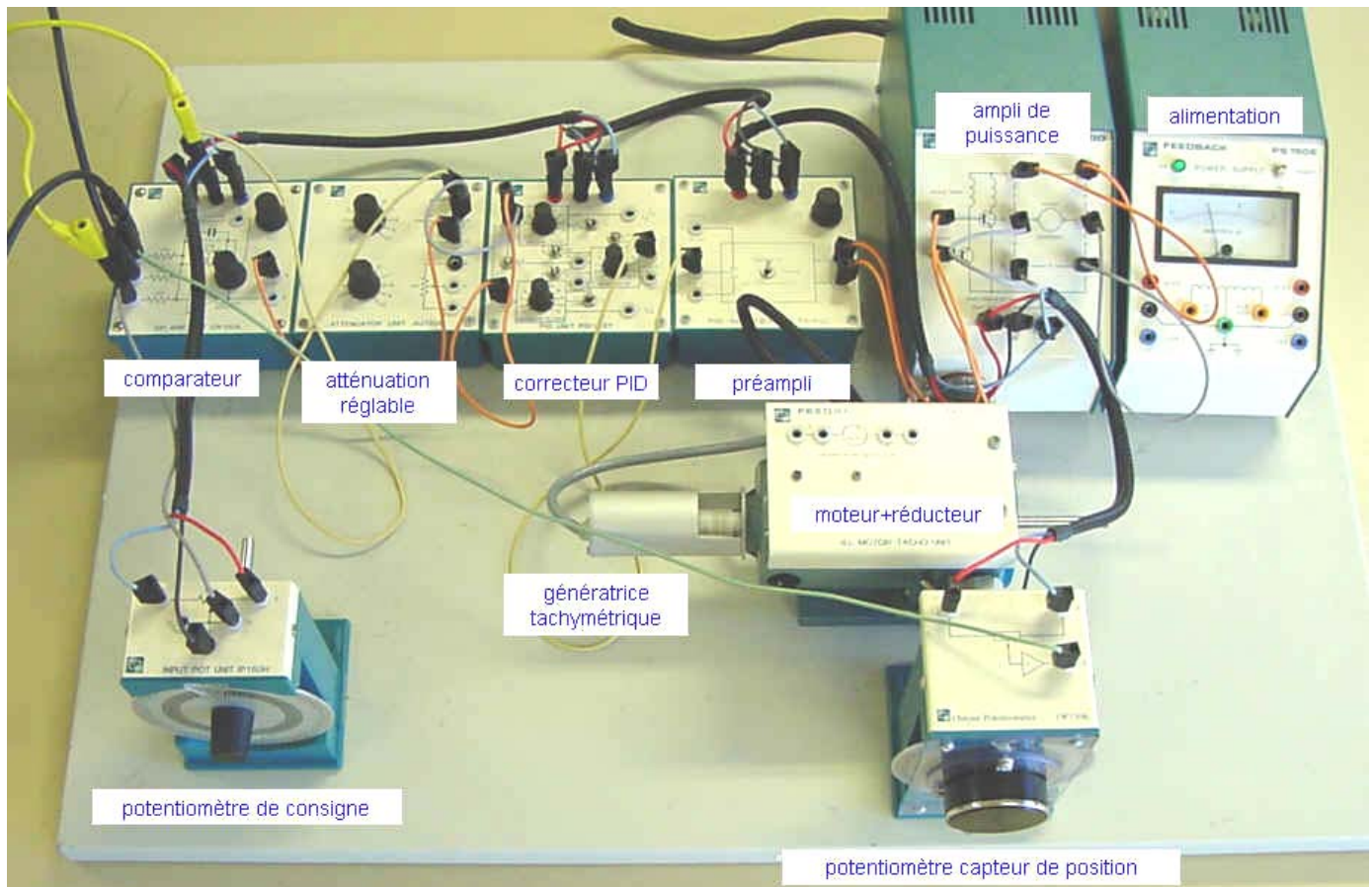


# Asservissement de position

Le système étudié est un asservissement de position angulaire Feedback dont la constitution est la suivante :



Repérer visuellement les différents blocs qui constituent le système étudié.

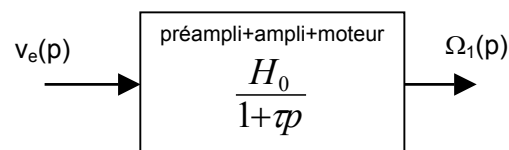
Pour certaines questions, on pourra se reporter utilement au diaporama Systèmes asservis linéaires.

**Remarque :** ne pas décâbler les branchements relatifs au moteur et aux alimentations des différents blocs (cordons 2mm).

## Activité 1 : modélisation du bloc ampli-moteur en statique

On s'intéresse d'abord à la chaîne directe composée du préamplificateur PA150, de l'ampli SA150 et du bloc moteur (le schéma de branchement est donné en annexe A).

On modélise l'ensemble préamplificateur+ampli+moteur par une fonction du premier ordre :



L'objectif de la modélisation est de déterminer les valeurs des deux constantes  $H_0$  et  $\tau$ , transmittance statique et constante de temps caractéristiques du moteur.

**Remarque :** on déterminera  $H_0$  par un essai en régime permanent (activité 1) et  $\tau$  par l'étude du comportement en régime transitoire (activité 2).

Appliquer à l'entrée  $v_e$  une tension continue de faible valeur (entre 0 et 0,4V) et observer les variations de la vitesse de rotation du moteur.

Pourquoi le moteur ne tourne-t-il pas pour des tensions très faibles ? pourquoi sa vitesse est-elle stable dès que  $v_e$  dépasse une certaine valeur ?

La vitesse est mesurée par la génératrice tachymétrique qui donne une tension  $v_s$  image de la vitesse du moteur :

$$v_s = K_v \cdot \Omega_1 \quad \text{avec} \quad K_v = 0,024 \text{ V.s / rad}$$

Mesurer la tension correspondant à la vitesse maximale du moteur et en déduire la vitesse en rad/s puis en tours/mn.

La courbe  $v_s = f(v_e)$  donnée en annexe B montre les variations de  $v_s$  pour des valeurs croissantes, puis décroissantes de  $v_e(t)$ . Expliquer quels sont les phénomènes physiques qui provoquent les non-linéarités de cette courbe. Déterminer la tension  $V_{e0}$  correspondant au seuil de démarrage du moteur.

Linéariser le système en remplaçant la caractéristique par une droite passant par l'origine et ayant une pente qui correspond le mieux au système réel. Mesurer sa pente  $G = H_0 \cdot K_v$  et en déduire la valeur de la transmittance statique  $H_0$  du moteur.

### Activité 2 : modélisation du bloc ampli-moteur en dynamique

Enregistrer la courbe de démarrage  $v_s(t)$  lorsqu'on applique à l'entrée un signal  $v_e(t)$  carré  $\pm 0,15V$  environ et de très basse fréquence. En déduire une mesure  $\tau_1$  de la constante de temps du moteur.

A partir du diagramme de Bode du moteur fourni en Annexe C, déterminer l'ordre réel du système.

Pour simplifier, on assimile le système à un premier ordre.

- quelle est la fréquence de coupure  $f_{ca}$  du système définie par le point à  $-3$  dB ? En déduire la valeur de la constante de temps  $\tau_a$ .
- quelle est la fréquence de coupure  $f_{cb}$  du système définie par le point où la phase vaut  $-\pi/4$  ? En déduire la valeur de la constante de temps  $\tau_b$ .

En faisant une moyenne sur les 3 valeurs trouvées, proposer une valeur pour la constante de temps  $\tau$  du moteur.

### Activité 3 : fonctionnement de l'asservissement de position

Relier les blocs entre eux selon le schéma donné en annexe D pour réaliser un asservissement de position :

- l'angle de consigne  $\theta_e$  est transformé en consigne  $x(t)$  par le potentiomètre d'affichage
- la position réelle  $\theta_s$  est transformée en tension de retour  $x_r(t)$  par le potentiomètre de sortie (en réalité  $-x_r(t)$  par échange du  $+15$  et du  $-15V$  sur l'alimentation du potentiomètre)
- ces deux tensions sont additionnées par OA150A qui fournit le signal d'erreur :  $e(t) = x(t) + (-x_r(t)) = x(t) - x_r(t)$
- le potentiomètre  $P_1$  introduit une atténuation réglable
- le correcteur PID150Y introduit une amplification  $A_2$ , mais peut aussi corriger le système pour une meilleure réponse

L'amplification totale  $A$  dépend de l'atténuation  $A_1$  introduite par le potentiomètre et de l'amplification (ou atténuation)  $A_2$  apportée par le correcteur proportionnel :  $A = A_1 \cdot A_2$

Faire  $A = 0,1$  et vérifier le bon fonctionnement du montage : l'arbre de sortie doit suivre la consigne angulaire affichée sur le potentiomètre de consigne.

On simule une variation de consigne en échelon ou en rampe à l'aide du GBF fournissant un signal de forme carrée ou triangulaire. Enregistrer les oscillogrammes des deux signaux  $x(t)$  et  $x_r(t)$  et commenter.

Quelle est l'influence d'une augmentation de  $A$  sur la réponse du système ? d'une diminution de  $A$  ?

**Activité 4 : calcul du gain optimal**

L'amplification  $A$  est le seul paramètre de réglage de l'asservissement et on désire déterminer sa valeur optimale.

Compléter le schéma fonctionnel du système sur l'annexe E et montrer que la transmittance en boucle ouverte s'écrit :

$$T(p) = \frac{X_r(p)}{E(p)} = \frac{T_0}{p(1+\tau p)}$$

Donner l'expression littérale de  $T_0$  puis exprimer  $T_0$  en fonction de  $A$ . Calculer la transmittance du système en boucle fermée  $T'(p) = X_r(p)/X(p)$ .

Déterminer par calcul la valeur théorique  $A_0$  de  $A$  qui correspond à un dépassement de  $d = 20\%$ .

**Activité 5 : qualité de l'asservissement non corrigé**

Afficher cette valeur d'amplification  $A_0$  sur la maquette et observer la réponse du système à un échelon. L'asservissement fonctionne-t-il correctement ? pourquoi ?

Si l'asservissement ne fonctionne pas, augmenter  $A_0$  jusqu'à la valeur notée  $A_1$  qui donne une stabilité ( $d \approx 20\%$ ) et une précision correctes.

Enregistrer la réponse à un signal carré (échelon), puis triangulaire (rampe). Ces réponses vous semblent-elles satisfaisantes ? Mesurer le temps de réponse à 5 % du système.

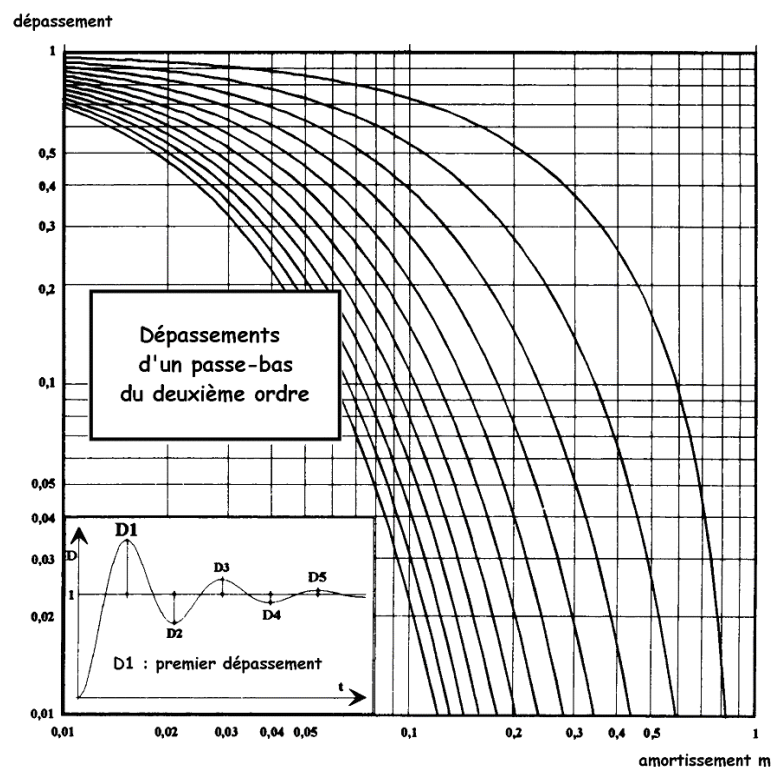
**Activité 6 : correction de l'asservissement par PID**

Ce correcteur permet d'améliorer de manière spectaculaire la réponse du système : la correction intégrale améliore la précision alors que la correction dérivée améliore la stabilité.

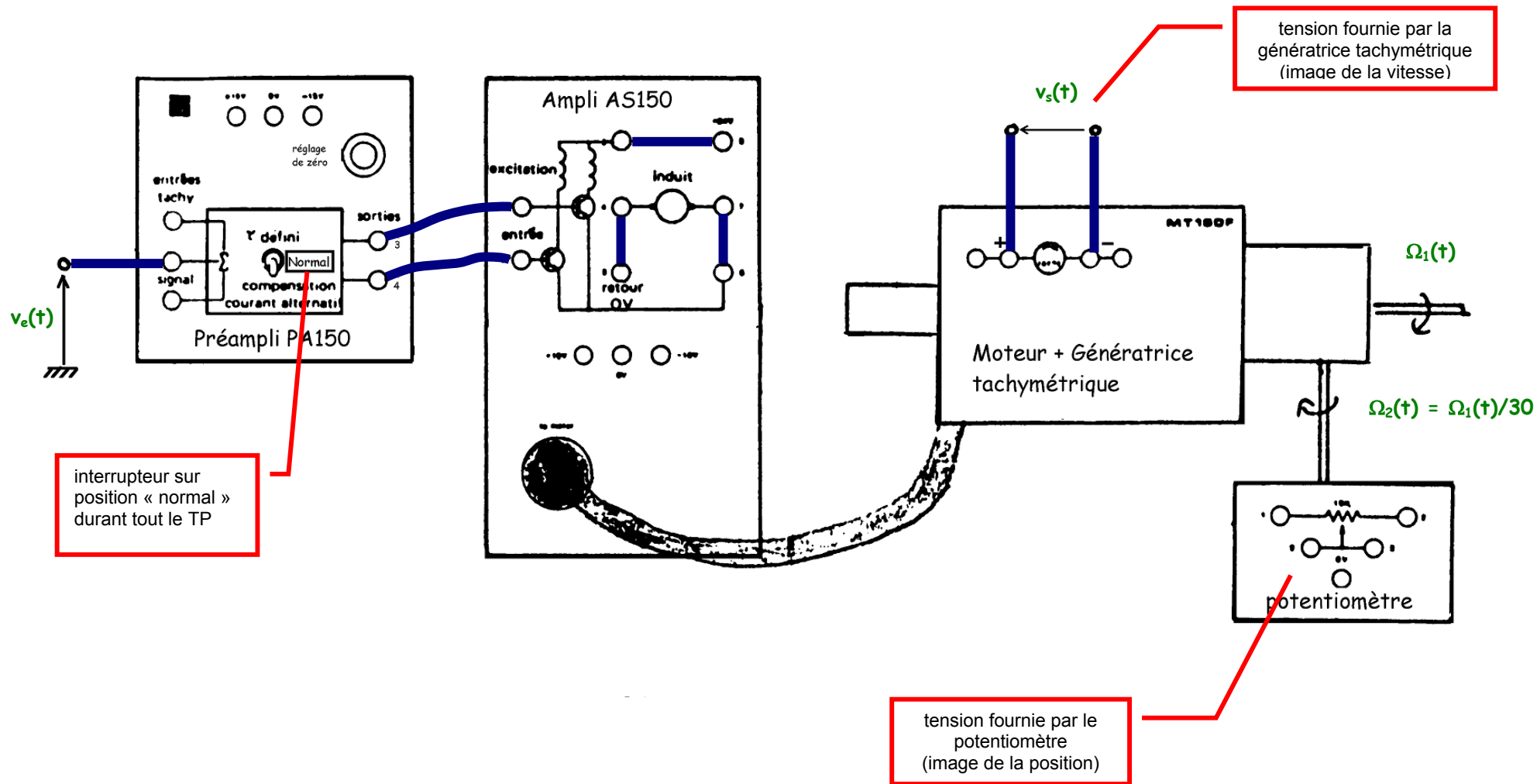
De toutes les méthodes de réglage des régulateurs PID de processus industriels, une des plus utilisées est celle proposée par J.G. Ziegler et N.B. Nichols expliquée sur la diapo 33.

Régler le correcteur PID en utilisant cette méthode et enregistrer la réponse du système corrigé à un échelon et à une rampe. Noter les valeurs des paramètres utilisés : amplification  $A_2$ , constantes de temps  $\tau_i$  et  $\tau_d$

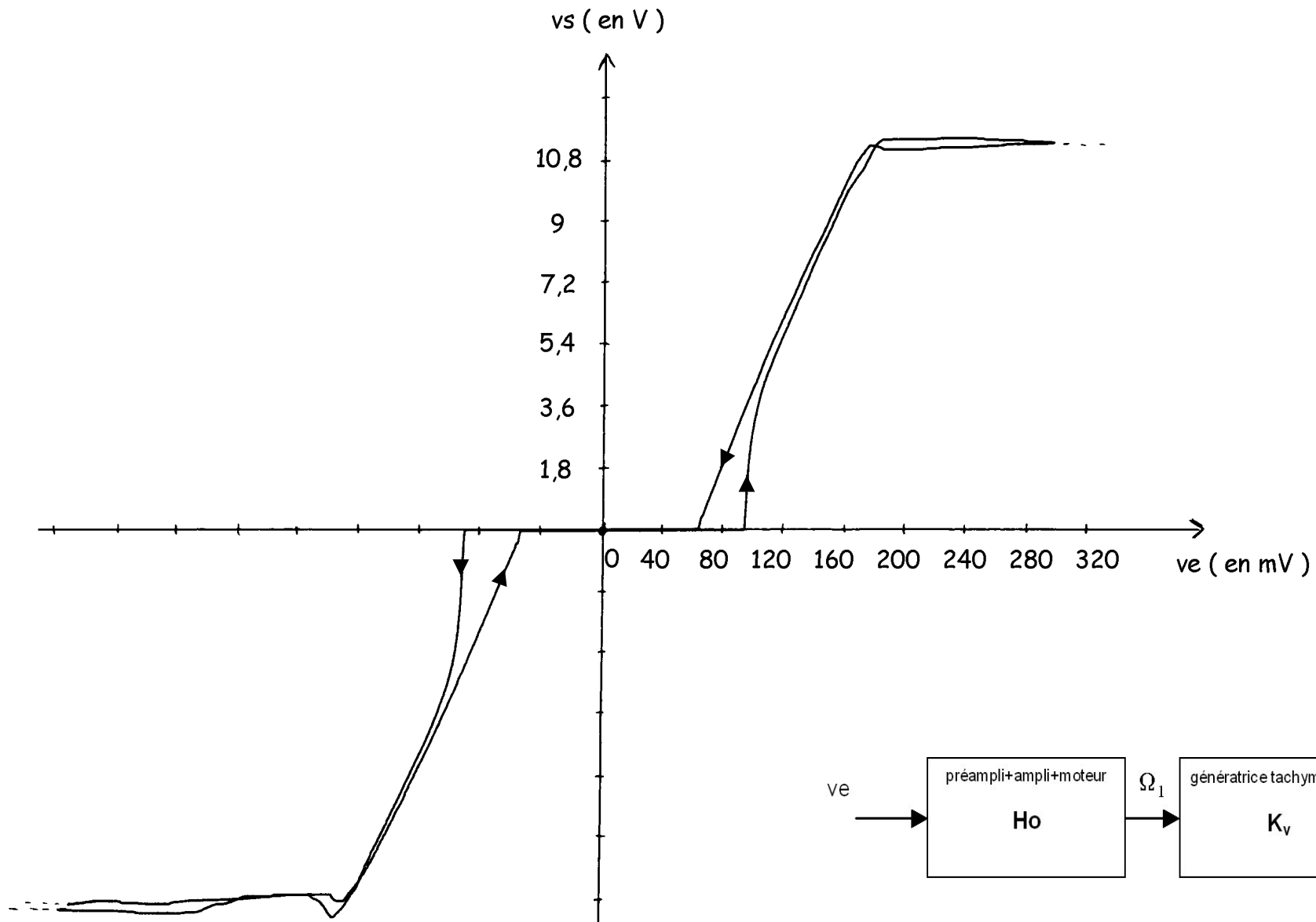
Mesurer le temps de réponse à 5 % et conclure en comparant le comportement de l'asservissement avant et après correction.



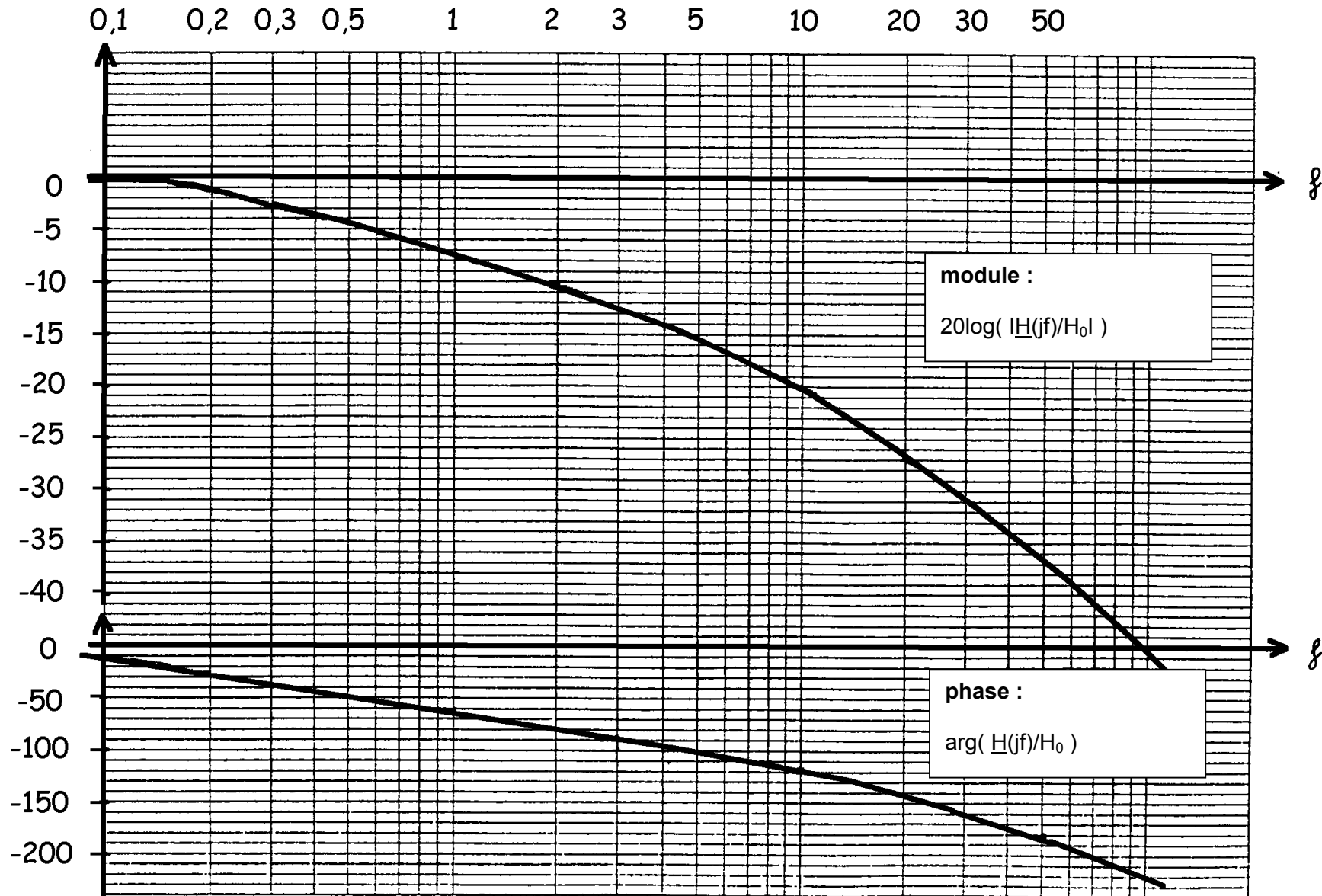
A- Schéma de branchement de l'ensemble { préampli + ampli + moteur + génératrice tachymétrique } :



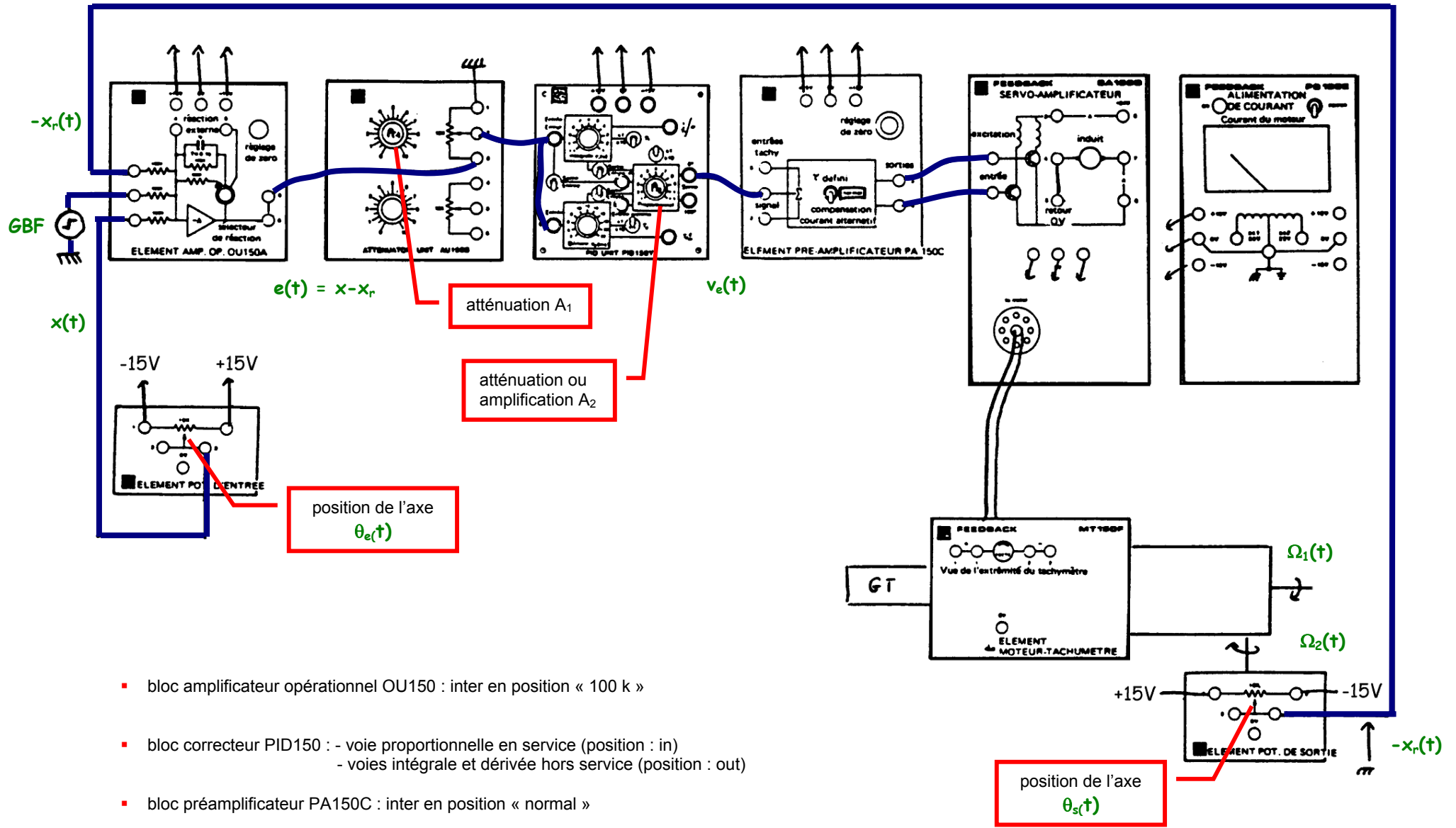
**B- Caractéristique de transfert de l'ensemble { préampli + ampli + moteur + génératrice tachymétrique } :**



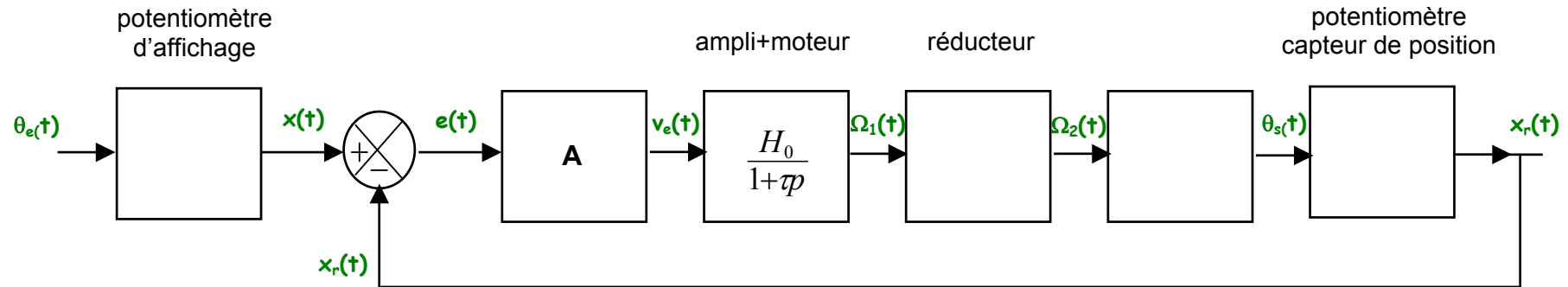
C- Diagramme de Bode réduit de l'ensemble : préampli + ampli + moteur + géné. tachymétrique :



## D- Schéma de câblage de l'asservissement :



## E- Schéma fonctionnel du système non corrigé :



Transmittance en boucle ouverte :

$$T(p) = \frac{X_r(p)}{E(p)} =$$

Transmittance en boucle fermée :

$$T(p) = \frac{X_r(p)}{X(p)} =$$



# ▶ Asservissement de position : réponses

Rédacteur :

Binôme :

Date :

## Activité 1 : modélisation du bloc ampli-moteur en statique

Le moteur se met à tourner pour une tension de commande supérieure à  $V_e = \dots\dots\dots$

Pourquoi le moteur ne tourne-t-il pas pour des tensions très faibles ?  $\dots\dots\dots$

Pourquoi sa vitesse est-elle stable dès que  $V_e$  dépasse une certaine valeur ?  $\dots\dots\dots$

Tension correspondant à la vitesse maximale du moteur :  $V_s = \dots\dots\dots$

Vitesse de rotation maximale :  $\Rightarrow \Omega = \dots\dots\dots$  rad/s  $\Rightarrow n = \dots\dots\dots$  tours/mn

$\Rightarrow$  Caractéristique de transfert : > voir courbe Annexe B

Origine des non-linéarités :  $\dots\dots\dots$

Tension correspondant au seuil de démarrage du moteur :  $V_{e0} = \dots\dots\dots$

Système linéarisé :  $\Rightarrow$  pente  $G = H_0 \cdot K_v = \dots\dots\dots$   $\Rightarrow$  transmittance statique du moteur  $H_0 = \dots\dots\dots$

## Activité 2 : modélisation du bloc ampli-moteur en dynamique

$\Rightarrow$  Courbe de démarrage : > voir courbe n°  $\dots\dots\dots$  constante de temps :  $\tau_1 = \dots\dots\dots$

$\Rightarrow$  Diagramme de Bode : > voir courbe Annexe C

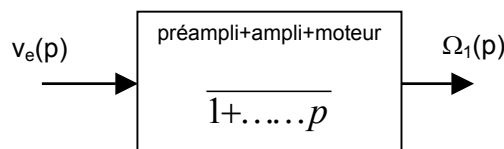
Ordre réel du système :  $\dots\dots\dots$

gain à  $-3$  dB :  $\Rightarrow f_{ca} = \dots\dots\dots$   $\Rightarrow \tau_a = \dots\dots\dots$

phase à  $-\pi/4$  :  $\Rightarrow f_{cb} = \dots\dots\dots$   $\Rightarrow \tau_b = \dots\dots\dots$

Valeur de la constante de temps du moteur proposée :  $\tau = \dots\dots\dots$

**Conclusion** : le bloc ampli-moteur peut être modélisé par le système du premier ordre suivant



**Activité 3 : fonctionnement de l'asservissement de position**

⇒ **Consigne créneau** : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  : > voir courbe n° .....

⇒ **Consigne triangle** : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  : > voir courbe n° .....

Conclusion : .....

.....

Influence d'une augmentation de A sur la réponse du système : .....

.....

Influence d'une diminution de A sur la réponse du système : .....

.....

**Activité 4 : calcul du gain optimal**

⇒ **Schéma fonctionnel complété** : > voir Annexe E

Transmittance en boucle ouverte :  $T(p) = \frac{X_r(p)}{E(p)} = \frac{T_0}{p(1+\tau p)}$

soit  $T_0 = \dots\dots\dots$

Calcul de la transmittance en boucle fermée :

C'est un système du ..... ème ordre.

Expressions de l'amortissement et de la pulsation propre :

Choix de m pour avoir un dépassement de  $d = 20\%$  :  $m = \dots\dots\dots$

Valeur optimale de l'amplification  $A_0$  :

**Activité 5 : qualité de l'asservissement non corrigé**

Avec  $A = A_0$  l'asservissement :  fonctionne bien  fonctionne à peu près  ne fonctionne pas

Avec  $A = A_1 = \dots\dots\dots$  l'asservissement :  fonctionne bien  fonctionne à peu près

⇒ **Consigne créneau : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  :** > voir courbe n° .....

⇒ **Consigne triangle : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  :** > voir courbe n° .....

⇒ **Temps de réponse à 5% :** > voir courbe n° .....  $\tau_{r5\%} = \dots\dots\dots$

Conclusion : .....

.....

**Activité 6 : correction de l'asservissement par PID**

Réglage du correcteur PID par la méthode Ziegler-Nichols :

- amplification qui rend le système instable :  $A_{\max} = \dots\dots\dots$
- période d'oscillation :  $T_0 = \dots\dots\dots$
- amplification optimale :  $A_0 = \dots\dots\dots$
- constante de temps du dérivateur :  $\tau_d = \dots\dots\dots$
- constante de temps de l'intégrateur :  $\tau_i = \dots\dots\dots$

Avec ce correcteur, l'asservissement :  fonctionne très bien  fonctionne à peu près

**Après retouche** des réglages, l'asservissement corrigé fonctionne très bien avec :

- amplification :  $A_0 = \dots\dots\dots$
- constante de temps du dérivateur :  $\tau_d = \dots\dots\dots$
- constante de temps de l'intégrateur :  $\tau_i = \dots\dots\dots$

⇒ **Consigne créneau : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  :** > voir courbe n° .....

⇒ **Consigne triangle : oscillogrammes de  $x(t)$  et  $x_r(t)$  :** > voir courbe n° .....

⇒ **Temps de réponse à 5% :** > voir courbe n° .....  $\tau_{r5\%} = \dots\dots\dots$

Conclusion : .....

.....

.....

.....

.....