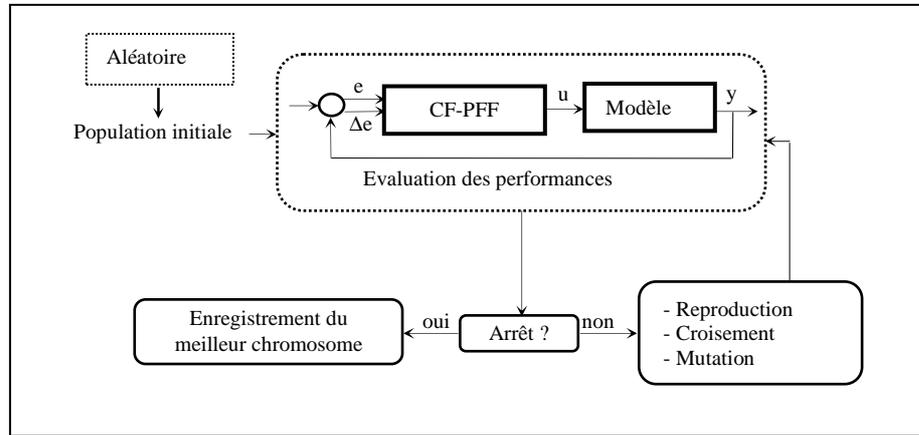


## Chapitre IV

# Optimisation de Commandes Floue par les Algorithmes Génétiques

**IV.1 Algorithme génétique adopté pour l'optimisation d'un SIF**

Pour décrire le processus d'optimisation de l'AG, appliqué en commande, considérant le schéma bloc fonctionnel donné dans la figure III.1 où (e) et ( $\Delta e$ ) désignent respectivement l'erreur et la variation de l'erreur.



**Figure III.1** Schéma bloc fonctionnel montrant le processus d'optimisation par AG

Les paramètres déterminés par le processus d'exploration, et qui garantissent un contrôle optimal, sont :

- d'une part, les paramètres des prémisses,
- et d'autre part, les paramètres des conclusions des règles.

Par l'utilisation de partitions floues fortes, il suffit seulement de coder les valeurs modales des fonctions d'appartenance, ce qui réduit considérablement l'espace de recherche.

**IV.2 Représentation des solutions (codage)**

Dans le mécanisme de l'AG, les paramètres à optimiser sont codés pour former le chromosome. Il existe deux types de codage dans la littérature, le codage réel et le codage binaire, nous avons adopté ce dernier.

Dans le codage binaire des paramètres, le nombre de bit pour coder chaque paramètre dépend de la marge et de la précision voulue.

Pour un SIF avec  $n$  entrées et  $m_i$  triangles par entrée,  $i = 1$  à  $n$ , un individu de la population est codé par :

$$A = \begin{bmatrix} C_{1,1} \dots C_{1,m_1} & C_{2,1} \dots C_{2,m_2} & \dots & C_{n,1} \dots C_{n,m_n} & W_{11} \dots W_{nmn} \end{bmatrix}$$

Les  $(C_{i,j})_{j=1}^{m_i}$  représentent les valeurs modales des triangles définis sur le domaine de l'entrée  $i$ . De plus, nous imposons la contrainte :

$$(\forall i)(C_{i,1} < C_{i,2} < \dots < C_{i,m_i}) \tag{III.1}$$

Par contre, les  $W_{ij}$  représentent les conclusions des règles (dans notre cas, des singletons).

**IV.3 Opérateurs génétiques**

Au début du processus d'optimisation, la population initiale comporte un ensemble de chromosomes qui sont dispersés partout dans l'espace de recherche. La population initiale

peut être aléatoirement produite ou peut être en partie fournie par l'utilisateur. Cependant, dans toutes nos simulations, la population se compose de 200 chromosomes qui sont tous tirés aléatoirement au début.

La sélection par la méthode de "la roue biaisée" est utilisée pour déterminer les membres de la nouvelle population [Goldberg 94]. Une fois que la nouvelle population est construite, le croisement est effectué et ensuite est suivi par l'opération de mutation.

**IV.4 Résultats de simulation**

Dans ce paragraphe nous examinons les performances de la méthode présentée ci-dessus en l'appliquant pour la conception d'un contrôleur, de type Sugeno d'ordre zéro, du pendule inverse. Le contrôleur flou de type Sugeno à déterminer a une structure à 2 entrées( trois fonctions d'appartenance pour l'erreur (e) et trois fonctions d'appartenance pour la variation de l'erreur (Δe)) et une sortie u(t), avec 9 règles. Les fonctions d'appartenance sont de type triangulaire formant une partition floue forte. L'objectif global du système de commande est de réduire au minimum l'erreur à chaque instant k entre la réponse réelle du système et le point de consigne, l'indice de performance, F est choisi comme suit:

$$F = \sum_{k=1} e^2(k) \tag{III.2}$$

**IV.4.1 Optimisation des paramètres du contrôleur**

Les paramètres introduits dans l'AG sont représentés comme suit:

- Les valeurs modales des triangles respectivement  $C_{11}, C_{12}, C_{13}$  pour l'erreur (e) et  $C_{21}, C_{22}, C_{23}$  pour la variation de l'erreur (Δe), sont choisis entre [-1 1], et chacun est codé sur une chaîne de 8 bits, tout en respectant la contrainte (III.1) lors du processus d'optimisation,
- Les conclusions des règles  $W_{11} \dots W_{33}$  sont choisies entre [-1 1], et chacun est codé sur une chaîne de 8 bits,
- La population contient 200 chromosomes (chacun de longueur de 120 bits) et le nombre maximal de génération est 100,
- La valeur du critère de performance F pour la solution obtenue est égale à 277.9652.

Le tableau (III.1 (a),(b)) nous donne les paramètres optimaux obtenus par l'AG après 40 générations:

<i>Fcts d'appartenance</i>	<b>Les points modaux des fonctions d'appartenance</b>		
<i>e</i>	-0.7433 ( $C_{11}$ )	-0.4450 ( $C_{12}$ )	0.5651 ( $C_{13}$ )
$\Delta e$	-0.6173 ( $C_{21}$ )	-0.1023 ( $C_{22}$ )	0.8750 ( $C_{23}$ )

(a)

<b>Les conclusions des règles (<math>w_{ij}</math>)</b>								
$W_{11}$	$W_{12}$	$W_{13}$	$W_{21}$	$W_{22}$	$W_{23}$	$W_{31}$	$W_{32}$	$W_{33}$
-0.1042	-0.7482	-0.0281	-0.6063	0.2547	0.1254	-0.1463	0.9015	0.2321

(b)

**TAB.III.1 Paramètres optimaux obtenus par l'AG**

La figure III.2 représente les fonctions d'appartenance trouvées après optimisation :

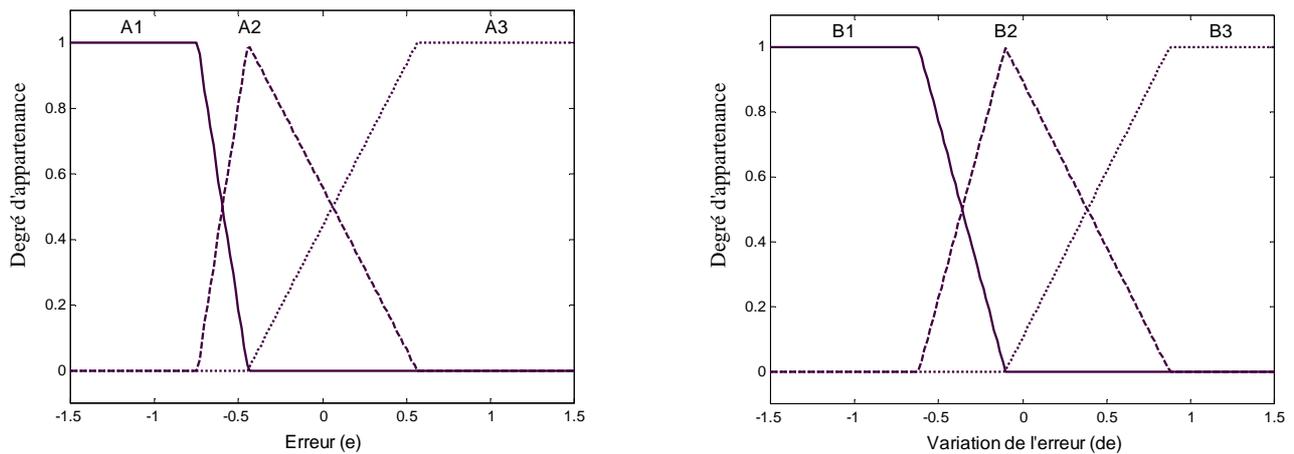
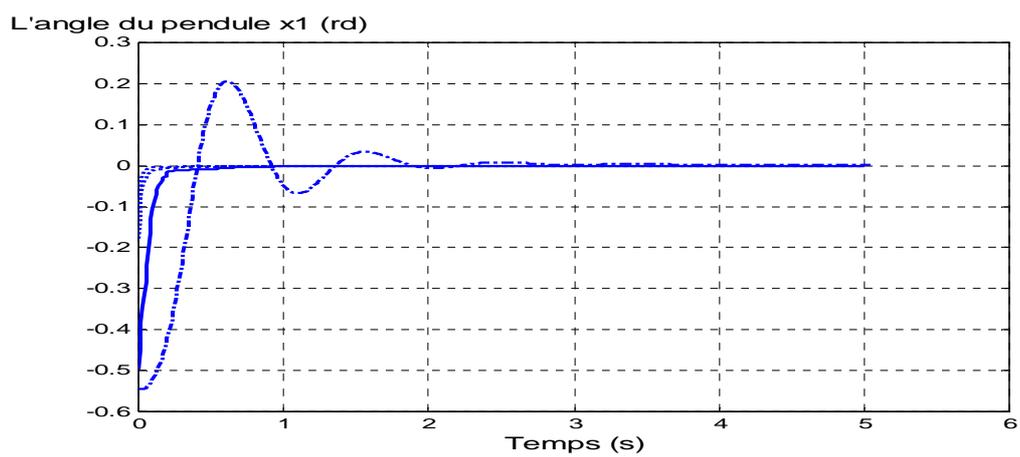
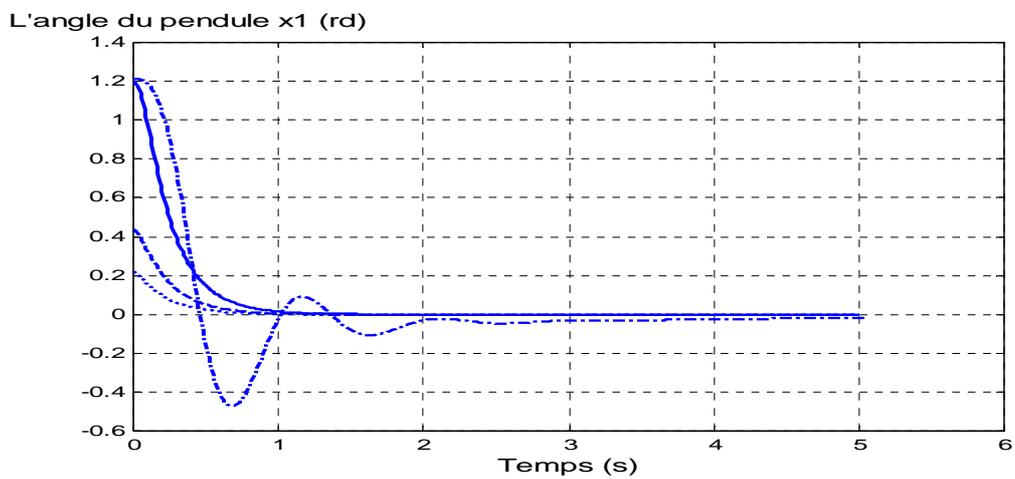
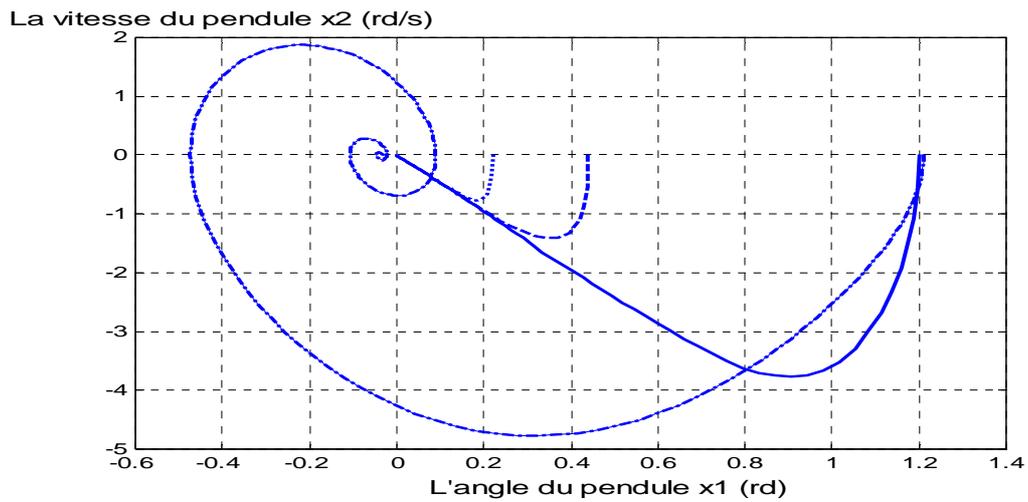
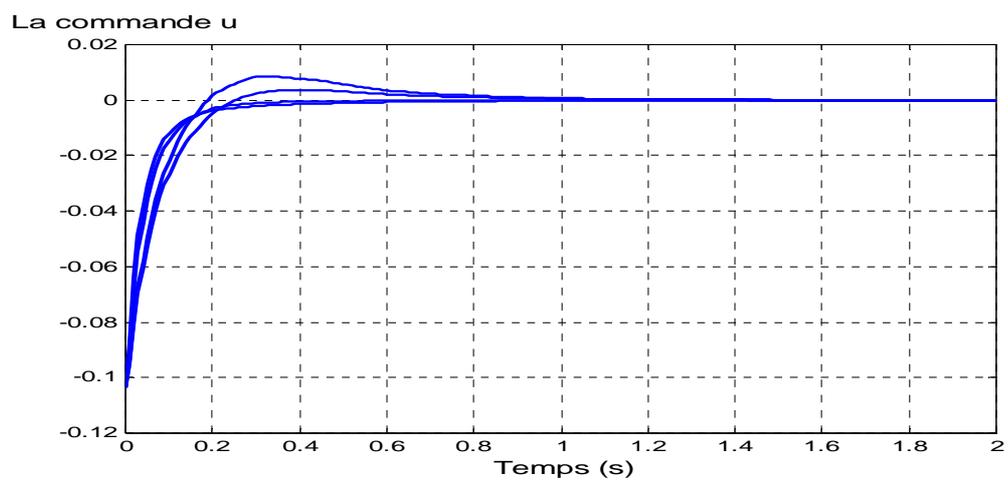
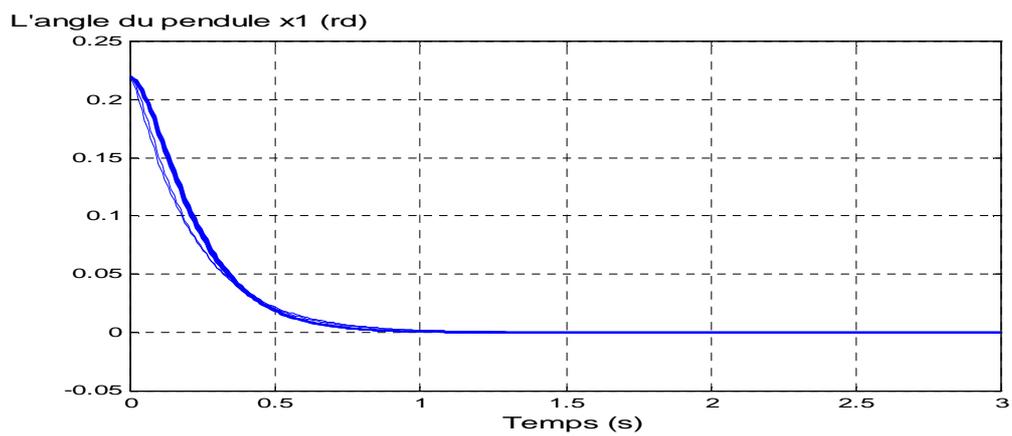


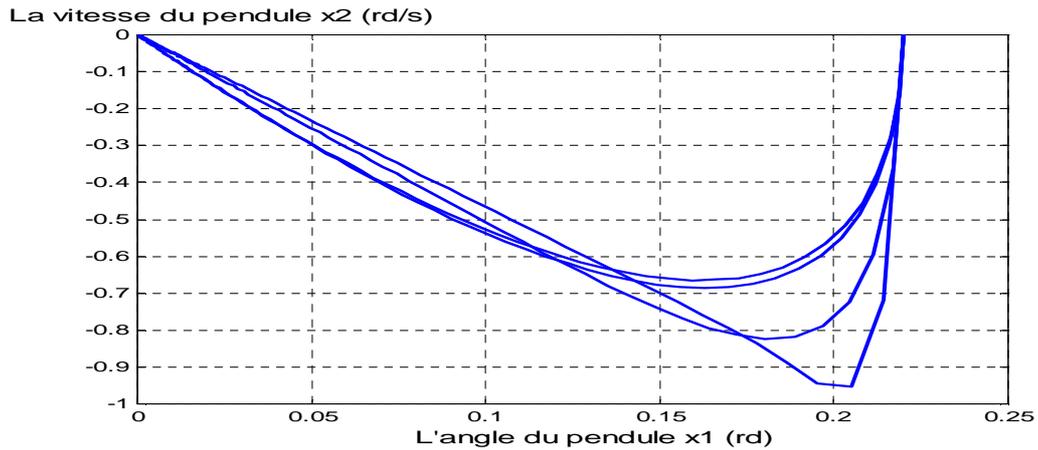
Figure III.2 Disposition et forme des fonctions d'appartenance après optimisation





**Figure III.3** Les réponses du pendule soumis au contrôleur optimal obtenues pour les paramètres nominaux du système et différentes conditions initiales





**Figure III.4** réponses du pendule soumis au contrôleur optimal obtenues pour une variation de 0% à 100% de la demi-longueur du segment ( $l$ )

La figure (III.3) montre la performance du contrôleur flou optimisé pour le contrôle du pendule inverse avec des conditions initiales différentes (0.22 rad, 0 rad/s), (0.44 rad, 0 rad/s), (1.2 rads, 0 rad/s). Nous remarquons que le contrôleur arrive toujours à stabiliser le pendule en un temps de réponse d'environ 1.25 s pour atteindre l'état d'équilibre, et il n'échoue qu'à partir d'un angle qui dépasse la valeur de 1.2 rads.

Pour voir la réaction du contrôleur aux changements des paramètres du système, nous avons procédé à une variation de 0% à 100% du paramètre  $l$  du système. La figure (III.4) montre que le contrôleur arrive toujours à stabiliser le système avec un temps de réponse d'environ de 1.2 s pour atteindre l'état d'équilibre. Pour une variation de plus de 100% le contrôleur commence à perdre ses caractéristiques.