



ANALYSE DU SYSTEME EN BOUCLE FERMEE

VIIIGENERALITE SUR L'ANALYSE EN BOUCLE FERMEE :

Introduction :

Toutefois, si le système à commander n'est pas parfaitement connu ou si des perturbations l'affectent, les signaux de sortie ne seront pas ceux souhaités. L'introduction d'un retour d'information sur les sorties mesurées s'avère alors nécessaire. Dans ce cas les sorties du système sont contrôlées. C'est à ce niveau que l'on rencontre la notion du système asservi.

Définition :

Un système en boucle fermée est un système où le signal de commande dépend d'une façon ou d'une autre du signal de sortie. Le principe de la commande en boucle fermée est illustré sur la figure suivante et définit la structure de commande en contre réaction. On parle alors de système bouclé par opposition au système en boucle ouverte.

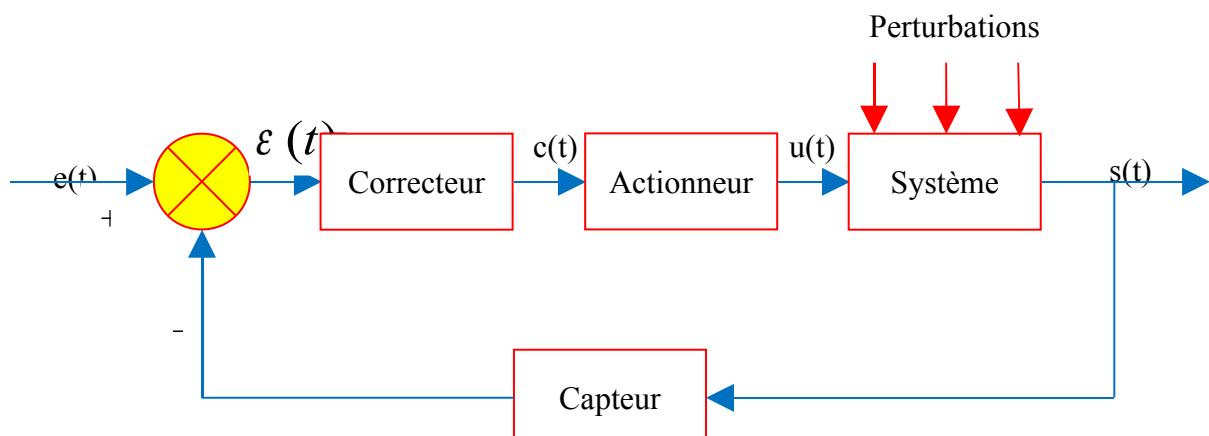


Figure 4-28 : Commande en boucle fermée



Avantages et inconvénients d'un système bouclé :

Un système bouclé vérifie en quelque sorte que la réponse du système correspond à l'entrée de référence tandis qu'un système en boucle ouverte commande sans contrôler l'effet de son action. Les systèmes de commande en boucle fermée sont ainsi préférables quant des perturbations non modélisables et/ou des variations imprévisibles des paramètres sont présentes. Cette structure de commande permet ainsi d'améliorer les performances, un meilleur suivi des consignes, une moindre sensibilité aux variations paramétriques du modèle, une stabilisation de système instable en boucle ouverte. Il est toutefois important de remarquer que cette structure de commande ne présente pas que des avantages. Elle nécessite l'emploi d'un capteur qui augmente le coût de l'installation. D'autre part, le problème de la stabilité et de la précision des systèmes à contre réaction se pose de manière plus complexe. Dans notre système, nous utilisons un capteur analogique : génératrice tachymétrique délivrant une tension de sortie proportionnelle à la vitesse.

Fonction des éléments d'un système bouclé :

On résume dans le tableau (4-1) suivant les fonctions des différents éléments du système en boucle fermée.

| Eléments | Fonctions |
|----------------------------|---|
| Régulateur | Traite le signal d'erreur et en déduit le signal de commande $c(t)$ destiné à diminuer $\varepsilon(t)$ |
| Amplificateur de puissance | Amplifie en puissance le signal de commande $c(t)$ de façon à ce qu'il soit applicable au processus |
| Processus | Installation à asservir |
| capteur | Forme une image $r(t)$ aussi fidèle que possible de la grandeur réglée brute $s(t)$ |
| Comparateur | Construit le signal d'erreur $\varepsilon(t) = e(t) - s(t)$ |

Tableau 4-3 : Fonctions des éléments du système

Schéma fonctionnel en boucle fermée :



Le schéma fonctionnel d'un système asservi peut se présenter comme suit :

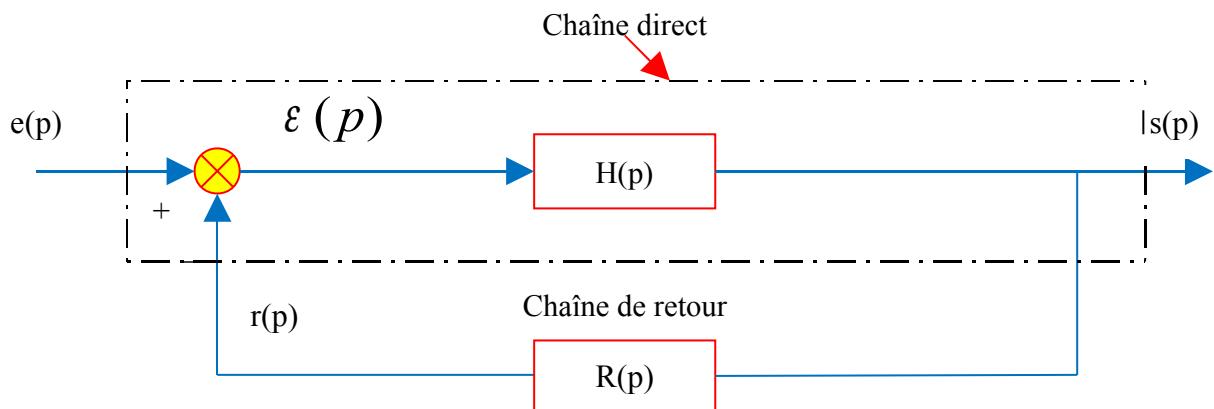


Figure 4-29 : Système en boucle fermée

La fonction de transfert en boucle ouverte est :

$$G(p) = H(p) \cdot R(p) \quad (4-1)$$

La fonction de transfert en boucle fermée est alors :

$$T(p) = \frac{G(p)}{1 + H(p) \cdot R(p)} \quad (4-2)$$

Pour faire apparaître plus complètement les propriétés du système, on le représente par :

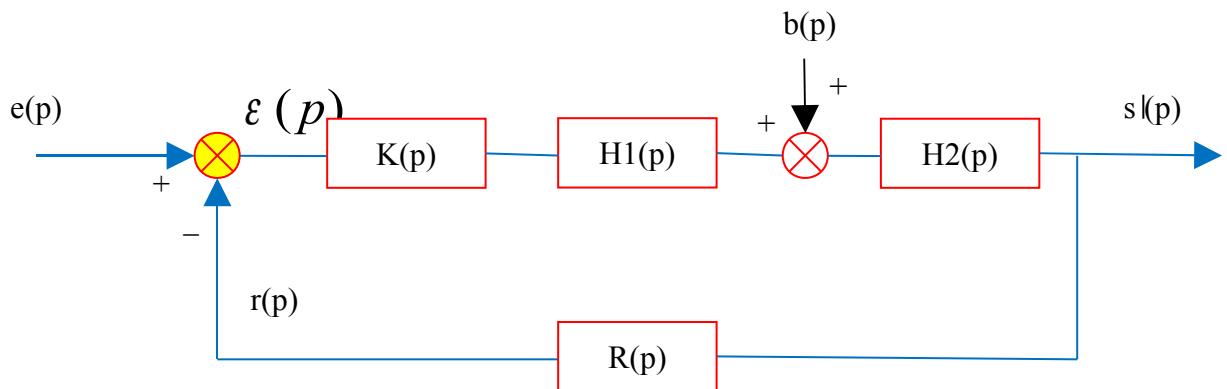


Figure 4-30 : Schéma fonctionnel d'un système soumis à des perturbations



$H(p) = H_1(p)H_2(p)$ est la fonction de transfert lui-même et $b(p)$ représente les perturbations que l'on peut introduire au système. Au contraire de $e(p)$ qui représente la consigne à atteindre et que l'on connaît et maîtrise, $b(p)$ est subie et pas toujours bien connue et on cherche à rendre son influence négligeable sur $s(p)$. Pour un asservissement de vitesse d'un moteur $c(p)$ est la consigne de vitesse, $s(p)$ la vitesse atteinte, $H_1(p)$ correspond à l'amplificateur de puissance qui alimente le moteur et $H_2(p)$ au moteur lui-même, $b(p)$ étant une perturbation de couple (par exemple freinage du moteur). $K(p)$ est la fonction de transfert du correcteur que l'on ajoute sur la chaîne directe afin d'améliorer la réponse du système.

Comparaison entre commande en boucle ouverte et commande en boucle fermée :

Les avantages et inconvénients de commande en boucle ouverte et commande en boucle fermée sont résumés dans le tableau (4-2) suivant.

| | Avantages | Inconvénients |
|----------------------------|--|--|
| Commande en boucle ouverte | -Coût global limité -Mise en œuvre simple -Plus grande fiabilité -Commande simple d'axe | -Perturbations non corrigées |
| Commande en boucle fermée | -Précision élevée -Gamme de vitesse élevée -performances dynamiques très élevées -Synchronisation multiaxes | -Coût élevé -Nécessité de réglage pour éviter l'instabilité et optimiser les performances |

Tableau 4-4 : Comparaison entre commande en boucle ouverte et commande en boucle fermée

Fonction de transfert en boucle fermée :



La fonction de transfert en boucle fermée est donnée par la relation suivante :

$$FTBF = \frac{FTBO}{1 + FTBO} \quad (4-3)$$

Dans notre cas, on note par $T(p)$ la fonction de transfert en boucle fermée. Nous avons donc la formule suivante :

$$T(p) = \frac{G(p)}{1 + G(p)} \quad (4-4)$$

$$T(p) = \frac{43.2}{5.9810^{-9} p^4 + 3.9110^{-6} p^3 + 1.5610^{-3} p^2 + 0.08 p + 44.2} \quad (4-5)$$



IX ANALYSE DU SYSTEME EN BOUCLE FERMEE

Essai temporel :

Réponse indicielle :

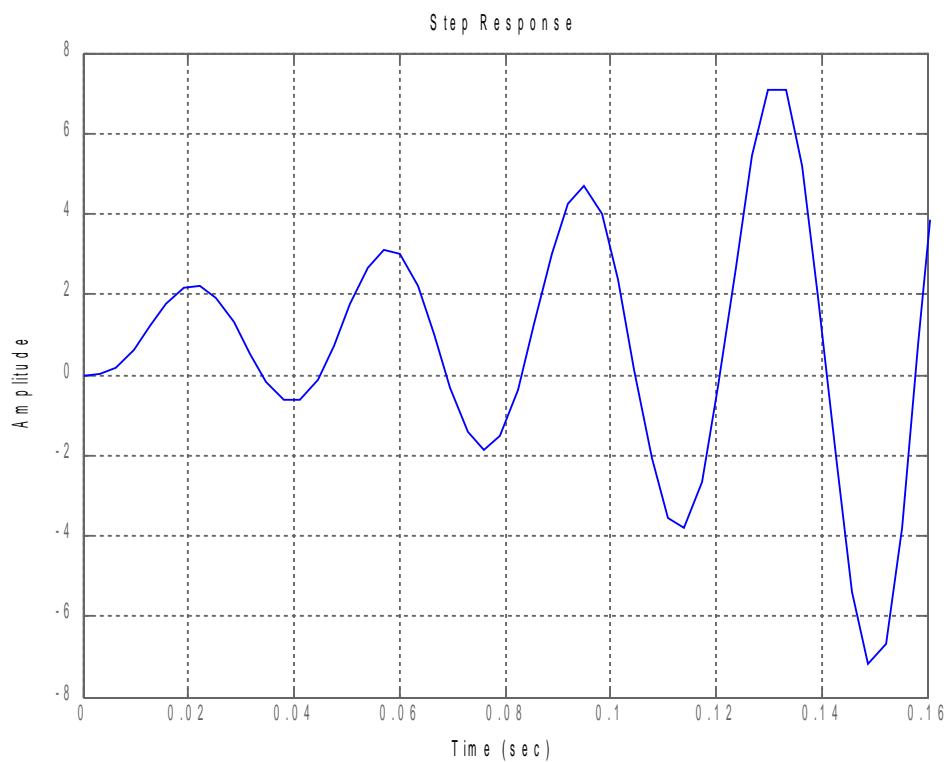


Figure 4-31 : Réponse indicielle

Pour un échelon d'entrée $E = E_0 u(t)$ on a : $\varepsilon_s = 1 - H(o) = 0.03$



Réponse impulsionnelle :

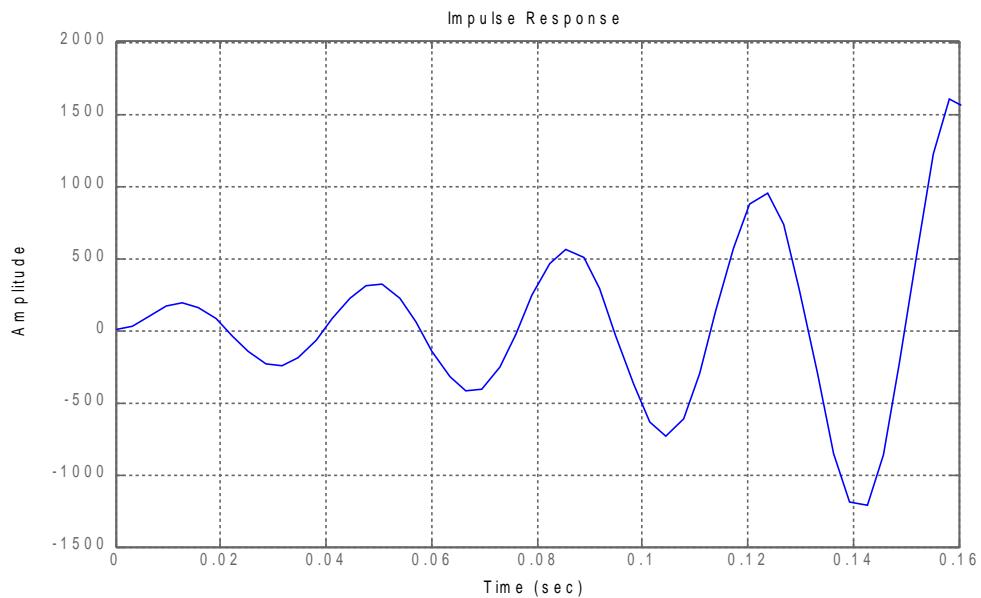


Figure 4-32 : Réponse impulsionnelle

Essai harmonique :

Diagramme de Bode :

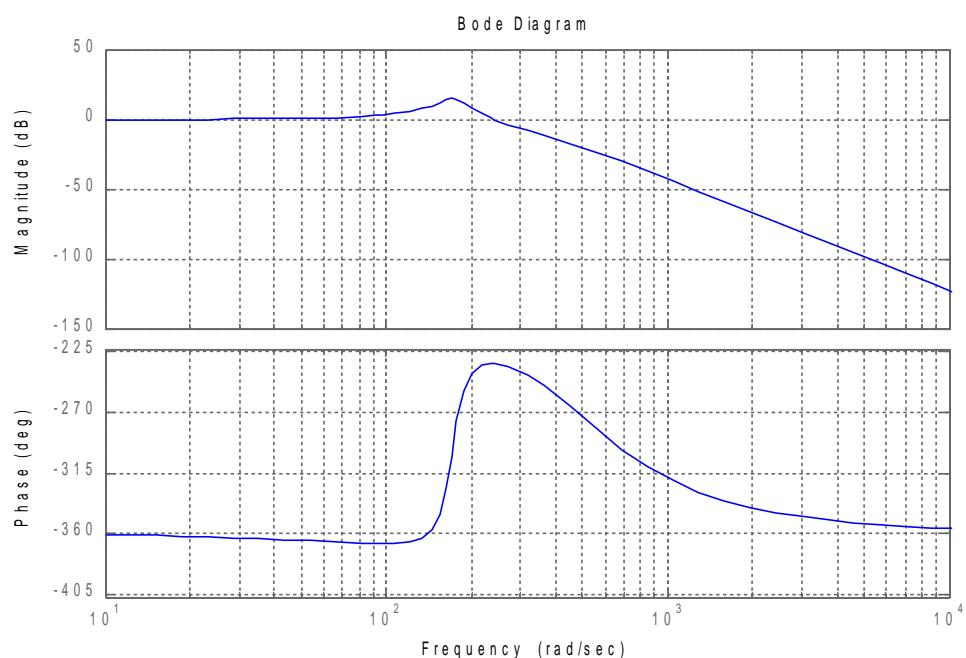


Figure 4-33 : Diagramme de Bode

Diagramme de Nyquist :

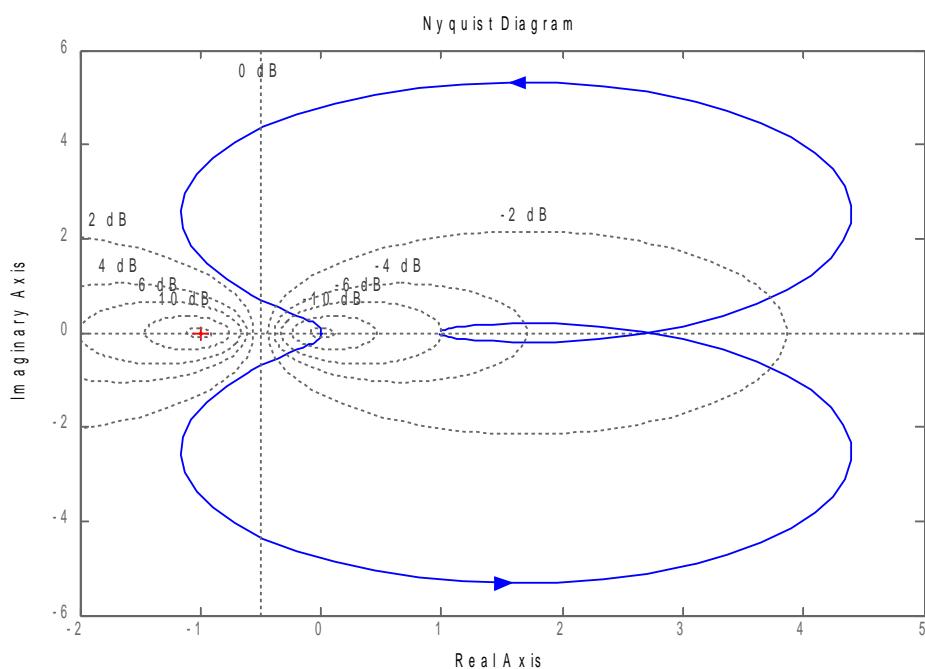


Figure 4-34 : Diagramme de Nyquist

Diagramme de Nichols :

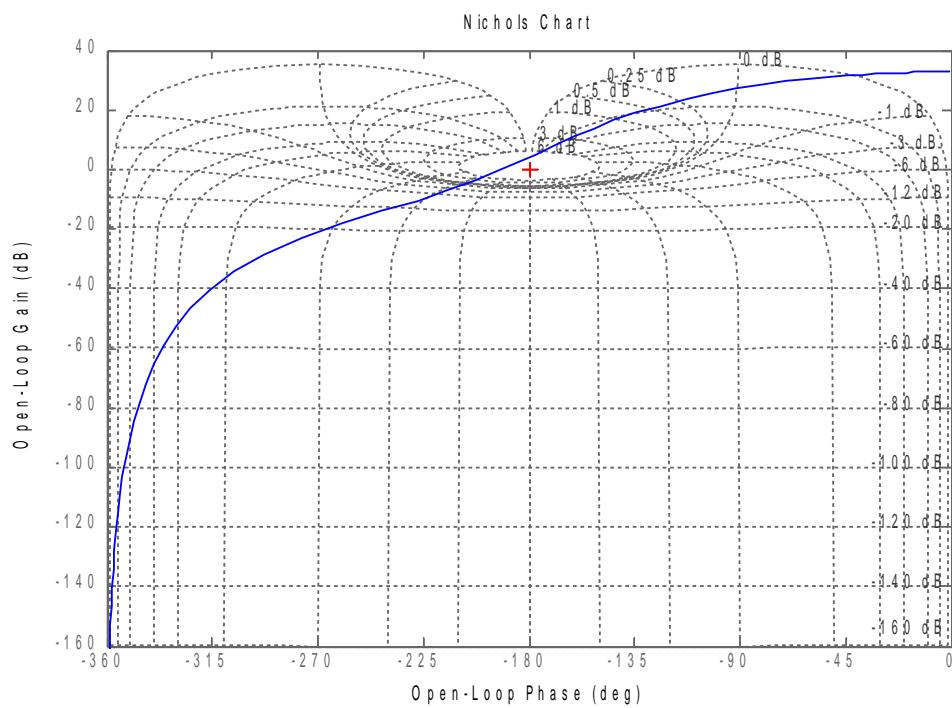


Figure 4-35 : Diagramme de Nichols

Pôles du système :

Les pôles du système sont :

- $p_1 = -3.41+3.66i$
- $p_2 = -3.41-3.66i$
- $p_3 = 0.14+1.71i$
- $p_4 = 0.14-1.71i$

Un système linéaire continu en boucle fermée n'est stable que si tous les pôles de sa fonction de transfert sont à partie réelle négative, s'ils sont situés dans le demi-plan négatif dédié à la variable complexe p . Ce système ne vérifie pas ce critère, donc il n'est pas stable

Marge de phase et marge de gain :

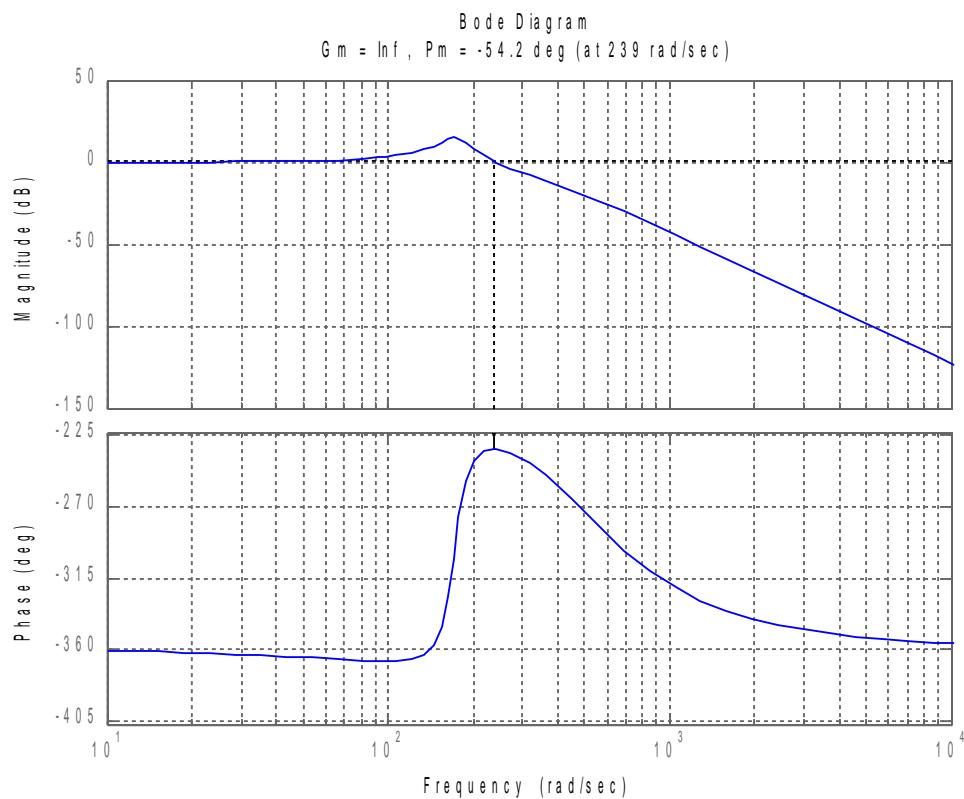


Figure 4-36 : Marge de phase et marge de gain

Retour non unitaire

2.3.1 Fonction de transfert du système avec retour non unitaire :

La fonction de transfert du capteur est égal à : $R(p) = 0.06 \text{ [V]/[tr/min]}$. Donc la fonction de transfert du système avec capteur est égal à :

$$T(p) = \frac{43.2}{5.9810^{-9} p^4 + 3.9210^{-6} p^3 + 1.5610^{-3} p^2 + 0.08p + 3.59} \quad (4-6)$$

2.3.2 Réponse indicielle :

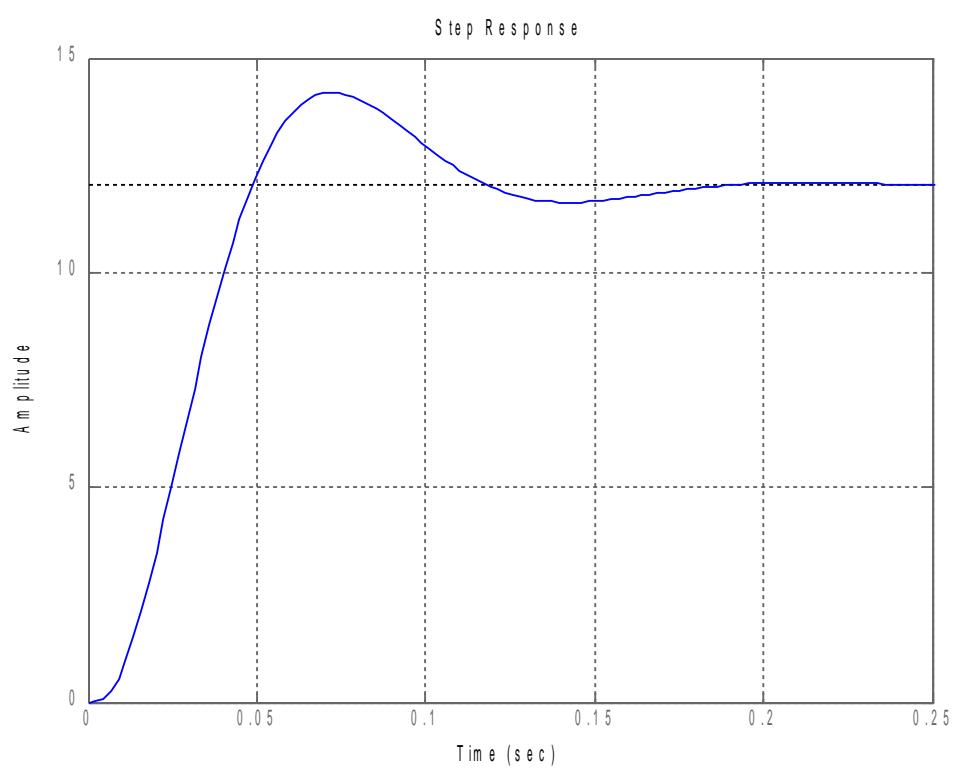


Figure 4-37: Réponse indicielle

2.3.3 Réponse impulsionnelle :