

# Régulation de Débit

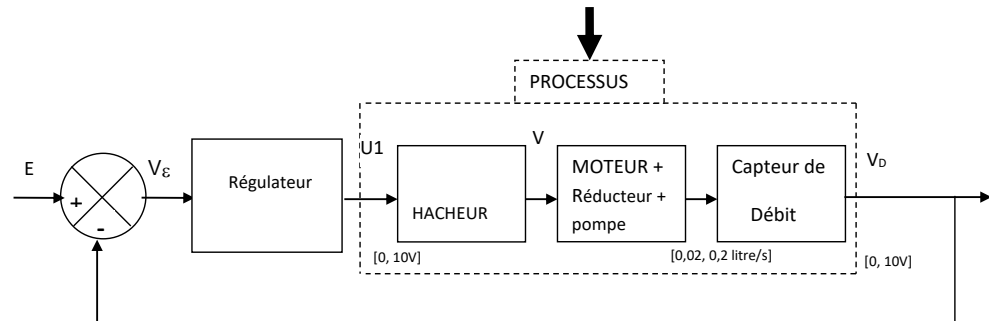
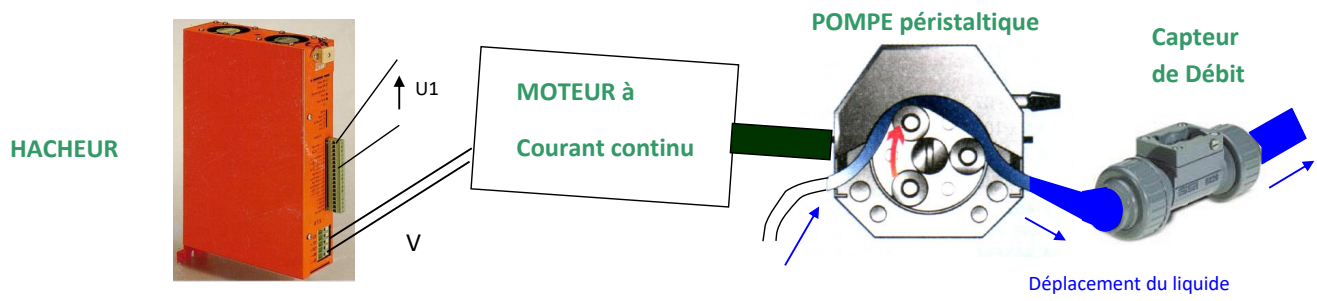
On va analyser le fonctionnement d'une boucle de régulation de débit d'un liquide.

Le schéma de la boucle est donné en page suivante.

**Le Processus** est constitué de :

- Un hacheur (tension d'entrée  $U_1 \in [0, +10V]$  )
- Un moteur à courant continu à aimants permanents commandé par sa tension d'induit (V)
- Un réducteur mécanique de vitesse de sortie  $\Omega$
- Une pompe péristaltique (l'axe tournant entraîne 3 galets en rotation qui écrasent un tuyau, ce qui permet le déplacement du liquide)
- Un capteur qui mesure le débit de liquide en sortie de la pompe. Ce capteur donne une tension de sortie  $VD \in [0, +10V]$  proportionnelle au débit de liquide évoluant entre 0,02 litre/seconde et 0,2 litre/seconde

Remarque : la tension de sortie V du hacheur est décalée de façon à ce que, pour une entrée  $U_1 = 0$ , le moteur tourne afin d'assurer un débit minimum de 0,02 l/s. Ce décalage n'est pas représenté sur le schéma de la figure 1.



Signe distinctif :

### Etude en boucle fermée avec correction proportionnelle

On suppose que le régulateur est un amplificateur de gain  $G$  positif et ajustable.

On suppose par ailleurs, **pour toute la suite du problème**, que la fonction de transfert du

processus est la suivante :  $\frac{V_D}{U_1} = \frac{K}{1 + \tau p}$  avec :  $K = 2$ ,  $\tau = 0,5s$

Pour les questions suivantes, on se place en **boucle fermée** :

Question	Explications	Résultat
Calculer littéralement la fonction de transfert en boucle fermée : $\frac{V_D}{E}(p) = f(K, G, \tau)$		
Quelles sont les valeurs de la constante de temps $\tau$ et du gain statique $G'$ pour la valeur choisie $G = 2$ <b>On conservera cette valeur <math>G = 2</math> pour les questions suivantes (correction proportionnelle).</b>		
Sans calcul, tracer la réponse indicielle $V_D$ pour un échelon de position sur $E$ variant de 0 à 2Volts (conditions initiales nulles).		
Quelle est la valeur de l'erreur de position $V_{\epsilon P}$ pour $E = 2$ Volts ?		
Sans calcul, donner l'expression de l'erreur de vitesse pour une consigne en rampe.		

Signe distinctif :

### Etude en boucle fermée avec correction proportionnelle-intégrale N°1

On remplace le gain  $G$  par un régulateur de fonction de transfert :  $\frac{G}{p}$

Question	Explications	Résultat
<p>Calculer la fonction de transfert en boucle fermée :</p> $\frac{V_D}{E}(p) = f(K, G, \tau)$		
<p>Quelles sont les valeurs du gain statique <math>K'</math>, de la pulsation naturelle <math>\omega_0</math> et de l'amortissement <math>Z</math> en fonction de <math>(K, G, \tau)</math>. Calculer leurs valeurs numériques pour <math>G = 0,16</math>.</p> <p><b>On conservera cette valeur de <math>G</math> pour les questions suivantes</b></p> <p><b>(correction PI N°1)</b></p> <p>Rappel : fonction passe-bas d'ordre 2 standard :</p> $\frac{k}{\omega_0^2 p^2 + \frac{2Z}{\omega_0} p + 1}$		

Signe distinctif :

<p>Calculer les pôles de la fonction de transfert en boucle fermée <math>\frac{V_D}{E}(p)</math>.</p> <p>Pourquoi la boucle fermée est-elle stable ?</p>		
Question	Explications	Résultat
<p>Utiliser les résultats de la question précédente pour mettre la fonction de transfert en boucle fermée sous la forme :</p> $\frac{V_D}{E}(p) = \frac{K'}{(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)}$ <p>Donner les valeurs numériques de <math>\tau_1</math> et <math>\tau_2</math></p>		
<p>Quelle est la valeur de l'erreur de position <math>V_{\varepsilon p}</math>.</p> <p>Comment pouvait-on prévoir ce résultat sans calcul ?</p>		

### Signe distinctif :

<p>En utilisant les résultats précédents, tracer, sans calcul, l'allure approximative de la réponse indicielle <math>V_D</math> (échelon de position variant de 0 à 2 Volts, conditions initiales nulles).</p> <p>Quelle est la valeur de <math>V_D</math> en régime permanent ?</p>		
<p>Calculer l'erreur de vitesse pour une rampe sur la consigne de pente 2V/s.</p> <p>On rappelle l'expression générale de l'erreur de vitesse :</p> $\varepsilon_V = \frac{\text{Pente de la rampe}}{\lim_{p \rightarrow 0} p(\text{boucle ouverte})}$		
Question	Explications	Résultat
<p>Comment évoluent l'amortissement <math>Z</math> en boucle fermée et l'erreur de vitesse lorsque <math>G</math> augmente ?</p>		

## Signe distinctif :

<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tracer les lieux de Bode asymptotiques en boucle ouverte pour <math>G = 1</math>.</li> <li>-Calculer le module de la boucle ouverte au point de cassure.</li> <li>-Positionner la courbe asymptotique 3 dB au-dessus.</li> <li>-Placer l'axe 0 dB pour <math>G = 1</math></li> <li>-Quelle est la marge de phase correspondante ?</li> <li>-Placer approximativement l'axe 0dB pour <math>G = 0,16</math></li> <li>-En déduire l'ordre de grandeur de la marge de phase pour <math>G = 0,16</math> (une valeur grossière suffira).</li> </ul>	
---	--

### Etude en boucle fermée avec correction proportionnelle-intégrale N°2

On remplace le régulateur  $\frac{G}{p}$  par un régulateur de fonction de transfert :  $\frac{G(1+Tp)}{Tp}$

avec :  $T = 0,5s = \tau$

Question	Explications	Résultat
Calculer littéralement la fonction de transfert en boucle fermée : $\frac{V_D}{E}(p) = f(K, G, \tau)$		
Question	Explications	Résultat

Signe distinctif :

<p>Sans calcul, tracer la réponse indicielle <math>V_D</math> pour un échelon de position sur E variant de 0 à 2Volts (conditions initiales nulles) pour : <math>G = 2</math> On conservera cette valeur pour les questions suivantes.</p>	
<p>Quelle est la valeur de l'erreur de position <math>V_{EP}</math> (justifier ce résultat).</p>	
<p>Calculer l'erreur de vitesse pour une rampe sur la consigne de pente 2V/s.</p>	
<p>Tracer les lieux de Bode asymptotiques en boucle ouverte(<math>G = 2</math>). En déduire la marge de phase.</p>	
<p>Conclusion : pourquoi utiliser le régulateur de fonction de transfert : <math>\frac{G(1+Tp)}{Tp}</math> Plutôt que : <math>\frac{G}{p}</math></p>	