# EXAMEN PARTIEL DE LOGIQUE FLOUE - RESEAUX NEURONAUX <br> Durée : 01H30 - Documents permis, calculatrices permises 

## Exercice 1 : ( 4 points)

Déterminer la quantité floue $B=e^{A_{1}}$ (exponentielle de la valeur absolue de $A$ ), où $A$ est un nombre flou caractérisé par triangle( $-2,0,1$ ). ( 3 points)

En déduire la $\alpha$-coupe de $B$ de niveau 0.25 . (1 point)

## Exercice 2: (6 points)

Soit la règle floue «si l'âge est celui d'un vieux, alors la vue est médiocre», où les descriptions «vieux» et «médiocre» sont représentées par deux sous-ensembles flous définis respectivement par trapèze $(60,70,120,120)$ et trapèze $(0,0,15,25)$. En déduire les caractérisations de la conclusion de la règle par les implications de Reichenbach, Goguen, Rescher-Gaines, Brouwer-Gödel et Larsen, dans les trois cas suivants :

1 - L'observation est le noyau de la classe « vieux ». (1 point)
2 - L'observation est «plus ou moins vieux", représentée par le trapèze $(56,68,120,120)$. (2 points)
3 - L'âge est de 67 ans. (3 points)

## Exercice 3: (4 points)

On considère une relation floue $R: X \rightarrow X$ caractérisée par sa fonction d'appartenance $f_{R}\left(x_{i}, x_{j}\right), i, j=1, \ldots, 4$, donnée par :

| $f_{R}\left(x_{i}, x_{i}\right)$ | $x_{1}$ | $x_{2}$ | $x_{3}$ | $x_{4}$ |
| :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |
| $x_{1}$ | 1 | 0.6 | 0.4 | 0.4 |
| $x_{2}$ | 0 | 1 | 0 | 0 |
| $x_{3}$ | 0 | $0.3,7$ | 1 | 0 |
| $x_{4}$. | 0 | 0.7 | 0.8 | 1 |

Vérifier si la relation floue $R$ est réflexive, symétrique, antisymétrique et transitive.

## Exercice 4: (6 points)

Soient deux variables linguistiques (Température, X , \{froide, fraîche, tiède, chaude\}). (Chauffage, Y, \{arrêté, faible, moyen, important\}) et les significations floues qui leur sont associées (voir Figure 1).

On donne le jeu de règles suivant relatif à la commande d'un système de chauffage :

R1 : si Température est froide alors Chauffage est important
R2 : si Température est fraîche alors Chauffage est moyen
R3 : si Température est tiède alors Chauffage est faible
R4 : si Température est chaude alors Chauffage est arrêté
On demande de déterminer la valeur de la sortie de commande correspondant à une entrée $x=12^{\circ} \mathrm{C}$. A noter que le moteur d'inférence utilise la méthode de raisonnement de Mamdani, et la méthode de défuzzification est celle du centre de gravité.



Figure 1

## EXAMEN PARTIEL DE LOGIQUE FLOUE - RESEAUX NEURONAUX <br> Durée : 01H30 - Documents permis, calculatrices permises

## Exercice 1: (4 points)

On considère deux sous-ensembles flous finis $A_{1}$ et $A_{2}$ caractérisés respectivement par :

$$
A_{1}=\{(1,0.7),(5,0.2),(10,0.4)\} \quad \text { et } \quad A_{2}=\{(1,0.3),(2,0.6),(6,0.9)\}
$$

où chaque couple $\left(n, f_{A i}(n)\right) \in A_{i}$ est composé de la valeur de la variable $n$ définie sur l'ensemble des entiers naturels, et de la valeur correspondante de la fonction d'appartenance $f_{A i}(n)$ caractérisant le sous-ensemble flou $A_{i}$.

On demande de définir les sous-ensembles flous $A_{1} \oplus A_{2}$ et $A_{1} \otimes A_{2}$.

## Exercice 2: (4 points)

On considère la relation floue $R=$ «approximativement égal à », définie par sa fonction d'appartenance :

$$
\forall(x, y) \in \Re^{+{ }^{+}} \times \Re^{+}, \quad f_{R}(x, y)=\left\{\begin{array}{cl}
\frac{10 y-9 x}{x} & , \text { si } y<0.9 x \\
\frac{11 x-10 y}{x} & , \text { si } x \leq y<1.1 x \\
0 & \text {, si } y \geq 1.1 x
\end{array}\right.
$$

Caractériser la quantité floue $A$ qui est en relation avec le nombre flou $B$ à travers $R$ dans les deux cas suivants :
a) $B$ est le singleton $\left\{y_{0}\right\}$
b) $B$ est caractérisé par triangle $\left(y_{0}-1, y_{0}, y_{0}+2\right)$

## Exercice 3 : (4 points)

On dispose de deux sous-ensembles flous $A=$ triangle $(0,1,3)$ et $B=$ triangle( $5,7,8$ ), et d'une règle floue : «si $V$ est $A$ alors $W$ est $B$ » où $V$ est la variable observée et $W$ est la variable de sortie.
Déterminer la conclusion $B^{\prime}$ de la règle pour une observation $A^{\prime}=$ triangle $(0,2,3)$ en utilisant l'implication de Lukasiewicz.

## Exercice 4: (8 points)

Un contrôleur flou de turbine à vapeur utilise les règles de décision regroupées dans le tableau suivant :

| P | Weak | Low | OK | Strong | High |
| :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |
| Cold | PL | PM | PS | NS | NM |
| Cool | PL | PM | ZR | NM | NM |
| Normal | PM | PS | ZR | NS | NM |
| Warm | PM | PS | NS | NM | NL |
| Hot | PS | PS | NM | NL | NL |

Les variables d'entrées $T$ et $P$ désignent respectivement la température et la pression du gaz. A partir de ces variables, le régulateur fournit une action de ralentissement (throttle action) qui constitue la variable de commande du processus.
Les sous-ensembles flous caractérisant les variables d'entrée et de sortie sont représentés à la figure 1.
Pour une température $T=200$ et une pression $P=140$, calculer la valeur non-floue de la variable de commande par la méthode de raisonnement flou de Mamdani. La méthode de défuzzification est celle du centre de gravité.


Figure 1: Sous-ensembles flous des variables d'entrée et de sortie du contrôleur.
E.S.I.B.

Cursus Génie Electrique et Mécanique
Semestre 6

## EXAMEN PARTIEL DE LOGIQUE FLOUE - RESEAUX NEURONAUX <br> Durée : 01H30 - Documents permis, calculatrices permises

## Exercice 1 : (5 points)

Déterminer le nombre flou $D=(A \oplus 2 B) \varnothing C$, où $A, B$ et $C$ sont des nombres flous caractérisés respectivement par triangle( $-8,-6,-1$ ), triangle $(2,3,5)$ et triangle( $1,2,4$ ). ( 3 points)

En déduire ses $\alpha$-coupes pour $\alpha=0.3$ puis 0.7. (2 points)

## Exercice 2: (5 points)

Soit la règle floue «si l'âge est celui d'un vieux, alors la vue est médiocre», où les descriptions «vieux» et «médiocre» sont représentées par deux sous-ensembles flous définis respectivement par trapèze $(56,60,66,76)$ et trapèze $(2,4,6,8)$. En déduire les caractérisations de la conclusion de la règle par les implications de Willmott, Kleene-Dienes, Lukasiewicz et Mamdani, dans les trois cas suivants :

1 - L'observation est le noyau de la classe " vieux ». ( 0.5 point)
2 - L'observation est «plus ou moins vieux», représentée par le trapèze( $54,58,71,81$ ). (2 points)
3 - L'âge est de 68 ans. ( 2.5 points)

## Exercice 3: (3 points)

Soit la relation floue $R$ définie par sa fonction d'appartenance :

$$
f_{R}(x, y)=e^{-(x-y)^{2}}
$$

$x$ et $y$ étant deux variables réelles. $R$ est-elle une relation de similarité ? Montrer pourquoi.

## Exercice 4: (7 points)

On considère un système asservi à base d'un régulateur flou. La variable d'entrée du contrôleur flou est l'erreur, notée $e$, entre la consigne de référence et le signal de sortie du système. La variable de sortie du contrôleur n'est autre que le signal de commande noté $u$.

On définit les classes NULLE ( $N$ ) et FAIBLEMENT POSITIVE (FP) de la variable e par les fonctions d'appartenance $\mu_{N}(e)$ et $\mu_{F P}(e)$ données à la Figure 1 . De même, on définit les classes FAIBLE ( $F$ ) et MOYENNE $(M)$ de la variable de commande $u$ par les fonctions d'appartenance $\mu_{F}(u)$ et $\mu_{M}(u)$ données également à la Figure 1.

De plus, on considère les deux règles floues suivantes :

## RI : Si e est NULLE alors u est MOYENNE <br> R2 : Si e est FAIBLEMENT POSITIVE alors u est FAIBLE

On utilise la méthode de Mamdani dans le raisonnement flou et la méthode du centre gravité pour la défuzzification.


Figure 1

1 - Déterminer la valeur de la sortie de commande correspondant à une erreur $e=6 \%$. (3 points)

2 - On suppose que l'erreur est imprécise et caractérisée par le nombre flou triangle $(4,6,8)$. Donnér, dans ces conditions, le résultat flou de l'ensemble des deux règles. En déduire l'effet de l'imprécision sur la réponse du régulateur. (4 points)

