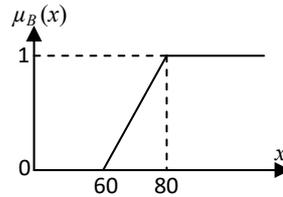
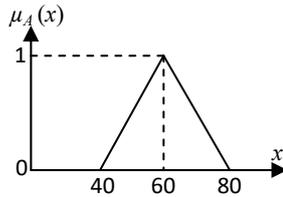
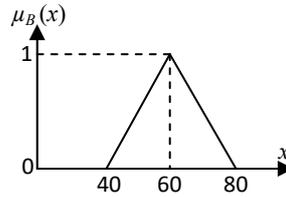
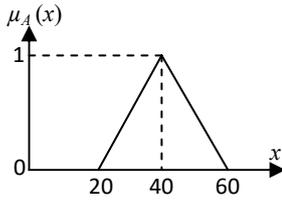


TD N°1 Commande par logique flou

Exercice 1 :

Soit A et B deux ensemble flous définis comme suit :



- Tracer les graphes \bar{A} , \bar{B} , $A \cup B$, $A \cap B$

Exercice 2:

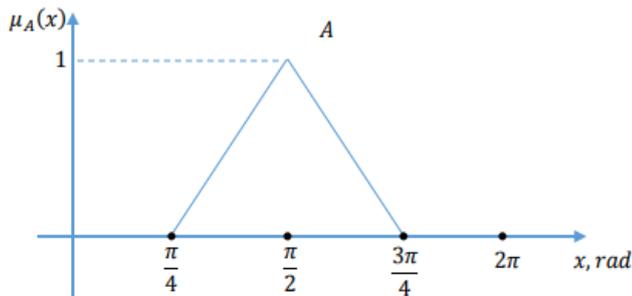
Supposons les fonctions d'appartenances suivantes: $A = \text{Trap} [4, 5, 8, 9]$ et $B = \text{Trian} [3, 4, 6]$

- Donner la formule mathématique de chaque fonction

- Tracer les graphes $A \cap B$, \bar{A} , $\bar{A} \cup B$

Exercice 3:

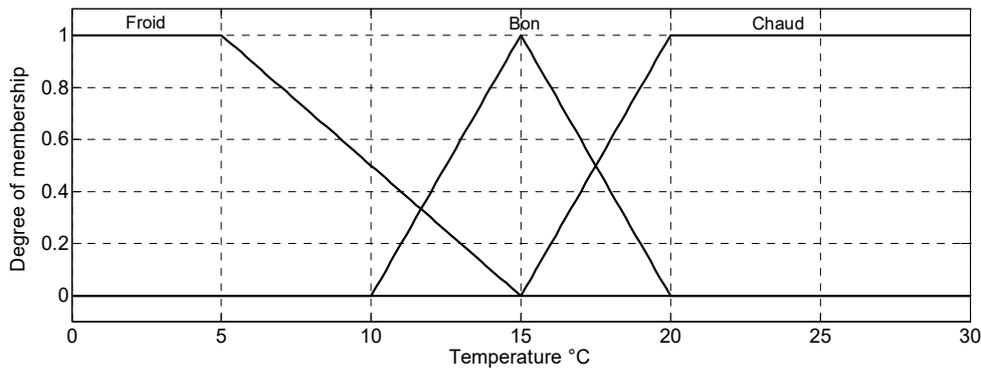
On définit sur le domaine $X = [0, 2\pi]$ un ensemble flou A représenté par une fonction d'appartenance $\mu_A(x)$ suivante:



- 1- Donner l'expression analytique de $\mu_A(x)$.
- 2- Déterminer l'intervalle des valeurs de x tel que $\text{Supp}(A) = \{x \in X, \text{tel que } \mu_A(x) \neq 0\}$.
- 3- Déterminer l'intervalle des valeurs de x tel que $A_{0.25} = \{x \in X, \text{tel que } \mu_A(x) \geq 0.25\}$.
- 4- Donner l'expression analytique de \bar{A} , dessiner \bar{A}

Exercice 4 :

Soit la fonction d'appartenance d'un système d'inférence flou donnée par la figure suivante :



- 1- Déterminer l'univers de discours, la variable linguistique et les valeurs linguistiques.
- 2- Donner la fuzzification 17°C, 11°C et 15°C.

Exercice 5 :

La figure 1 présente un système d'inférence flou pour la détection des extrasystoles ventriculaires avec trois ensemble flou rythme cardiaque (RR), rapport de rythme présente sur le rythme suivant (RRp/RRs) et la largeur du complexe QRS (LQRS).

- 1- Déterminer pour chaque ensemble flou l'univers de discours, variables linguistiques, valeur linguistiques
- 2- Donner les fonctions d'appartenances

1- moyen **et** grand pour l'ensemble RR

2 - petit **ou** grand pour l'ensemble RRp/RRs

3- **non** grand pour l'ensemble LQRS

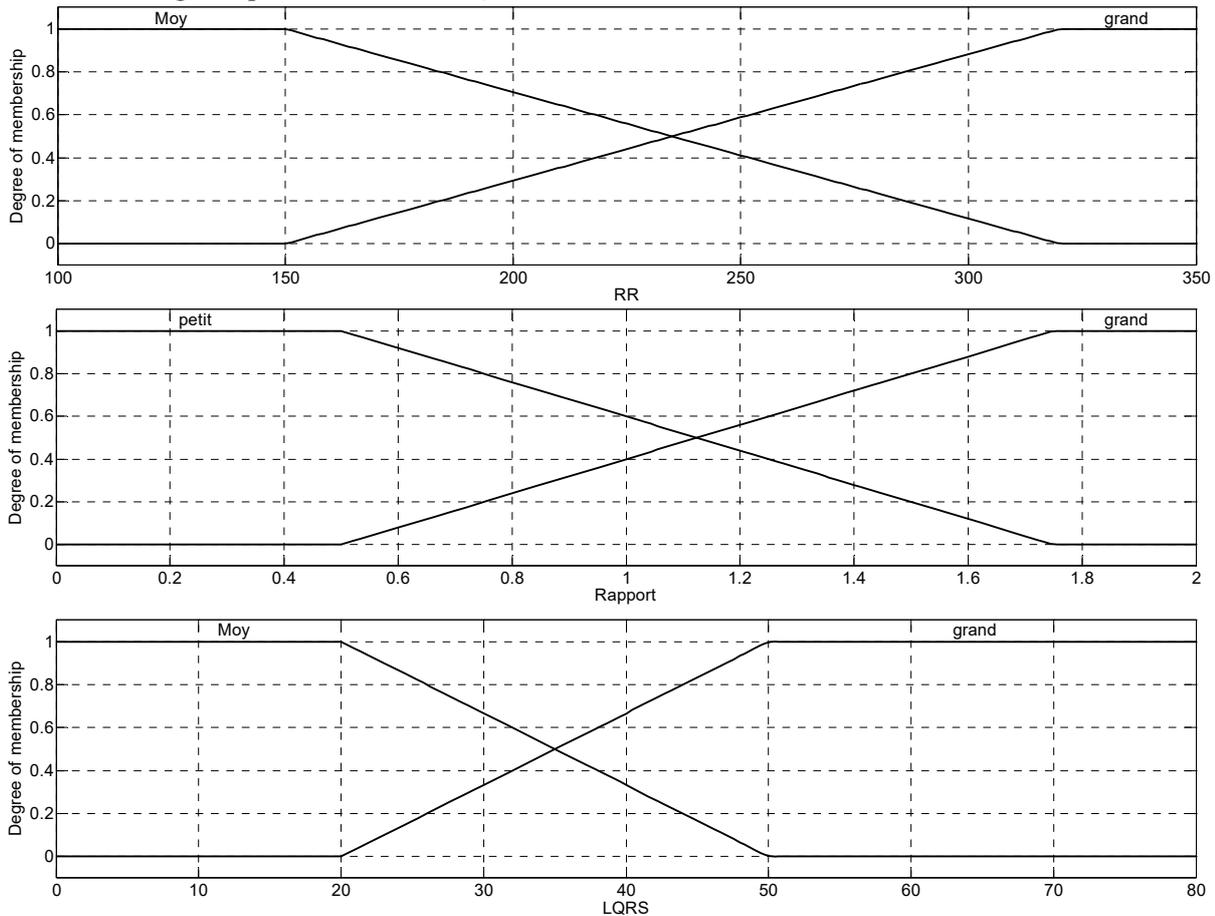


Figure 1. Système d'inférence flou pour la détection des extrasystoles ventriculaires.

Exercice 6 :

On souhaite commander l'installation de chauffage d'un immeuble à l'aide d'un contrôleur flou. On dispose de deux sondes de température : l'une à l'extérieur de l'immeuble l'autre à l'intérieur (grandeur interne).

Sur la base de ces deux mesures et en faisant appel aux règles d'inférence, le contrôleur flou doit régler la puissance de l'installation de chauffage.

On choisit deux intervalles flous et des fonctions d'appartenance de type trapézoïdales pour la température externe en définissant le « froid » comme correspondant à une température inférieure à 5°C et le « chaud » comme étant une température supérieure à 20°C.

On choisit trois intervalles flous et des fonctions d'appartenance de type trapézoïdales pour la température interne en définissant le « froid » comme correspondant à une température inférieure à 15°C, le « bon » comme étant une température comprise entre 19°C et 21°C et le « chaud » comme étant une température supérieure à 25°C.

On choisit quatre intervalles flous pour définir la puissance de l'installation avec des fonctions d'appartenance en forme de raie. On définit les valeurs suivantes :

Puissance	Valeur en %
Nulle	0
Faible	33
Moyenne	67
Maximale	100

- 1- Quel type du contrôleur flou s'agit-il ?
- 2- Tracer les fonctions d'appartenance de la température intérieure, température extérieure et la puissance du chauffage
- 3- Quel est le nombre de règles floues
- 4- Etablir le tableau d'inférence correspondant
- 5- Si l'opérateur « **et** » est réalisé par le calcul du **minimum** et l'opérateur « **ou** » est réalisé par le calcul du **maximum** et la défuzzification se fait par le calcul du **centre de gravité**, trouver la puissance de chauffage si la température extérieure est de 10°C et la température intérieure est de 22°C
- 6- Même question si on utilise la méthode d'inférence **som-prod**

Exercice 7 :

Soit un contrôleur flou, représenté dans la figure suivante :



Les univers de discours de l'erreur (e), changement d'erreur (de), et les commandes u1 et u2, sont partitionnés en sous-ensembles flous comme le montre la figure 1.

- 1- Quel type du contrôleur flou s'agit-il ?
- 2- Donner la valeur du degré d'appartenance aux sous-ensembles flous **NB, N, P et PB**, pour une erreur $e = -0.2$
- 3- Donner la valeur du degré d'appartenance aux sous-ensembles flous **NB, N, P et PB**, pour un changement d'erreur $de = 0.1$
- 4- En utilisant la base des règles donnée dans le tableau 1, et la méthode d'inférence **Max- min**
 - 4-1 Donner les règles actives pour **u1** et **u2**.
 - 4-2 tracer la fonction d'appartenance résultante. Pour **u1** et **u2**
 - 4-3 calculer la valeur de la commande u1 par la méthode du centre de gravité (prendre le **pas=0.1**), et u2 par la **méthode de la moyenne de maxima et la méthode du centre de gravité avec un pas=0.2**.

Tableau 1 : la base des règles

		<i>e</i>			
		NB	N	P	PB
<i>de</i>	NB	Z	Z	Z	P
	N	N	Z	P	P
	P	N	N	P	P
	PB	N	N	P	P

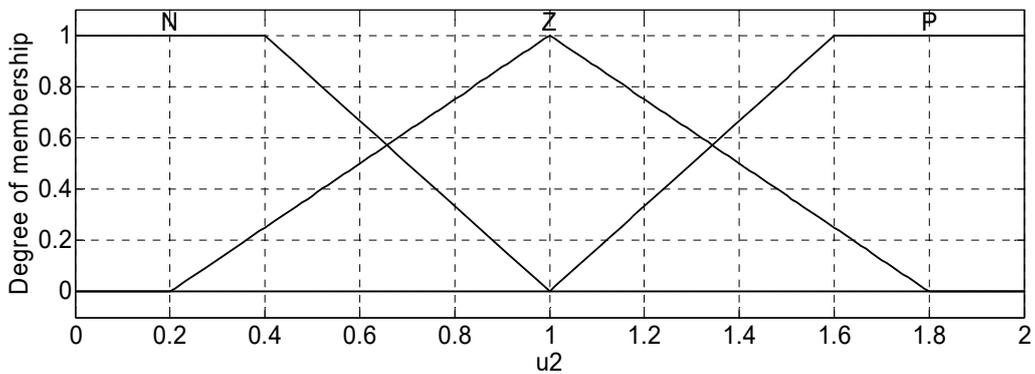
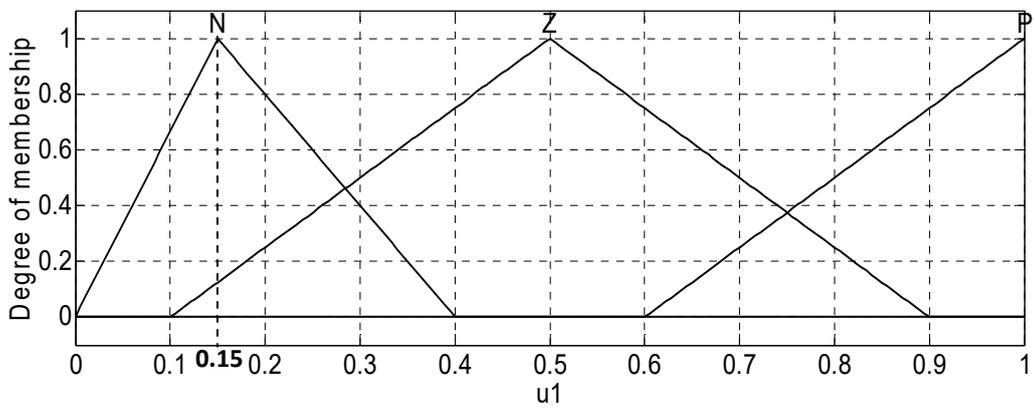
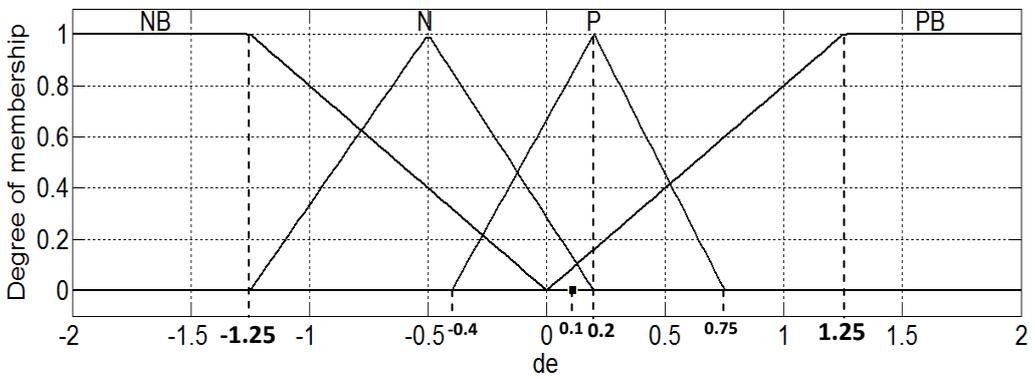
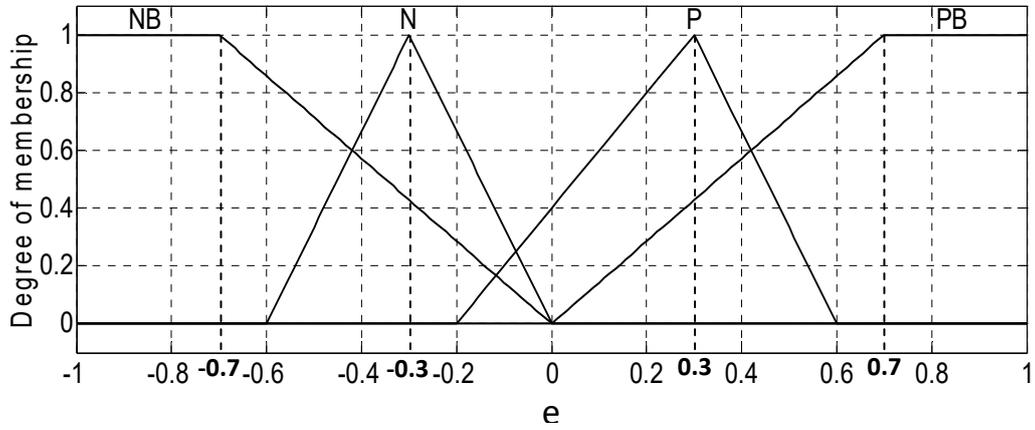


Figure 1 : Les sous-ensembles flous.

Exercice 8 :

Contrôleur flou : Ajustement d'une vanne dans une usine de fonderie. Il s'agit de régler un paramètre u servant au débit d'une vanne servant au débit d'une vanne entre un réceptacle contenant du métal en fusion. Et un deuxième bassin dont le niveau est mesuré par la hauteur h . Ce dernier se déversant dans un moule.

Le paramètre qualifiant h est défini dans l'intervalle de 75 cm à 85 cm.

Le paramètre qualifiant dh est défini dans l'intervalle de -0.9 cm/s à 1.2 cm/s.

La commande u prend les valeurs entre -1 et 1.

Les fonctions d'appartenance correspondantes aux différents paramètres sont définies par :

1- Paramètre d'entrée h :

Petit	Trapèze [75 77 78 79]
Moyen	Trapèze [78 79 81 83]
Haut	Trapèze [80 83 85 85]

2- Paramètre d'entrée dh :

Très négative	Triangle [-0.9 -0.7 -0.3]
Négative	Triangle [-0.4 0 0.2]
Positive	Triangle [0 0.4 0.6]
Très positive	Triangle [0.5 0.8 0.8]

3- Paramètre de sortie u :

Bas	Triangle [-1 -0.4 -0.2]
Moyen haut	Triangle [-0.4 0 0.8]
Haut	Triangle [0.2 0.8 1]

Les règles d'inférence sont comme suit :

$dh \backslash h$	Petit	Moyen	Haut
Très négative	Haut	Haut	Bas
Négative	Haut	Haut	Bas
Positive	Haut	Bas	Bas
Très positive	Moyen haut	Bas	Bas

a- Spécifier les différentes étapes de la conception d'un contrôleur

b- Appliquer chaque étape au problème donné en précisant les connaissances utilisées.

Quelle est la spécificité de la matrice d'inférence ?

c- Simuler le fonctionnement du contrôleur avec les paramètres d'entrée suivants : $h=81.5$ et $dh=0.1$.

- 1) Définition des E/S du contrôleur
- 2) Fuzzification
- 3) Définition de la base de règles (floues)
- 4) Inférence sur les règles activées (selon Mâmdâni)
- 5) Défuzzification (par Centre de gravité : CG avec un pas=0.1)



Exercice 9 :

On veut calculer la tension de commande (u) d'un moteur à CC à partir des mesures de la vitesse (V) et de l'écart de vitesse (EV). Pour cela on veut utiliser la logique floue.

Sachant que : $|V| \leq 1600 \text{ rd/s}$; $|EV| \leq 1600 \text{ rd/s}$; $|u| \leq 12 \text{ volt}$

On donne la base de connaissance suivante du système :

$EV \backslash V$	GN	PN	ZE	PP	GP
GN			GP		
PN			PP	ZE	
ZE	GP	PP	ZE	PN	GN
PP		ZE	PN		
GP			GN		

GN : Grand Négatif
 PN : Petit Négatif
 ZE : Zéros
 PP : Petit positif
 GP : Grand positif

Sachant que les fonctions d'appartenance sont triangulaires et identiques avec un taux de chevauchement de **50%**, donner les degrés de vérité de chaque règle en considérant l'opérateur **Et** pour les prémisses des règles. Calculer la valeur de la sortie pour un vecteur d'entrée appartenant à la zone grise. Nous devons prendre des valeurs d'entrée $V = -200 \text{ rd/s}$ et $EV = 600 \text{ rd/s}$. Toutes les phases nécessaires doivent figurer explicitement (Fuzzification, Agrégation des règles,...). On utilisera d'abord Mamdani (avec un **pas=3**) puis Sugueno. (L'opérateur **Et** est réalisé par le min, l'opérateur **Ou** est réalisé par le max, l'implication **Alors** est réalisé par le produit)

Exercice 10 : Calculer la tension en utilisant le centre de gravité de la fonction d'appartenance résultante suivante par la méthode des surfaces élémentaires.

