

## Exercice I

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 (grandeur externe TE) l'autre à l'intérieur (grandeur interne TI). 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 définit deux prédicats (Froid (F), Chaud (C)) sur l'univers de discours de la grandeur externe dont les sous ensembles flous sont représentés sur la figure 1, et trois prédicats ( Froid (F), Bon (B), Chaud (C)) sur l'univers de discours représentés par les sous ensembles flous montrés sur la figure 2.

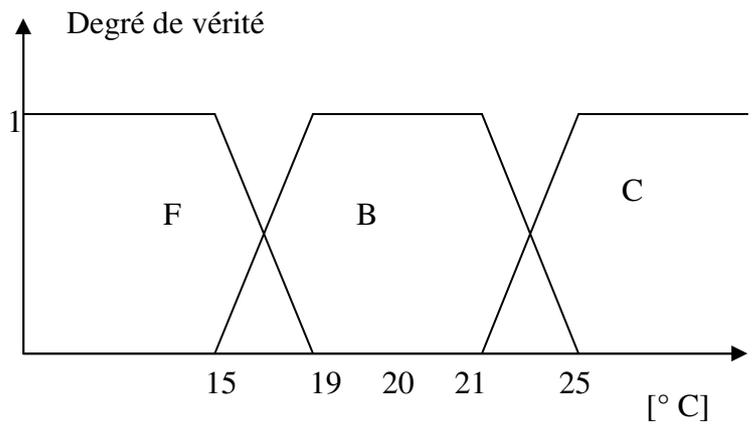
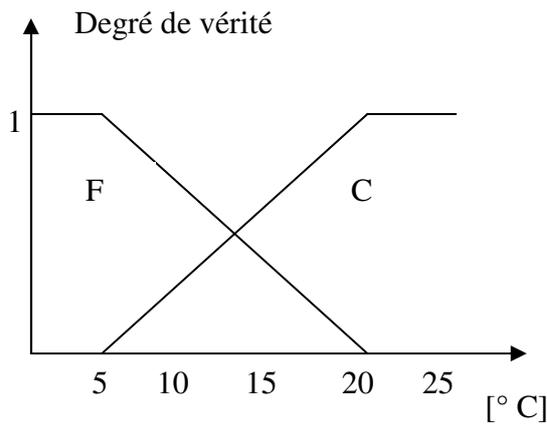


Figure 2 : Fuzzification de la température interne (TI)

Figure 1 : Fuzzification de la température externe (Te)

On choisit 4 intervalles flous pour définir la puissance de l'installation (P) avec des fonctions d'appartenance en forme de raies donnée par la figure 3 dont les prédicats sont ( Nulle (Nul), faible (Fai) Moyenne (Moy), Maximale (Max)).

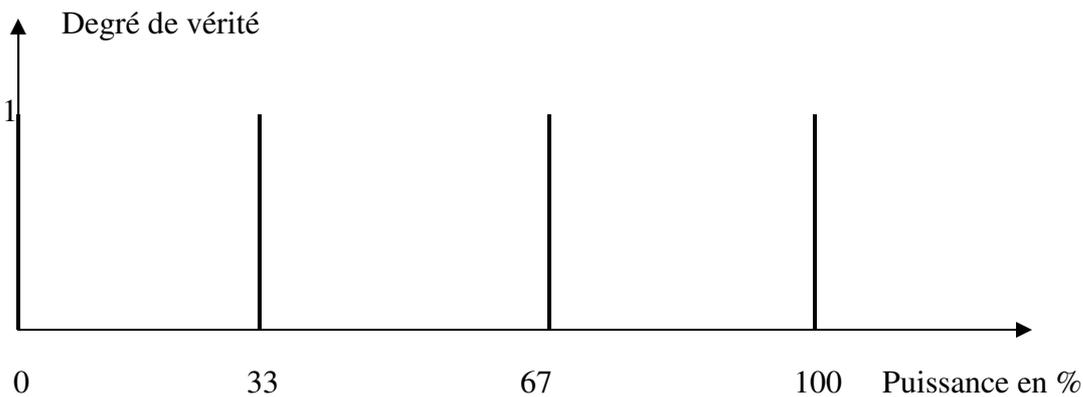


Figure 3 : Fuzzification de puissance de l'installation

L'expérience acquise sur l'installation du chauffage a permis de définir les six règles flous résumées dans le tableau suivant :

TE \ TI	F	C
F	Max	Moy
B	Moy	Fai
C	Fai	Nul

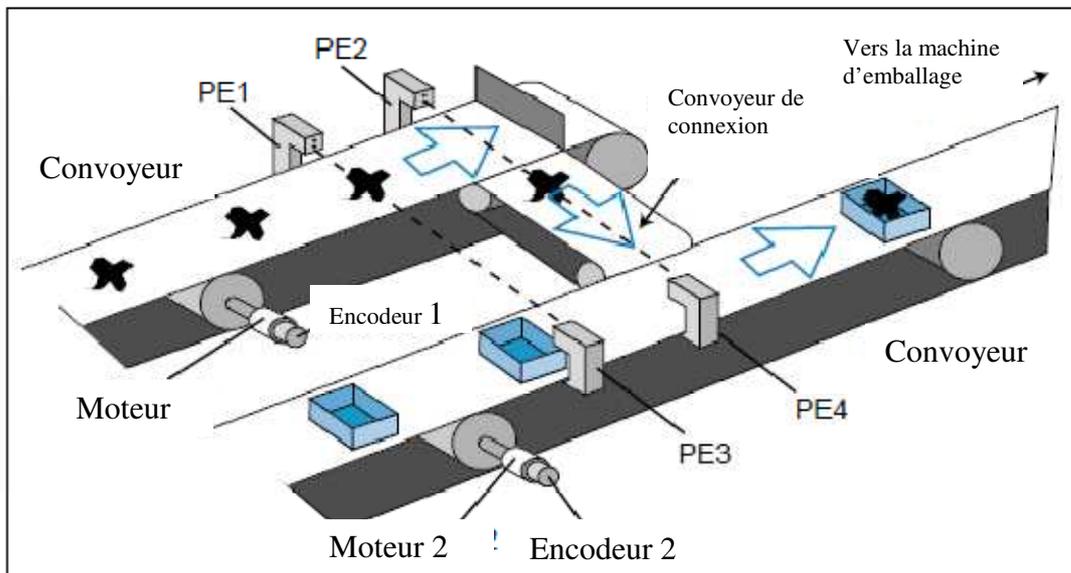
- 1) donner les expressions mathématiques des différentes fonctions d'appartenance appropriées aux températures externe et interne ainsi que la puissance d'installation.
- 2) Calculer les degrés d'appartenance  $\mu_F(TE)$ ,  $\mu_C(TE)$ ,  $\mu_F(TI)$ ,  $\mu_B(TI)$ ,  $\mu_C(TI)$  pour  $TE = 10\text{ }^\circ\text{C}$  et  $TI = 22\text{ }^\circ\text{C}$ .
- 3) Déduire les degrés d'appartenance de la puissance  $P$  d'installation à savoir  $\mu_{Nul}(P)$ ,  $\mu_{Fai}(P)$ ,  $\mu_{Moy}(P)$ ,  $\mu_{Max}(P)$
- 4) Calculer la puissance du chauffage en pourcentage appropriée à ces températures.

## Exercice 2

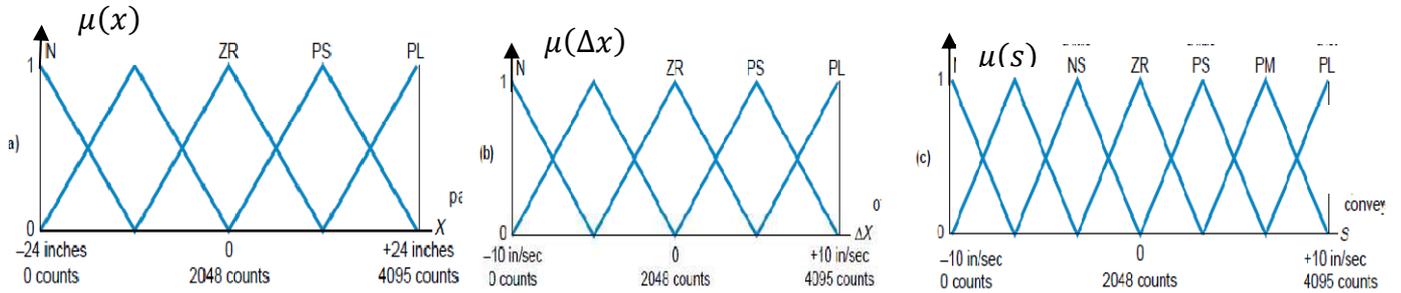
La figure ci-dessous montre le système de conditionnement de deux convoyeurs. Les pièces se déplacent sur un convoyeur A avec une vitesse constante, puis passent par le convoyeur de connexion pour aller au convoyeur B où ils sont encadrés avant d'aller à la machine d'emballage. Les capteurs photoélectriques PE1 et PE2 détectent la présence d'une pièce et démarrent le comptage afin de déterminer la position de la pièce par l'encodeur1. Quant aux capteurs PE3 et PE4 détectent la présence d'une boîte et déterminent sa position la base des entrées de comptage de l'encodeur2.

L'objectif de commande est d'ajuster la vitesse du convoyeur B de sorte que les boîtes d'emballage arrivent en même temps que les pièces, en tenant compte de la vitesse du convoyeur de connexion. Les informations nécessaires pour mettre en œuvre cette commande sont :

- Le décalage entre la pièce et la boîte d'emballage représenté par :  $X = \text{compte Encodeur1} - \text{compte Encodeur2}$ .
- La vitesse de variation du décalage des pièces donnée par :  $\Delta X = X_n - X_{n-1}$



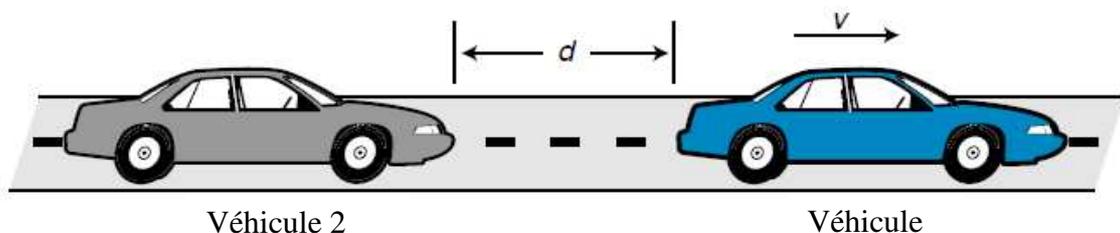
Les fonctions d'appartenance sont explicitées dans les figures qui suivent ( $\mu_x$  représente la variable qui suivent ( $\mu$  représente la floue associée à la variable  $x$ ).



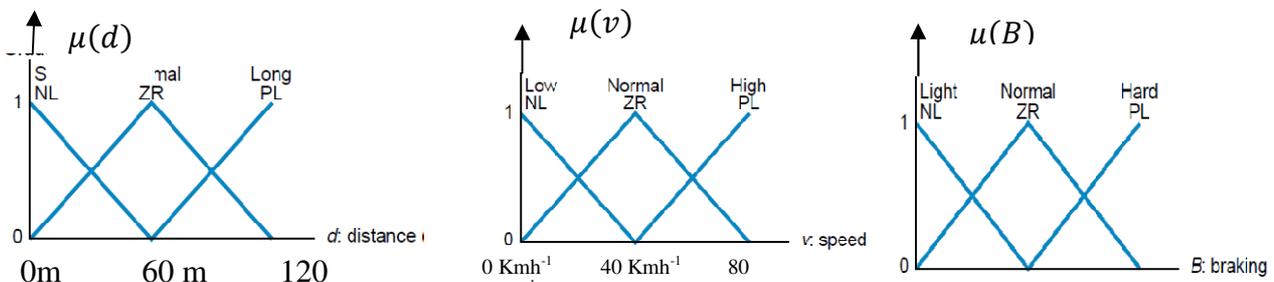
- 1) Déterminer le nombre de règles floues.
- 2) Donner les règles floues appropriées à la commande en vitesse du convoyeur B.
- 3) Synthétisez le schéma bloc de commande en vitesse du convoyeur B.
- 4) Déduire l'organigramme de commande floue.

### Exercice 3

La figure ci-dessous illustre deux véhicules séparés d'une distance  $d$  qui peut être entre 0 et 120 m. Le véhicule 1 roule avec une vitesse  $v$  limitée entre 0 et 80 Km/h. En fonction de cette vitesse  $v$  et la distance  $d$ , le véhicule 2 utilise le freinage  $B$  qui peut être faible ou fort, tout dépend si le véhicule 1 roulé lentement ou stoppé. Ainsi l'objectif est de déterminer à l'aide d'un régulateur flou de type Mamdani le taux de freinage  $B$  en tenant compte de la vitesse  $v$  du véhicule 1 et la distance  $d$  qui sépare les deux véhicules.



Les fonctions d'appartenance sont explicitées dans les figures qui suivent ( $\mu_x$  représente la variable qui suivent ( $\mu$  représente la floue associée à la variable  $x$ ).



- 1) Déterminer le nombre de règles floues.
- 2) Donner les règles floues appropriées au taux de freinage B.
- 3) Synthétisez l'ensemble fou résultant pour les entrées suivantes :  $d = 45 m$  et  $v = 65 Km/h$
- 4) Déduire la valeur du taux de freinage en utilisant la méthode de défuzzification par centre de gravité.

### Exercice N°4

On applique un régulateur flou de type Mamdani, pour commander en position un moteur à courant continu. Les entrées  $e$  et  $\Delta e$  de ce régulateur sont l'erreur et sa dérivée, et sa sortie  $y$  est la tension  $u$  à appliquer au moteur. Les ensembles flous des variables linguistiques sont décrites par ces fonctions d'appartenance, données sur la figure suivante :

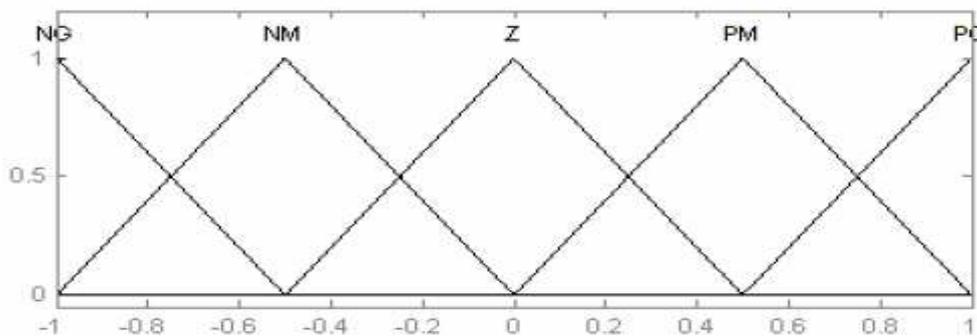


Figure 2 : Les fonctions d'appartenance des entrées et de la sortie

La table de décision qui contient l'ensemble des règles nécessaires à la commande du système est la suivante :

$\Delta e \backslash e$	NG	NM	Z	PM	PG
NG	NG	NG	NM	NM	Z
NM	NG	NM	NM	Z	PM
Z	NM	NM	Z	PM	PM
PM	NM	Z	PM	PM	PG
PG	Z	PM	PM	PG	PG

Table de décision standard de Mac Vicar-Whelan à 5 ensembles flous

- 1) Exprimer les fonctions d'appartenance décrivant les ensembles flous des trois variables linguistiques.
- 2) Calculer les degrés de vérité des ensembles flous de la variable linguistique commande  $c$  pour  $e = 0.5$  et  $\Delta e = -0.5$ , en utilisant la méthode min-max (Mamdani) comme mécanisme d'inférence.
- 3) Déterminer la fonction d'appartenance résultante
- 4) Déduire la valeur de la commande  $u$ , en utilisant la méthode de défuzzification par centre de gravité.

### Exercice N°5

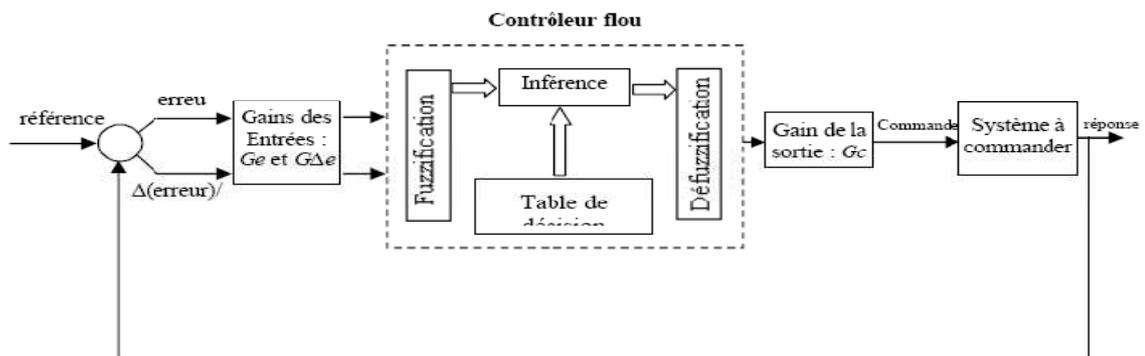
On applique un régulateur flou de type Sugeno, pour commander en position un moteur à courant continu. Les entrées  $x_1$  et  $x_2$  de ce régulateur sont l'erreur et sa dérivée, et sa sortie  $y$  est la tension  $u$  à appliquer au moteur. Les ensembles flous des variables linguistiques  $x_1$  et  $x_2$  sont décrites par ces fonctions d'appartenance  $\mu_N(x) = \exp(-(x+0.5)^2)$  et  $\mu_P(x) = \exp(-(x-0.5)^2)$ . La base des règles est donnée comme suit :

- Si  $x_1$  est négative et  $x_2$  est négative alors  $y=5x_1 + 2x_2 - 0.25$
- Si  $x_1$  est négative, et  $x_2$  est positive alors  $y=3x_1 + 3x_2 - 0.25$
- Si  $x_1$  est positive, et  $x_2$  est négative alors  $y=6x_1 + 4x_2 + 0.25$
- Si  $x_1$  est positive, et  $x_2$  est positive alors  $y=8x_1 + 5x_2 + 0.25$

- 1) Etablir la structure de ce régulateur
- 2) Déduire la commande à appliquer si  $x_1 = 0.5$  rad et  $x_2 = -0.5$  rad/s
- 3) Donner le schéma de commande

### Exercice N° 6

Soit l'architecture typique d'un contrôleur flou présentée sur la figure suivante :



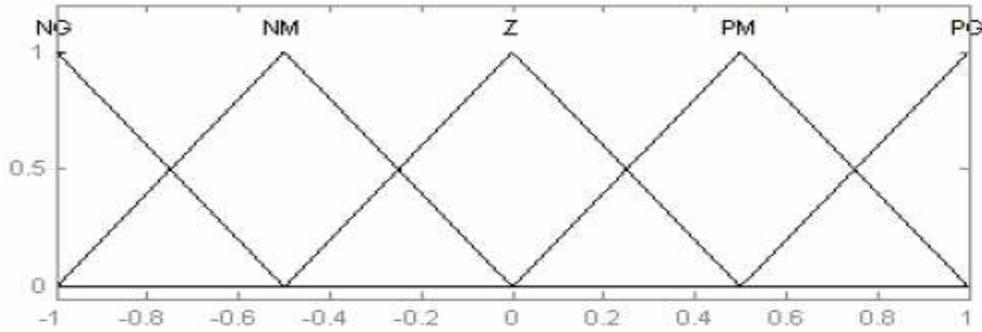
**Architecture typique d'un contrôleur par logique flou**

La variation de l'erreur est calculée par la formule suivante:

$$\Delta e = \frac{e(n) - e(n-1)}{T}$$

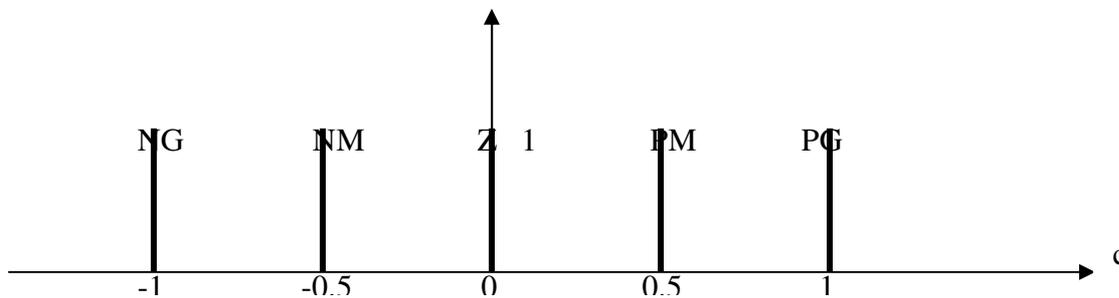
$e(n)$  étant la valeur de l'erreur au  $n^{\text{ième}}$  instant d'échantillonnage et  $e(n-1)$  la valeur de l'erreur au  $(n-1)^{\text{ième}}$  instant.  $T$  est la période d'échantillonnage.

Les variables linguistiques sont l'erreur  $e$  et la variation de l'erreur  $\Delta e$  et la commande  $c$ . Les fonctions d'appartenance de la figure suivante sont utilisées pour décrire les ensembles flous des trois variables linguistiques  $e$  et  $\Delta e$ .



**Fonction d'appartenance des deux variables linguistiques  $e$  et  $\Delta e$**

Les fonctions d'appartenance de la figure suivante sont utilisées pour décrire les ensembles flous de la variable linguistique commande  $c$



**Fonction d'appartenance de la variable linguistique  $c$**

La table de décision qui contient l'ensemble des règles nécessaires à la commande du système est la suivante :

$\Delta e \backslash e$	NG	NM	Z	PM	PG
NG	NG	NG	NM	NM	Z
NM	NG	NM	NM	Z	PM
Z	NM	NM	Z	PM	PM
PM	NM	Z	PM	PM	PG
PG	Z	PM	PM	PG	PG

**Table de décision standard de Mac Vicar-Whelan à 5 ensembles flous**

- 1) Exprimer les fonctions d'appartenance décrivant les ensembles flous des trois variables linguistiques.
- 2) Calculer les degrés de vérité des ensembles flous de la variable linguistique commande  $c$  pour  $e = 0.1$  et  $\Delta e = -0.4$ , en utilisant la méthode min-max (Mamdani) comme mécanisme d'inférence.
- 3) Dédire la valeur de la commande  $c$ , en utilisant la méthode de défuzzification par centre de gravité.