

## **CHAPITRE II**

### **LES SYSTEMES D'INFERENCEES FLOUS**

#### **SOMMAIRE**

---

1. Introduction	21
2. Logique floue	21
3. Sous-ensembles flous	21
4. Variables linguistiques	22
5. Système d'Inférence Floue	24
5.1. Fuzzification	24
5.2. Inférence	24
5.3. Defuzzification	24
6. Représentation floue des variables d'entrée	26
7. Représentation floue des variables de sortie	26
8. Définition des règles floues	26
9. Synthèse du chapitre	27

---

### **1. INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, nous décrivons l'approche développée dans les systèmes d'inférences flous, nous présentons la notion de base de cette approche, notamment, définition de la logique floue et les variables linguistiques. Nous détaillons la structure interne des SIF par l'exposition des trois composantes de ces systèmes tels que la fuzzification, l'inférence et la défuzzification pour faire le traitement des données.

### **2. LOGIQUE FLOUE**

La logique floue fut développée par Lofti A. Zadeh en 1965 à partir de sa théorie des sous-ensembles flous [7]. Les sous-ensembles flous sont une manière mathématique de représenter l'imprécision de la langue naturelle, ils peuvent être considérés comme une généralisation de la théorie des ensembles classiques [Zadeh, 1965; Kaufmann, 1973; C-T.Lin et Lee, 1996; Jang et al., 1997; Ross, 2005; Tong-Tong, 1995] [8]. La logique floue est aussi appelée "logique linguistique" car ses valeurs de vérité sont des mots du langage courant : "plutôt vrai, presque faux, loin, si loin, près de, grand, petit...". La logique floue a pour objectif l'étude de la représentation des connaissances imprécises, des raisonnements approchés [9] et elle cherche à modéliser les notions vagues du langage naturel pour pallier l'inadéquation de la théorie des ensembles classiques dans ce domaine [10].

### **3. SOUS-ENSEMBLES FLOUS**

En théorie des ensembles classiques, l'appartenance d'un élément à un sous-ensemble est booléenne. Les sous-ensembles flous permettent en revanche de connaître le degré d'appartenance d'un élément au sous-ensemble. Un sous-ensemble flou A d'un univers du discours U est caractérisé par une fonction d'appartenance [7] :

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$$

Où  $\mu_A$  est le niveau ou degré d'appartenance d'un élément de l'univers de discours U dans le sous-ensemble flou. On peut définir aussi un sous-ensemble flou  $\bar{A}$  dans l'univers du discours U comme suit [Zadeh,1965; Tong-Tong,1995; Jang et al.,1997; C-T.LinetLee, 1996; Ross,2005] :  $\bar{A} = \{(x,\mu_{\bar{A}}(x))|x \in U\}$ , (3.2) avec  $\mu_{\bar{A}}(x)$  comme le degré d'appartenance de x dans  $\bar{A}$ . [8]

**Exemple** Soit  $U$  défini sur  $\mathbb{R}$  et  $A$  le sous-ensemble classique pour représenter les nombres réels supérieurs ou égaux à 5; alors, nous avons :

$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}$ , où la fonction caractéristique est définie par :

$$\mu_A(x) = 0, \text{ si } x < 5,$$

$$\mu_A(x) = 1, \text{ si } x \geq 5.$$

**(Qui est montrée dans la Figure II.1.)**

Soit, alors, un sous-ensemble flou  $\bar{A}$  qui représente les nombres réels proches de 5, nous avons donc comme fonction caractéristique :

$\bar{A} = \{(x, \mu_{\bar{A}}(x)) | x \in U\}$ , où la fonction caractéristique est définie comme suit :

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \frac{1}{1+10(x-5)^2}$$

**(Qui est montrée dans la Figure II.2.)**

#### **4. VARIABLES LINGUISTIQUES**

En logique floue les concepts des systèmes sont normalement représentés par des variables linguistiques. Une variable linguistique est une variable dont les valeurs sont des mots ou des phrases utilisées couramment dans un langage naturelle ou un langage artificiel [11]. Une variable linguistique est définie par [12] :

$$(X, U, T(X), \mu_x)$$

Où  $X$  désigne le nom de la variable,  $U$  est l'univers du discours associé à la variable  $X$  (appelé aussi référentiel [10]),  $T(X) = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  est l'ensemble des valeurs linguistiques de la variable  $X$  (appelé également termes linguistiques ou étiquettes linguistiques), et finalement  $\mu_x$  sont les fonctions d'appartenance associées à l'ensemble de termes linguistiques.

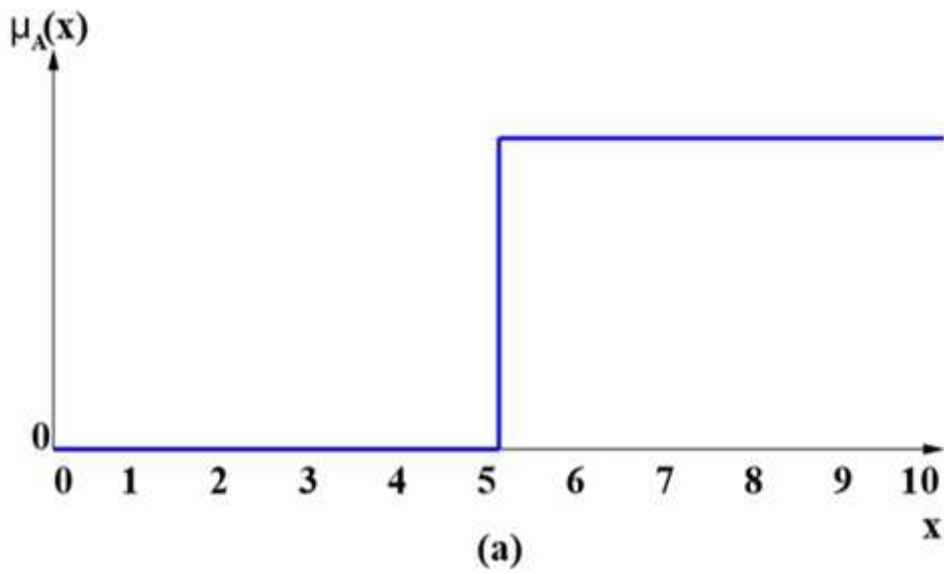


Figure II.1.

Fonctions caractéristiques d'un sous-ensemble classique pour l'exemple cité ci-dessus.

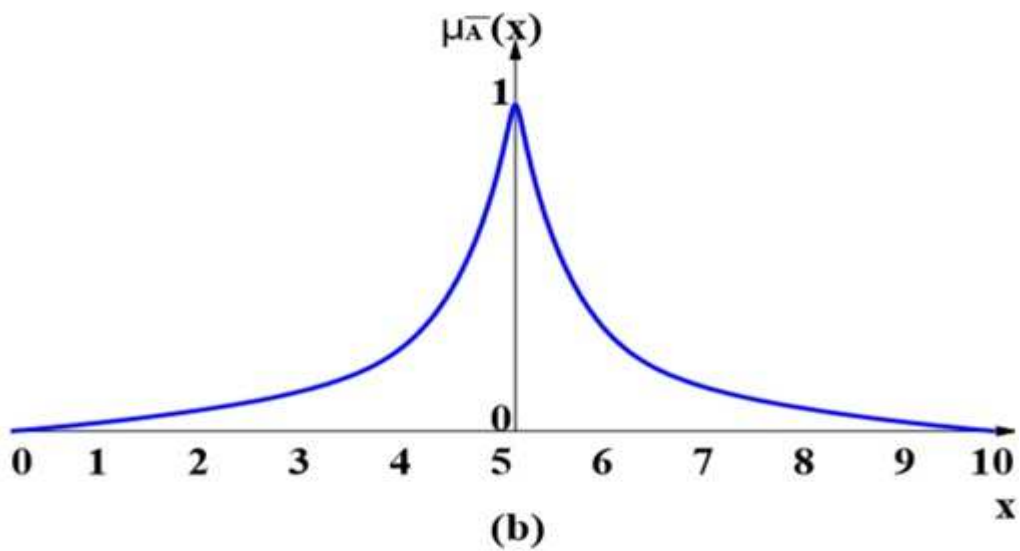


Figure II.2.

Fonctions caractéristiques d'un sous-ensemble flou (b) pour l'exemple cité ci-dessus.

## **5. SYSTEME D'INFERENCE FLOUE**

Un Système d'Inférence Floue (SIF) a comme but de transformer les données d'entrée en données de sortie à partir de l'évaluation d'un ensemble des règles. Les entrées sont issues du processus de fuzzification et l'ensemble de règles normalement sont définies par le savoir-faire de l'expert. [8]

Un SIF est constitué de trois étapes (voir la Figure II.3.):

- 5.1. FUZZIFICATION**, qui consiste à caractériser les variables linguistiques utilisées dans le système. Il s'agit donc d'une transformation des entrées réelles en une partie floue définie sur un espace de représentation lié à l'entrée. Cet espace de représentation est normalement un sous-ensemble flou. Durant l'étape de la fuzzification, chaque variable d'entrée et de sortie est associée à des sous-ensembles flous.
  
- 5.2. INFERENCE** : consiste à utiliser le moteur d'inférence, qui est un mécanisme permettant de condenser l'information d'un système à travers d'un ensemble de règles définies pour la représentation d'un problème quelconque. Chaque règle délivre une conclusion partielle qui est ensuite agrégée aux autres règles pour fournir une conclusion (agrégation). Les règles constituent le système d'inférence floue, dans la suite de ce chapitre nous donnons une description de règles floue dans un cadre plus formel
  
- 5.3. DEFUZZIFICATION**, qui consiste à caractériser les variables linguistiques utilisées dans le système. Il s'agit donc d'une transformation des entrées réelles en une partie floue définie sur un espace de représentation lié à l'entrée. Cet espace de représentation est normalement un sous-ensemble flou. Durant l'étape de la fuzzification, chaque variable d'entrée et de sortie est associée à des sous-ensembles flous.

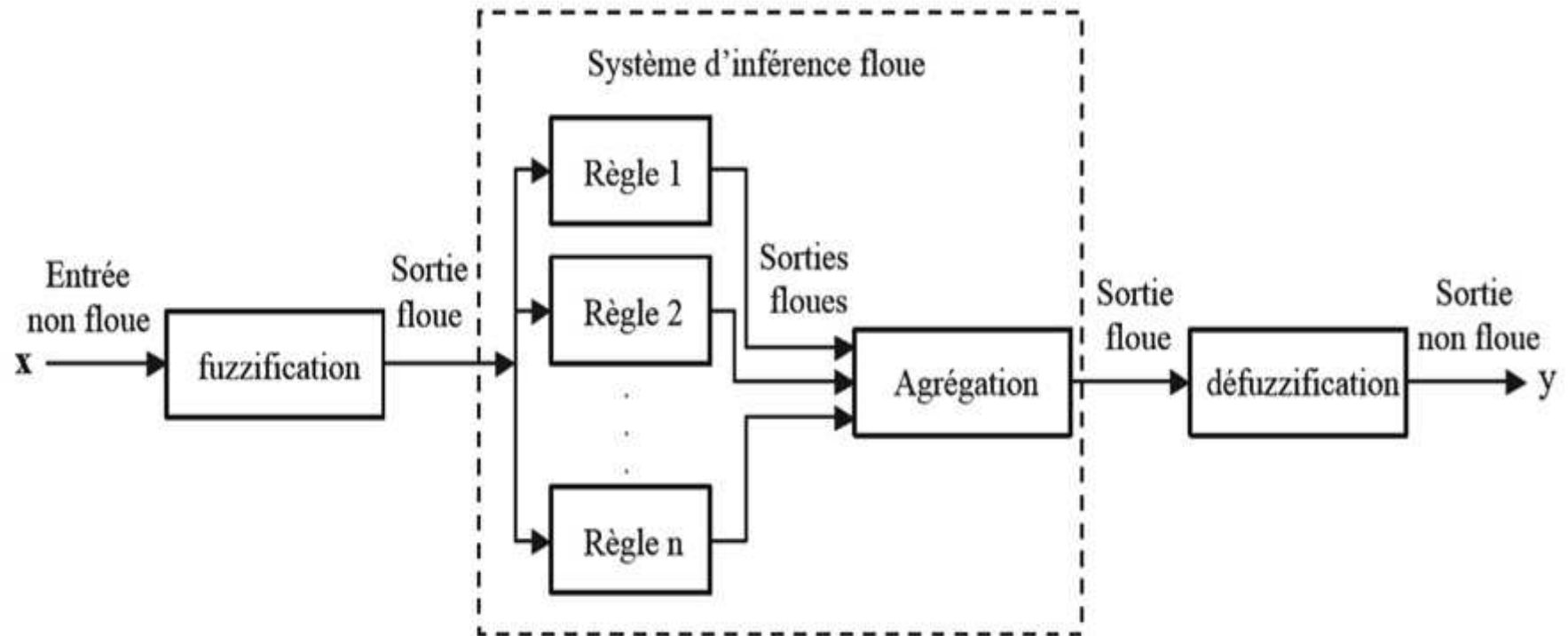


Figure II.3. SYSTEME D'INFERENCE FLOUE [8]

**6. REPRESENTATION FLOUE DES VARIABLES D'ENTREE**

Pour montrer le processus de fuzzification il faut d'abord savoir combien des variables d'entrée seront définies dans le SIF. Nous rappelons qu'une variable d'entrée (Epaisseur Clump, L'uniformité de la taille de la cellule, Uniformité de Cell Forme, Adhérence marginale, Simple cellules épithéliales Taille, Bare Nuclei, etc.) est un paramètre entier qui prend ses valeurs dans un univers bien déterminé (de 1 à 10). [8]

**Exemple :** Prenons les neuf variables d'entrée : (**Epaisseur Clump, L'uniformité de la taille de la cellule, Uniformité de Cell Forme, Adhérence marginale, Simple cellules épithéliales Taille, Bare Nuclei, etc.**) qui décrivent les règles pour définir la classe du cancer de sein Malin ou bénin. La représentation (définition) de chaque variable suit le quadruple :

(Epaisseur Clump, [1,10], {Cellules Muti-couches, Normale, Cellules Mono-couches}, { $\mu$  Cellules Muti-couches,  $\mu$  Normale,  $\mu$  Cellules Mono-couches })

Les fonctions d'appartenances définies pour le terme linguistique Epaisseur Clump sont :

$$\mu_{\text{Mono}} = \text{trapézoïde}(x, a', 1, 2, 5)$$

$$\mu_{\text{Moyenne}} = \text{trapézoïde}(x, 1, 5, 10)$$

$$\mu_{\text{Multi}} = \text{trapézoïde}(x, 5, 8, 10, d')$$

**7. REPRESENTATION FLOUE DES VARIABLES DE SORTIE**

Toute variable de sortie doit être fuzzifiée car les sorties sont liées aux variables d'entrées. Pour cela il faut également savoir le nombre de variables de sortie et définir correctement l'univers du discours.

**8. DEFINITION DES REGLES FLOUES**

Le nombre de règles dans un SIF dépend du nombre de variables (d'entrée et de sortie) [10]. Les règles floues sont généralement du type "SI ... ALORS" et permettent de représenter

les relations entre les variables d'entrée et de sortie. Plus précisément une règle floue R est définie de la forme suivante [12] :

**Si x est A Alors y est B (3.7)**

où A et B sont des variables linguistiques définies dans un univers du discours X et Y.

La première partie de la règle "x est A" est l'antécédent et la deuxième partie de la règle "y est B" est le conséquent.

Les règles floues, peuvent être simples avec antécédent et conséquent simples ou bien composées, avec la combinaison de plusieurs prémisses de la forme conjonctive suivante :

**R : Si x1 est A1 et x2 est A2 et...et xn est An Alors y est B.**

**Ou bien de la forme :**

**R : Si x1 est A1 et x2 est A2 et...et xn n'est pas An Alors y est B.**

## **9. SYNTHESE DU CHAPITRE**

Nous avons présenté dans ce chapitre les systèmes d'inférences flous, car le moteur d'inférence est le cerveau d'un système expert.

Nous pensons cette méthode de traitement des données d'un résultat de prélèvement cytologique du cancer du sein à l'aide de Fuzzy Lattice Reasoning Classifier (FLR), qui est basée sur la logique floue, dans le chapitre suivant nous donnons une description de cette classification dans un cadre plus formel.

L'architecture générale de ces systèmes est basée sur les règles floues. Une règle floue est une combinaison de variables d'entrées, combinaison qui utilise les opérateurs « flous », tel que le « ET » et le « OU ».

Ainsi pour toutes les combinaisons possibles des entrées on va définir une règle. Cette règle nous indique à quel sous-ensemble de sortie, va être attribué les résultats.