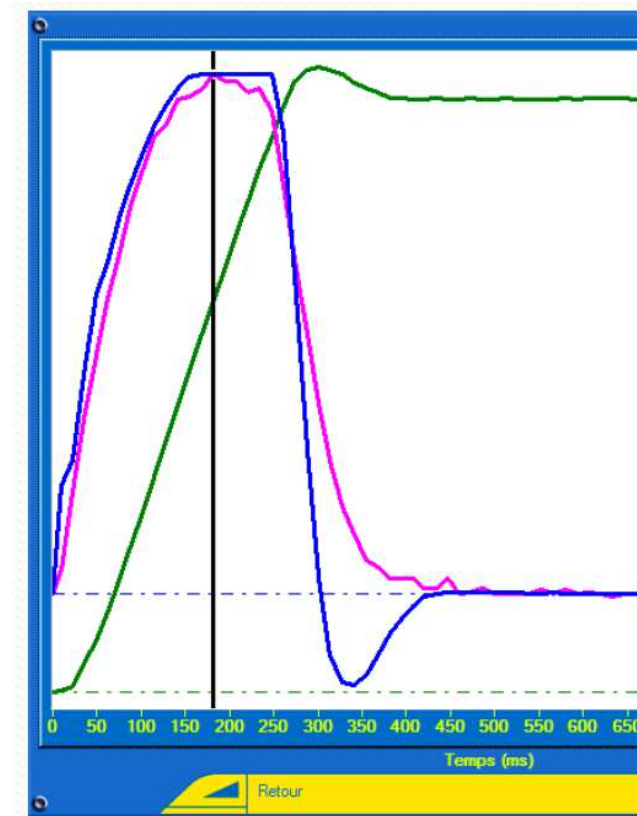
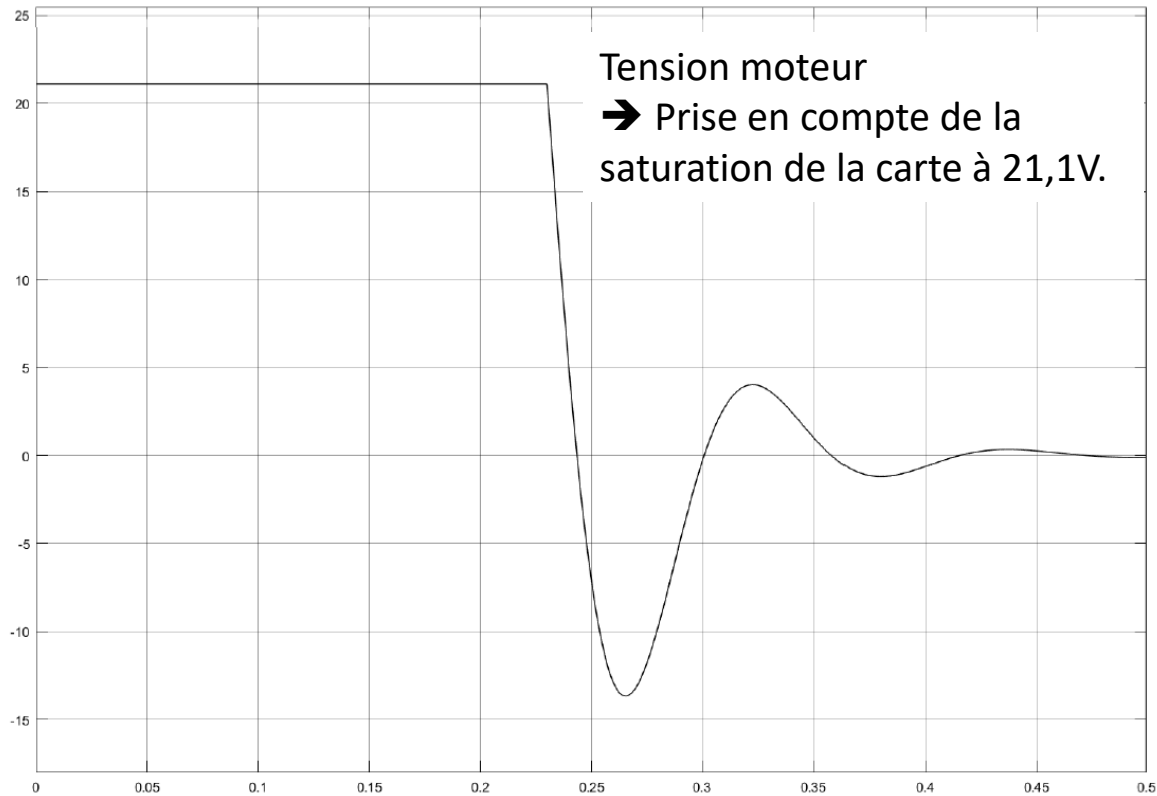


# MAXPID

MODÈLE **NON** LINEAIRE DE SIMULATION → **SATURATION**

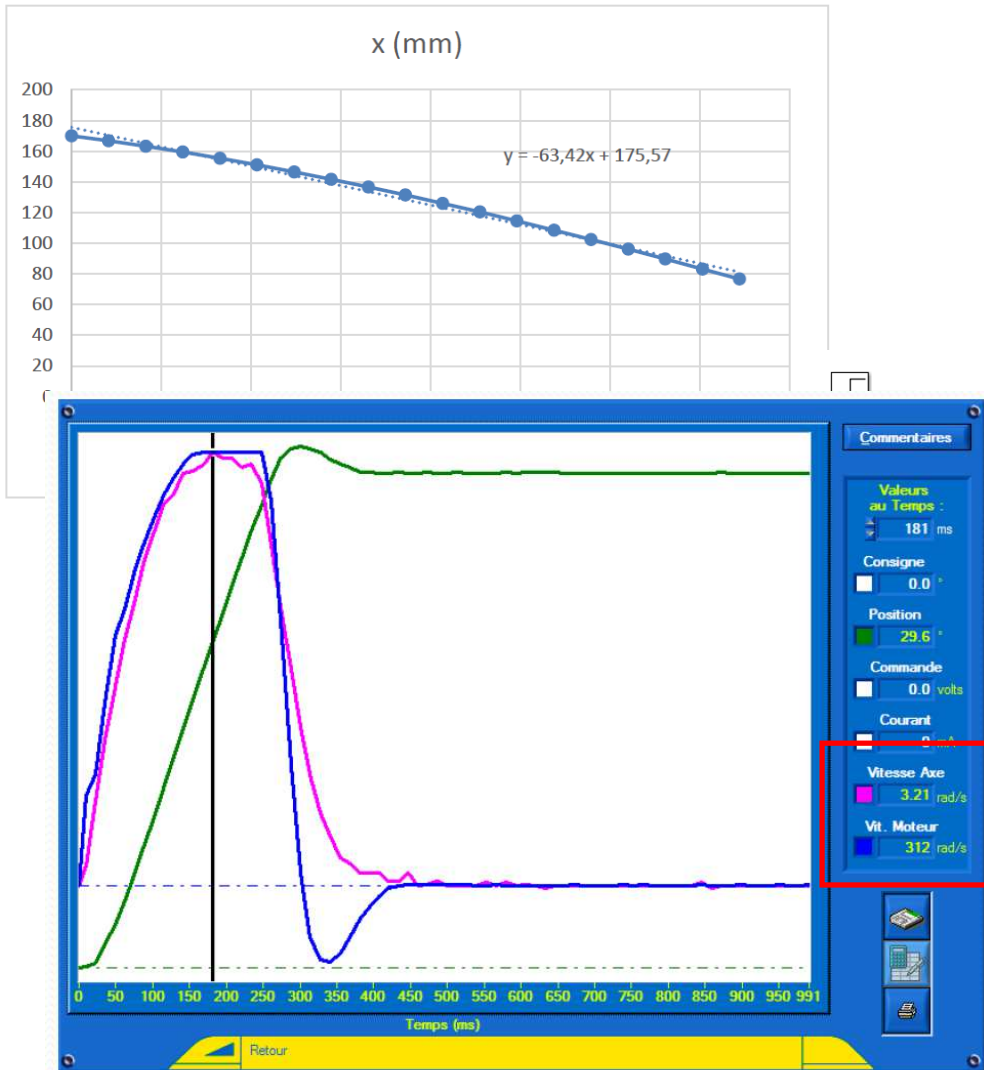


Réponse à un échelon de  $45^\circ$



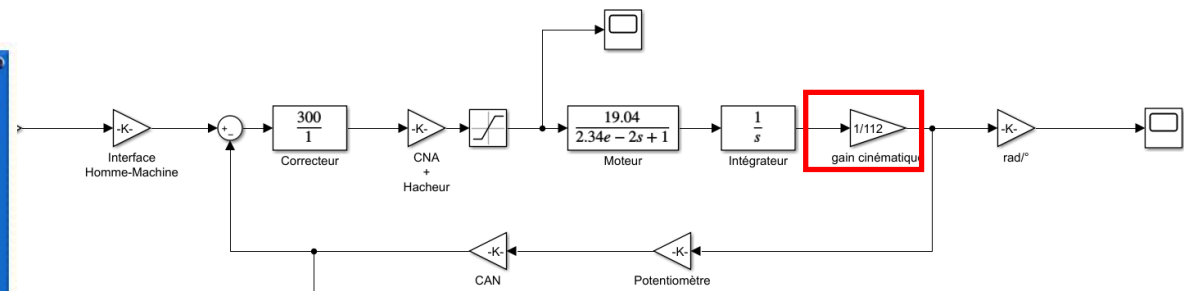
# MAXPID

ECART ENTRE EXPERIMENTATION et SIMULATION → **LINEARISATION**



Par la linéarisation on en déduit le bloc de gain cinématique

$$K_{\text{cinématique}} = \frac{\theta_{\text{bras}}}{\beta_{\text{moteur}}} = \frac{1}{112} \approx 0,089$$



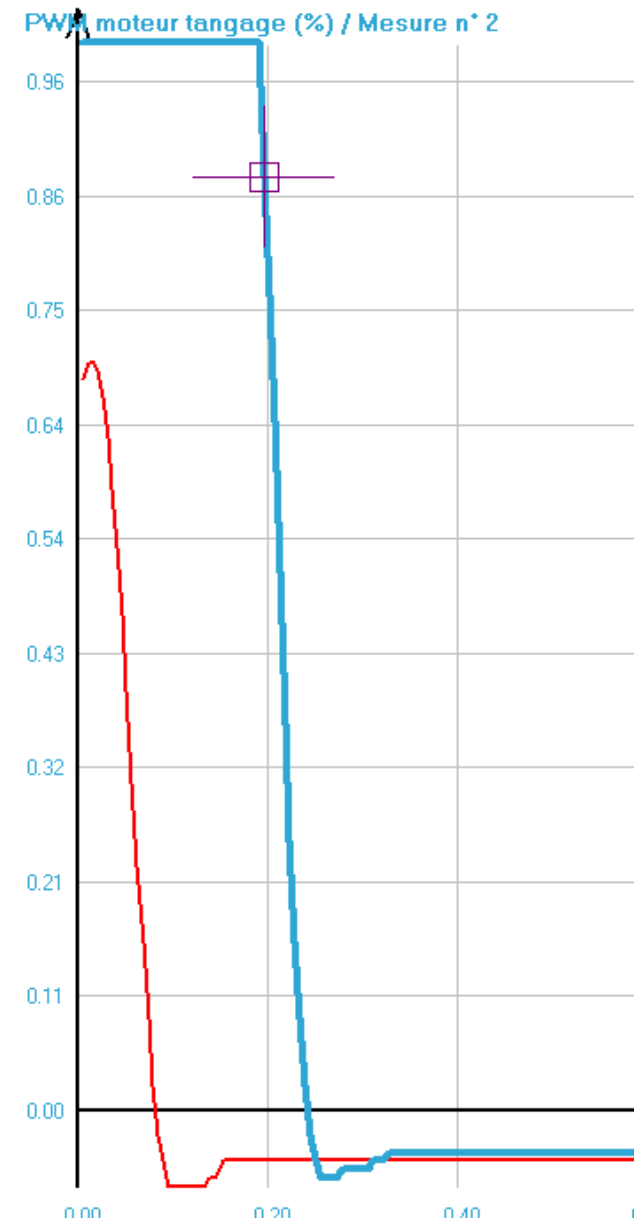
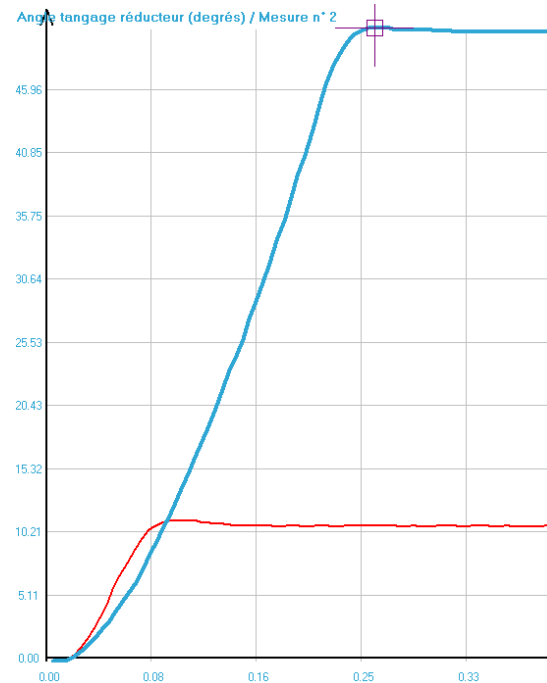
Valeur expérimentale proche mais pas au moment du dépassement

$$K_{\text{cinExp}} = \frac{\theta_{\text{bras}}}{\beta_{\text{moteur}}} = \frac{\dot{\theta}_{\text{bras}}}{\dot{\beta}_{\text{moteur}}} = \frac{3,21}{312} \approx 0,103$$

# NAO

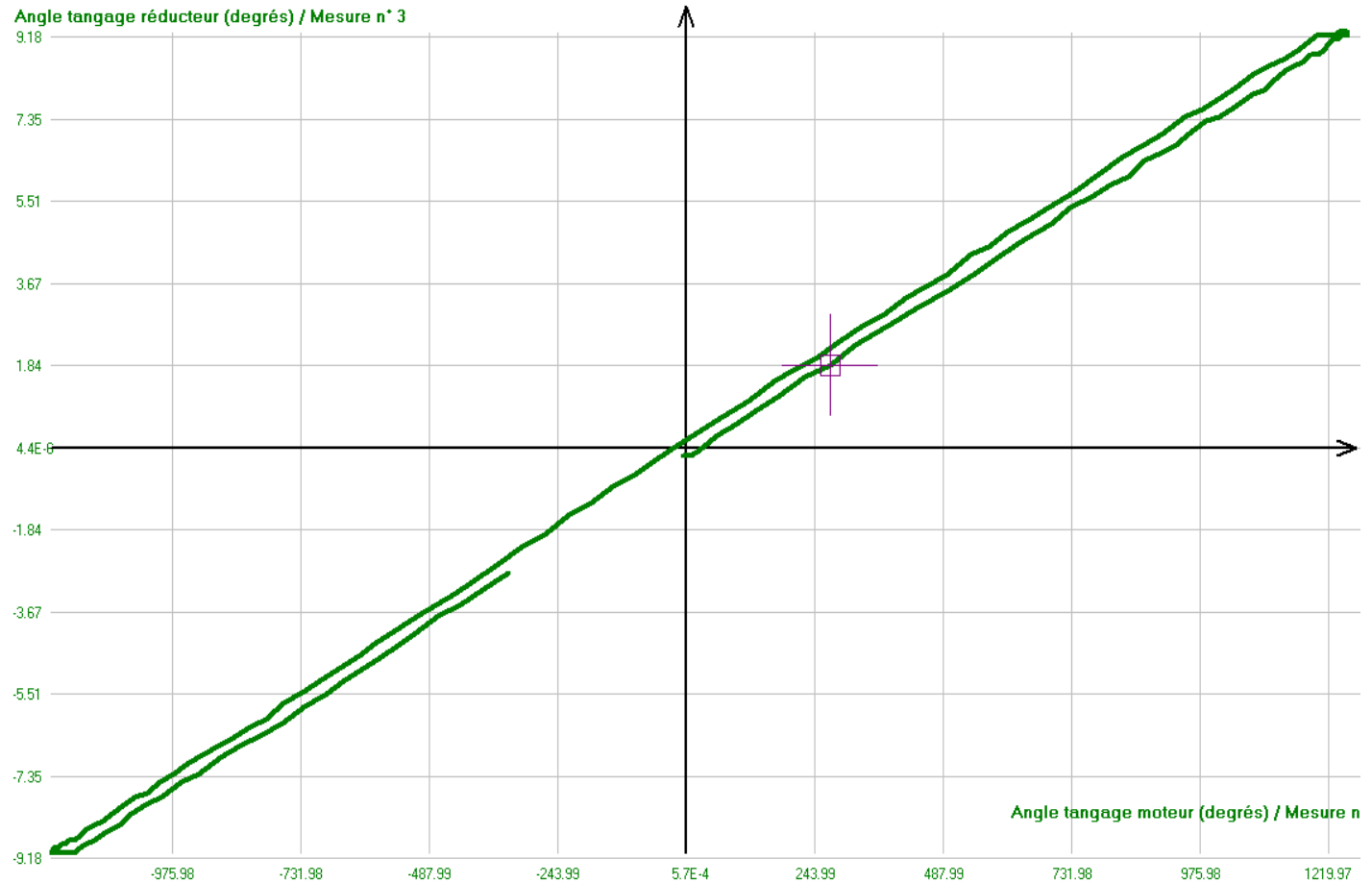
- Saturation → Temps de réponse plus important
  - Courbe de PWM saturation en intensité (limite de sécurité pour le mécanisme)
  - Les identifications réalisées pour l'échelon de 10° et pour l'échelon de 50° sont très différentes.

**IMPOSSIBLE**

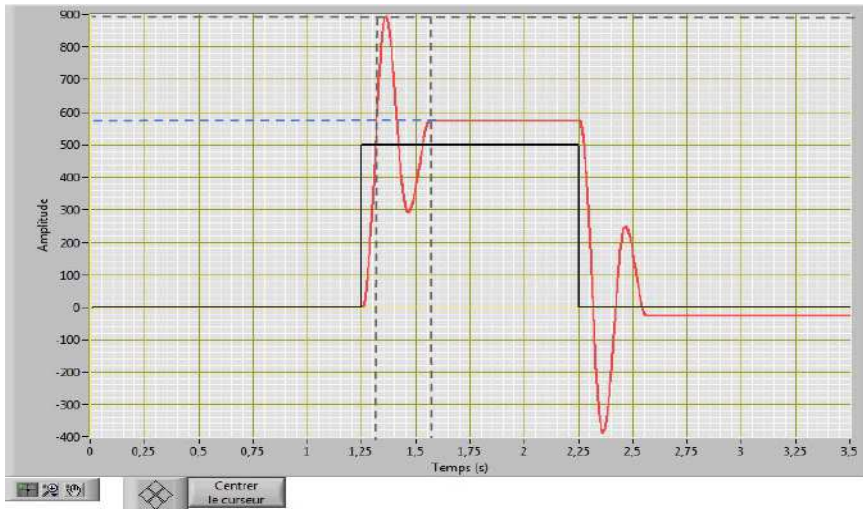


# NAO

- Jeu dans les engrenages
  - Courbe de l'angle réducteur par rapport à l'angle moteur pour un essai en entrée en sinus.  
(Aller-retour de la cheville)



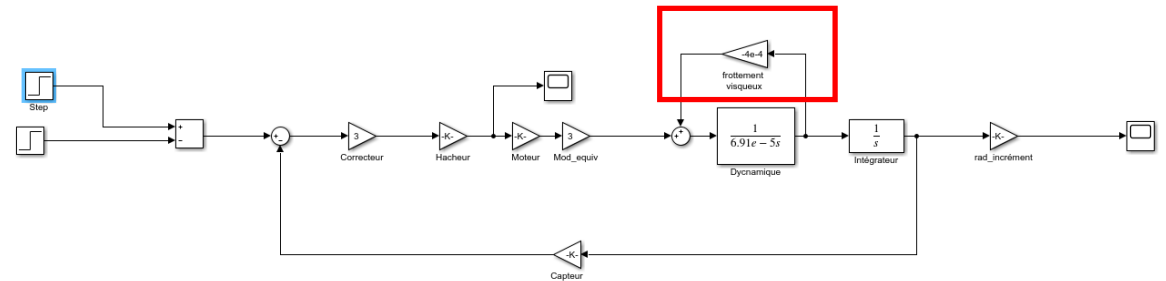
# HAPTIQUE



Modèle prenant en compte les **frottements visqueux**.

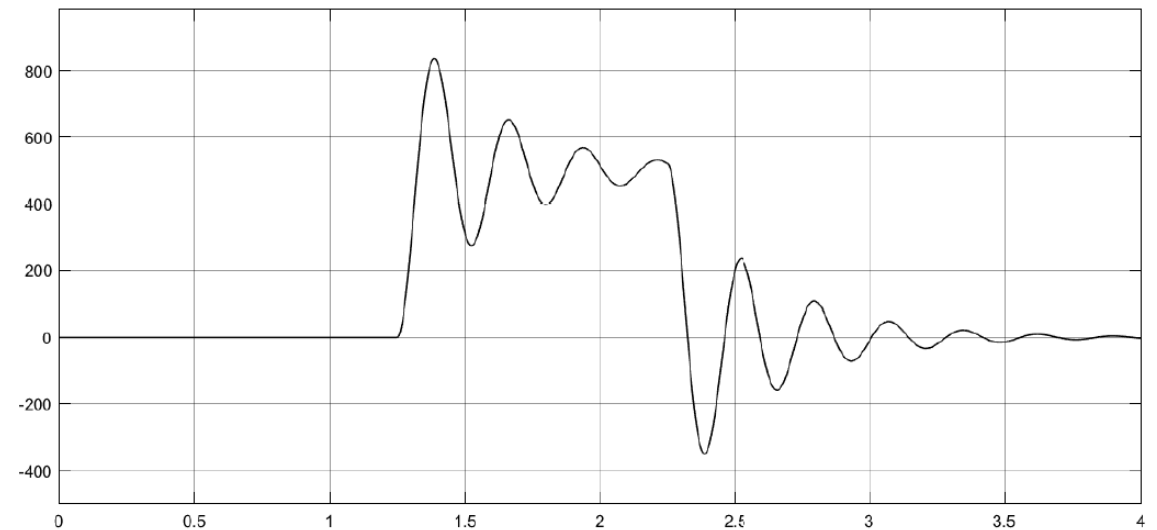
Inscription dans la fonction de transfert associée à la dynamique.

Valeur du coefficient de frottement visqueux obtenu expérimentalement (approximation)



ECART IMPORTANT entre le réel et la simulation

Augmentation du temps de réponse due aux oscillations plus importante en simulation



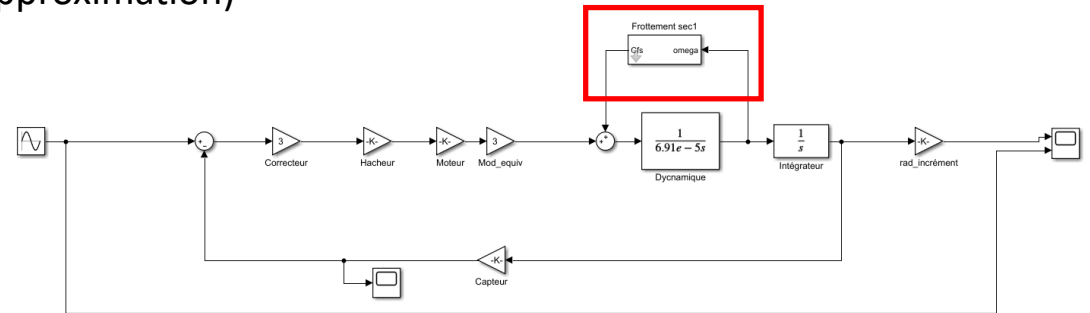
# HAPTIQUE



Modèle prenant en compte les **frottements secs**.

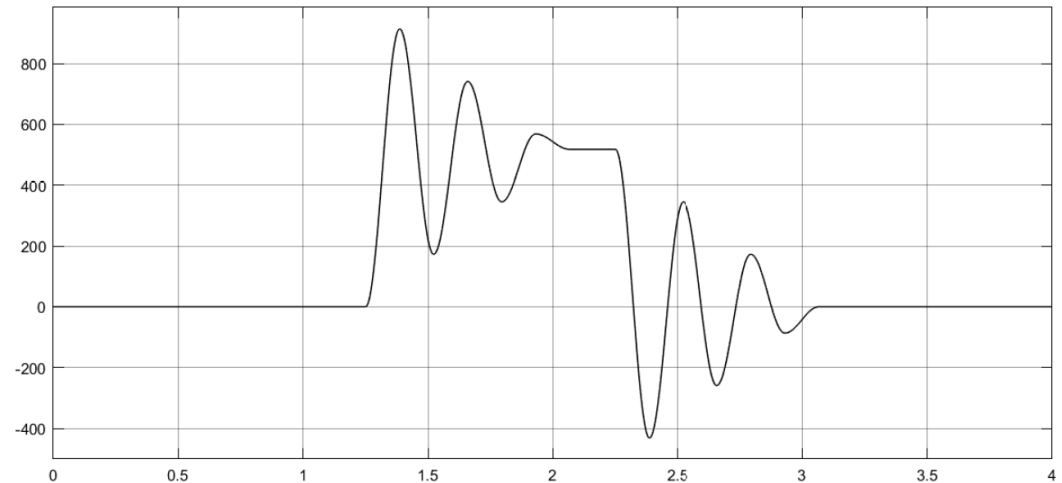
Difficilement pris en compte dans les équations quand on a oscillations car le frottement sec s'oppose au mouvement et donc change de sens.

Valeur du coefficient de frottement sec obtenu expérimentalement (approximation)



ECART IMPORTANT entre le réel et la simulation

Augmentation du temps de réponse due aux oscillations plus importante en simulation



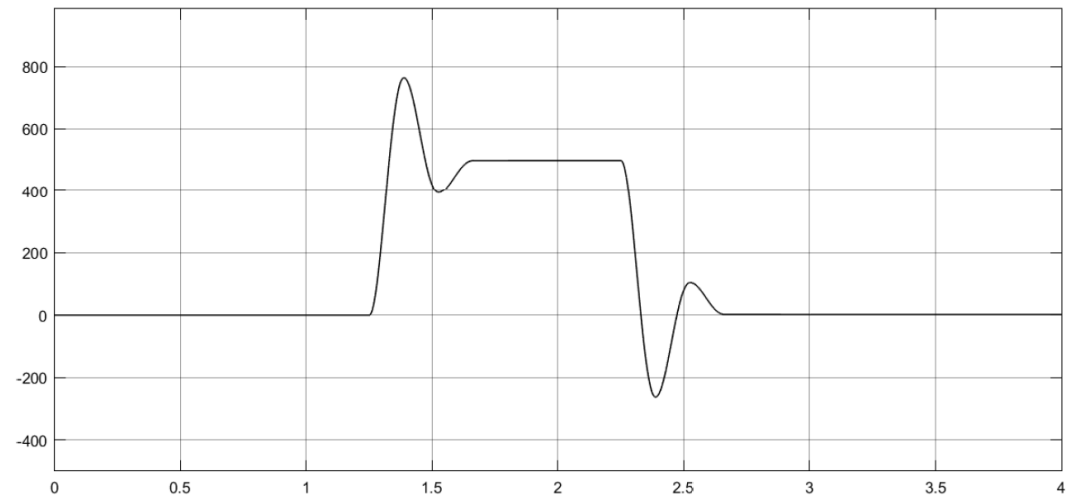
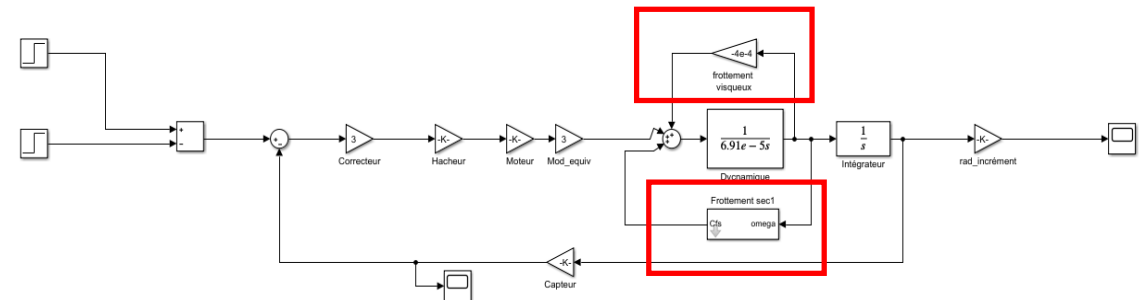
# HAPTIQUE

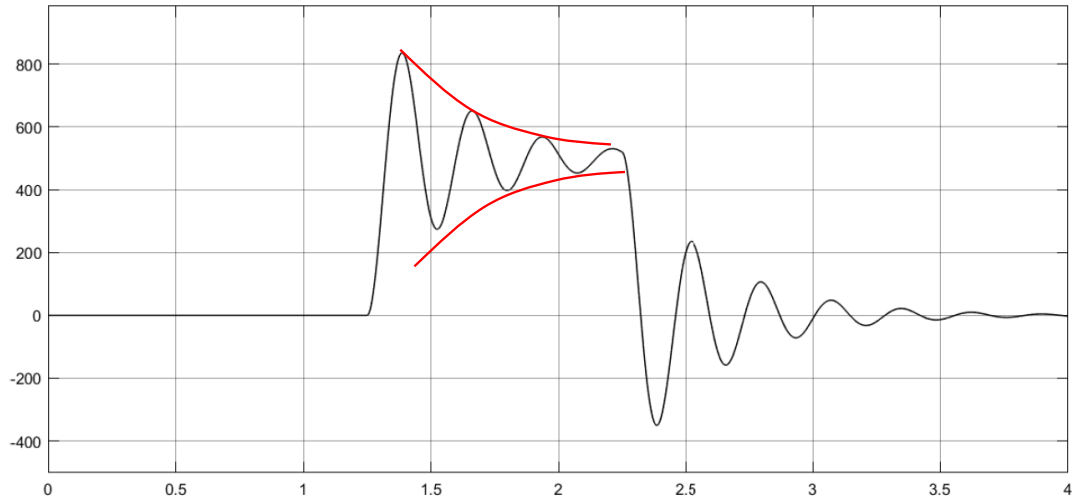


Modèle de simulation proche du modèle réel avec un bon calage des coefficients de frottement.

**VÉRIFICATION** du modèle en faisant une simulation et une expérimentation avec une autre valeur d'échelon ou une autre type d'entrée.

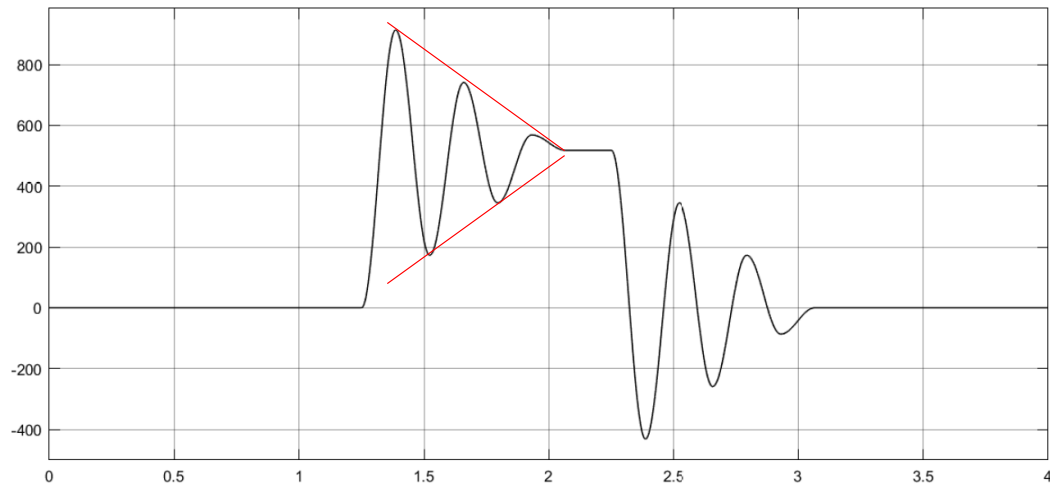
Modèle prenant en compte les **frottements secs et visqueux**.





Frottement visqueux

→ Enveloppe exponentielle



Frottement sec

→ Enveloppe droite

# Raisons de non linéarité

- La saturation : capacité limitée d'un système à fournir une énergie suffisante
- Les jeux dans les liaisons
- La linéarisation d'une loi entrée-sortie
- Les frottements secs, visqueux
- L'échantillonnage mal choisit

# Comment détecter une non linéarité

- Utilisation de deux méthodes d'identification pour le même système avec deux résultats différents
- Visualisation d'une discontinuité dans une variable mesurable (tension moteur, intensité moteur, vitesse moteur)
- Réalisation de plusieurs expérimentations menant à des identifications différentes
- Mouvement du système saccadé ou non continu