

LPOB47 Mise en évidence de l'intérêt de la rétroaction à travers différents exemples en physique

1. Pré-requis

Lois générales de l'électrocinétique, modèle de l'ALI idéal, modèle de l'ALI du premier ordre. Éventuellement des connaissances sur le moteur à courant continu et les convertisseurs de puissances selon les exemples choisis.

2. Conseils

Cette leçon doit s'appuyer sur des exemples, si possibles en faisant varier les domaines. Pour rester dans le sujet, il est indispensable de montrer l'intérêt de la rétroaction par rapport à la situation d'une chaîne directe.

3. Contextualisation

Illustrer la notion et l'intérêt de la rétroaction sur un exemple qualitatif, et faire émerger l'idée d'un actionneur piloté par une entrée appelée consigne. En chaîne directe (ou boucle ouverte), la sortie du système est sensible aux perturbations. Exemple de la conduite automobile : consigne = position du volant ; actionneur = voiture ; sortie = position réelle de la voiture.

La rétroaction consiste à piloter l'actionneur également en fonction de la sortie à l'aide d'un capteur et d'un comparateur. Retour à l'exemple de la conduite automobile : capteur = yeux ; cerveau = comparateur).

On peut aussi citer la régulation thermique d'une pièce (comparateur à hystérésis), le mécanisme d'une chasse d'eau, l'optique adaptative, le positionnement de la pointe pour la microscopie en champ proche, etc. Les mécanismes de rétroaction sont également fréquents en biologie et en économie.

On peut envisager des rétroactions linéaires, ou non linéaires, discuter les limites, la stabilité... la question est vague et complexe. Il s'agit ici de donner quelques exemples et de dégager des idées fortes.

Rapport 2011 : « le jury n'attend pas une présentation abstraite et très générale de la notion de système bouclé. Il estime indispensable de s'appuyer sur au moins un exemple concret et détaillé avec soin ».

4. Proposition de plan

La leçon proposée ci-dessous est bien trop longue pour un exposé en 45 minutes : faire des choix !

Présentation de l'idée de rétroaction : décrire le processus de la conduite automobile, ou faire tenir un manche à balai verticalement dans le creux de sa main (pendule inversé) pour montrer le rôle de la rétroaction visuelle pour assurer la stabilité.

I) Rétroaction linéaire

I.1) Exemple du montage non inverseur avec le modèle de l'ALI du premier ordre.

Stabilité, discussion de la rapidité du système avec la conservation du produit gain bande passante.

I.2) Modélisation générale

On introduit les fonctions de transfert suivantes :

A : actionneur

B : capteur

FTBO $T = AB$: fonction de transfert en boucle ouverte

FTBF $H = A/(1 + AB)$: fonction de transfert en boucle fermée

Pour une FTBO telle que $T \gg 1$: $H = 1/B$, le système est plus précis car peu sensible aux fluctuations de l'actionneur.

I.3) Stabilité

Discussion qualitative de la stabilité, critère du revers. Sur un diagramme de Nyquist (Re, Im), on trace $T(j\omega)$. Pour que le système soit stable, la courbe doit laisser le point -1 sur sa gauche quand elle coupe l'axe des parties réelles.

On peut traiter rapidement l'exemple de l'oscillateur à pont de Wien.

I.4) Autre exemple : asservissement d'un moteur

Actionneur : hacheur + moteur, modélisé par un passe bas.

On rajoute un correcteur proportionnel, un capteur de vitesse, et un comparateur.

On retrouve la structure du montage non inverseur à ALI.

On peut montrer l'immunité aux perturbations placées en aval de l'actionneur.

II) Rétroaction non linéaire

II.1) Problématique de la régulation d'une température

II.2) Comparateur à hystérésis.

III) Ouverture

Optique adaptative, boucle à verrouillage de phase, etc.