

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Sadik Benyahia de Jijel
Faculté des Sciences Exactes et informatique
Département d'Informatique



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master sous l'option informatique légal et multimédia

Thème

Étude comparative des deux méthodes
d'évaluation objective de la qualité d'expérience
audiovisuelle par Logique Floue de type 1 et
type 2

Présenté par :

Melle. MECHAAR Khadidja
Melle. KHEN Khalida

Encadré par :

BOUDJERIDA
fatima

Promotion : 2021.

※ *Remerciement* ※

*Je tiens remercier en premier lieu le **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*Je tiens avant tout à exprimer ma reconnaissance à **Mme F.BOUDJRIDA** enseignante au département de l'informatique à l'Université de Jijel pour avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je la remercie pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail.*

Un sincère et honnête merci à nos parents et nos frères et soeurs pour leur soutien indéfectible qu'ils savent nous l'apporter tout au long de nos études et en particulier pendant cette mémoire.

Ce travail est réalisé pour obtenir le diplôme de Master , spécialité Informatique légale multimédia au département de l'informatique , université de Jijel.

Nous tenons à remercier vivement les jurys de leur extrême empressement d'évaluer notre travail. Qu'ils ont accepté de venir à évaluer notre travail. Nous voudrions remercier également tous nos amis de master 2. Nos profonds remerciements vont à nos camarades.

Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif De l'Université Mohamed Saddik Benyahia de jijel.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements tous mes amies, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

※ *Dédécas* ※

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde , à toi **mon père**. A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur, **maman** . Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, A mes soeurs : **Wahiba, Nadia, Nadjat , Saida et meriem** A mes frère : **Youcef , Mohammed , Ammmar** et les petits **Sirin et Mehdi**. Je dédie également ce travail à ma grande famille **Mechaar**.A mes tentes, mes oncles, mes cousins et mes cousines et à toute ma famille ,à tous mes amis, à tous ceux qui sont proches de mon coeur et qui m'encouragent à donner le meilleur en moi surtout **SAHAR , IKRAM,KHALIDA et HANIA**.

Et en fin Je le dédie à tous ce qui m'a donné leur moindre coup de pouce pour réussir ce travail.

khadidja

※ *Dédécas* ※

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi cher **Mon père** . A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur, **Manman** . Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, A mes soeurs : **Wissem, Naima et Nadjat** , A mes chères frères : **Idhir, Boumedien, Saleh et Mohammed** . Je dédie également ce travail a ma grande famille **KHEN** et la famille **CHIN** . A tous mes amis et tous ceux qui sont proches de mon coeur et qui m'encouragent à donner le meilleur en moi surtout **SAHAR ,IKRAM,HANIA** et **KHADIDJA**. Et à toute ma famille Et en fin Je le dédie à tous ce qui m'a donné leur moindre coup de pouce pour réussir ce travail.

khalida

※ *Resume* ※

Un système basé sur l'inférence floue (FIS) pour l'évaluation de la qualité de l'expérience(QoE) audiovisuelle est présenté. En particulier deux modèles ont été proposés pour évaluer la qualité d'expérience audiovisuelle. Le premier est un modèle global qui estime la qualité audiovisuelle globale sans passer par l'évaluation des modalités visuelles(Qualité Visuelle QV) et auditives(Qualité Auditive QA) individuellement tandis que l'autre modèle a été créé en fusionnant des systèmes d'inférence floue basés sur les deux modalités auditive et visuelle. Deux différents ensembles des paramètres ont été testés pour le deuxième modèle. L'idée de cette étude réside dans l'application de la logique d'inférence floue type 1 et type 2 pour estimer la qualité audiovisuelle des données multimédias. les résultats expérimentaux sur un ensemble de données de qualité accessible au public montrent les performances prédictives concurrentielles des mesures proposées.

Mots clés : Audiovisuel, Qualité, QV, QA, QoE, FIS.

* *Abstract* *

A fuzzy inference(FIS) based system for the quality of experience assessment(QoE) is presented. In particular, two models have been proposed to assess the perceived quality of experience. The first one is a global model which estimates the overall audiovisual quality without going through the individual evaluations of visual(QV) and auditory (QA) modalities while the other model has been created by merging fuzzy inference systems type 1 and type 2 based on separate auditory and visual objective quality scores. Two different sets of parameters have been tested for the second model leading to two different measures. The contribution of this research lies in the application of the fuzzy inference logic to estimate the audiovisual quality of multimedia data. The experimental results on a publicly available quality dataset show competitive predictive performances of the proposed measures .

Keywords : Audiovisual, Quality, fuzzy logic, QAV, QV, QA, QoE, FL type1, FL type2, FIS.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	i
Table des figures	iv
Liste des tableaux	v
Liste des abréviations	1
Introduction	3
1 La qualité audiovisuelle	6
1.1 Introduction	6
1.2 Définition Audiovisuelle	6
1.3 Domaines d'utilisation de l'audiovisuelle	7
1.3.1 L'apprentissage/ L'enseignement	7
1.3.2 La réalité virtuel	7
1.3.3 Jeux vidéo (gaming)	7
1.3.4 Vidéo conférence	7
1.4 Qualité	8
1.4.1 La qualité de service (QoS)	8
1.4.2 La qualité de l'expérience (QoE)	9
1.4.3 La qualité perçue (QoP)	9
1.5 Les facteurs de dégradation de la qualité audiovisuelle :	10
1.5.1 Les facteurs d'influences	10
1.5.2 Dégradations des signaux audiovisuels	12
1.5.3 Facteur de temps	13
1.6 Evaluation de la qualité audiovisuelle (QAV)	14
1.6.1 Evaluation de la qualité subjective	14
1.6.2 Protocoles d'évaluation subjective de la qualité audiovisuelle :	15
1.6.3 Analyse des résultats d'évaluation subjective de la qualité audiovisuelle (QAV) :	18
1.6.4 Évaluation objective de la qualité audiovisuelle	18
1.7 Conclusion	22

2	La logique floue	24
2.1	Introduction	24
2.2	Historique de la logique floue	24
2.3	Définition de la logique floue	25
2.4	Types de la logique floue	27
2.4.1	Système logique floue type 1	27
2.4.2	Systèmes logique floue type 2	31
2.5	Logique floue vs deep learning	35
2.6	Conclusion	35
3	Évaluation de la qualité d'expérience basé sur la logique floue	37
3.1	Introduction	37
3.2	Méthode Fuzzy C means (FCM)	37
3.2.1	Les avantages de l'algorithme FCM sont :	39
3.3	Travaux qui utilisent la logique floue pour l'évaluation de la qualité :	39
3.3.1	Un système de logique floue pour évaluer la qualité de Expérience des applications haptiques	39
3.4	Conclusion	46
4	Évaluation de la qualité d'expérience audiovisuelle par la logique floue type 1 et type 2	48
4.1	Introduction	48
4.2	Conception du modèle d'évaluation proposé	48
4.2.1	Processus d'évaluation	49
4.3	Résultats expérimental et discussions	52
4.3.1	Représentation de outils	52
4.3.2	Base de données utilisée	53
4.3.3	Implémentation du système d'inférence flou (FIS) sous Matlab	53
4.4	Conclusion	60
	Conclusion	61
	Bibliographie	63

TABLE DES FIGURES

1.1	La relation entre QoS et QoE	9
1.2	Le protocole DSCQS pour évaluation subjective de la qualité perçue.	15
1.3	Le protocole DSIS pour évaluation subjective de la qualité perçue.	16
1.4	Le protocole SSCQE pour évaluation subjective de la qualité perçue.	17
1.5	Chronogramme de la méthode PC.	18
1.6	Les modèles hybride d'évaluation objective de la qualité audiovisuelle (a) La méthode de référence complète,(b) La méthode de référence réduite, (c) La méthode de non-référence. . .	22
2.1	Architecture d'un système d'inférence floue (SIF).	26
2.2	Exemple d'une fonctions d'appartenance.	28
2.3	Représentation de la fonction triangulaire.	28
2.4	Représentation de la fonction gaussienne.	29
2.5	Représentation de la fonction trapézoïdale.	29
2.6	Méthode d'inférence max-min pour deux variables d'entrée et deux règles.	30
2.7	méthode du centre de gravité.	32
2.8	Structure générale d'un système flou type 2.	32
2.9	forme gaussienne type 2.	33
2.10	Empreinte d'incertitude et fonctions d'appartenance supérieures et inférieures.	34
2.11	fonctions d'appartenance supérieures et inférieures pour opérateur « ET »	34
3.1	Organisation de niveau supérieur du modèle QoE	40
3.2	Paramètres de qualité de service	41
3.3	Paramètres des mesures de perception	42
3.4	Paramètres de qualité de rendu	42
3.5	Paramètres des mesures physiologiques	43
3.6	Paramètres des mesures psychologiques	43
3.7	Les cinq fonctions d'appartenance d'entrée	44
3.8	Système d'inférence floue Mamdani	45
3.9	Système d'inférence floue Mamdani	45
3.10	Sélection des règles	46
3.11	a) visionneuse de règles de la boîte à outils de logique floue de matlab b) un extrait du script matlab	46
4.1	Architecture d'un système d'inférence floue (SIF).	50
4.2	Structure générale d'un système flou type 2.	50

4.3	Premier modèle FIS pour évaluer la QAV	51
4.4	Le deuxième modèle pour l'évaluation de la QAV	51
4.5	Le troisième modèle pour l'évaluation de la QAV	51
4.6	Modèle globale FL pour évaluer la QAV	54
4.7	Fuzzification de la variable d'entrée QP	54
4.8	Fuzzification de la variable d'entrée FPS	55
4.9	Fuzzification de la variable d'entrée NR	55
4.10	Fuzzification de la variable d'entrée PLRA	56
4.11	Fuzzification de la variable d'entrée PLRV	56
4.12	Fuzzification de la variable d'entrée MoSPAV	57
4.13	Les règles d'inférence obtenues	58
4.14	les règles d'inférence sous Matlab	58
4.15	fonction d'appartenance type 2	59

LISTE DES TABLEAUX

4.1	Les résultats obtenus par les trois modèles	59
4.2	Comparaison des résultats obtenus par le modèle global et le modèle global qui utilise FCM .	60

Liste des abréviations

QoE Quality of Experience
UIT Union International des Télécommunication
AT&T American Telephone & Telegraph
QoP Quality of Perception
QoS Quality of Service
QoPIA Quality of Experience Informational Analysis
QA Quality Audio
QV Quality Video
PLR Packet Loss Rate
TCP Transfer Control Protocol
INRS Institut National de la Recherche Scientifique
bps bits par seconde
AV Audio Visuel
VQEG Video Quality Expert Groupe
AAC Advanced Audio Coding
JPEG Joint Photographic Expert Groupe
DSCQS Double Stimulus Continuous Quality Scale
DSIS Double stimulus Impairment Scale
SSCQE Single Stimulus Continuous Quality Scale
DCR Degradation category Rating
ACR Absolut Category Rating
PC Pair Comparaison
MoS Mean Opinion Score
DMoS Difference Mean Opinion Score
RMSE Root Mean Square Error

IC Interval de confiance
OR Outlier Ratio
FR Full Reference
RR Reduced Reference
NR No Reference
IPTV Internet Protocol Television
SIF Système d'Inférence Floue
FLS Fuzzy Logic System
STCS Smart Traffic Control Systems
WSN Wireless Sensor Network
ANN Artificial neural networks
TQ Traffic Quantity
WT Waiting Time
RFID Radio Frequency Identification

Introduction

les services multimédia par exemple (réseaux sociaux, internet protocole télévision ,jeux de réalité virtuelle et immersive, conférence multimédia , etc) ont non seulement gagné en importance à l'ère du sans fil, mais devraient également croître de façon exponentielle. Nous assistons aujourd'hui à un déploiement formidable des technologies liées aux contenus audiovisuelle.

Les approches traditionnelles d'évaluation de la qualité Audiovisuelle QAV peuvent être divisées en deux types : méthodes d'évaluation objective et les méthodes d'évaluation subjective. Bien qu'une évaluation subjective de la qualité indices de qualité de la perception humaine, il ne peut pas être appliqué dans l'évaluation en temps réel de la qualité en service. Ainsi, des méthodes objectives d'évaluation de la qualité ont été développées pour remplacer le panneau humain par un modèle informatique pour prédire les résultats d'un test subjectif. À savoir, le but de l'évaluation objective de la qualité est d'estimer automatiquement les valeurs MoS (mean opinion score), qui sont aussi proches que possible des scores de qualité obtenus à partir de l'évaluation subjective de la qualité. Les mesures numériques de la qualité obtenues à partir de la méthode objective (également appelées MoS objectives ou prédites) devraient mieux correspondre à la subjectivité humaine.

On utilise dans notre travail la logique floue pour évaluer la qualité audiovisuelle (QAV) car La logique floue permet de raisonner non pas sur des variables numériques, mais sur des variables linguistiques, c'est-à-dire, sur des variables qualitatives (par exemple 'faible', 'moyen', 'élevée', 'fort'..etc). Le fait de raisonner sur ces variables linguistiques va permettre de pouvoir manipuler des connaissances en langage naturel. Tout ce que l'on a à rentrer au système, ce sont des règles d'inférences exprimées en langage naturel.

Bien que l'évaluation subjective de la qualité fournisse des indices fiables de la qualité de la perception humaine, elle ne peut pas être appliquée à l'évaluation en temps réel de la qualité en service, par contre les méthodes d'évaluation objective de la qualité ont été développées pour remplacer le panel humain par un modèle informatique permettant de prédire les résultats d'un test subjectif. À savoir, le but de l'évaluation objective de la qualité est d'estimer automatiquement les valeurs de MoS (Mean opinion Score), c'est pour cela nous avons créer un modèle d'évaluation de la qualité audiovisuelle objective basé sur la logique floue type 1 et type 2.

La logique floue est une extension de la logique booléenne formalisée par Lofti Zadeh en 1965, c'est une généralisation de la théorie des ensembles classiques, qui par son aspect numérique s'oppose aux principes de la logique modale. Elle a l'avantage d'introduire la notion de degré de confiance dans la vérification d'une condition, permettant ainsi à une condition d'être dans un état autre que vrai ou faux, la logique floue confère une flexibilité appréciable, rendant mieux compte de la réalité. Elle permet en outre d'exprimer les règles en langage naturel.

Un système basé sur l'inférence floue pour l'évaluation de la qualité de l'expérience est présentée. En particulier deux modèles ont été proposés pour évaluer la qualité perçue de l'expérience. Le premier est un modèle global qui estime la qualité audiovisuelle globale sans passer par l'individu évaluations des modalités visuelles et auditives tandis que l'autre le modèle a été créé en fusionnant des systèmes d'inférence floue basés sur des scores de qualité auditifs et visuels distincts. Deux différents ensembles des paramètres ont été testés pour le deuxième modèle à deux mesures différentes. La contribution de cette étude réside dans l'application de la logique d'inférence floue type 1 et type 2 pour estimer la qualité audiovisuelle des données multimédias. les résultats expérimentaux sur un ensemble de données de qualité accessible au public montrent les performances prédictives concurrentielles des mesures proposées.

Dans ce contexte, nous avons organisé notre mémoire en quatre parties principales, la première partie présente une vue panoramique au l'audiovisuel et sa qualité, ensuite nous avons abordé l'évaluation de la qualité multimédia (audiovisuel),en-suit nous avons détaillé la logique floue et leur types.

Plus précisément,ce mémoire est composé des chapitres suivants :

Le premier chapitre :

est consacré à une introduction sur l'audiovisuel tout en passant par ces composants qui sont la vidéo et l'audio, et pour mieux assimiler ce thème nous allons parler de l'évaluation subjective et l'évaluation objective.aussi nous avons abordé l'évaluation de la qualité audiovisuelle, où on s'est penché sur les différentes méthodes de l'évaluation subjective et les différentes méthodes de l'évaluation objectives, ainsi que les Performance des modèles d'évaluation objective de la qualité audiovisuelle

Le deuxième chapitre :

explique la logique floue théoriquement pour se familiariser avec ces astuces et principes de raisonnement. aussi parle un peu de l'histoire de cette technique, et une comparaison avec la logique classique, et ces étapes.

Le troisième chapitre :

est dédié à l'évaluation de la qualité basé sur la logique floue toute on passons par les application de cette dernière, ensuite nous avons abordé les différents domaines d'utilisation de la logique floue pour l'évaluation de la qualité.

Le quatrième chapitre :

Le quatrième chapitre est consacré a l'implémentation des système d'inférence type 1 et type 2 , en faisant des tests sur des caractéristiques extrait de base de données. Des comparaisons ont été effectuées entre les

résultats obtenue par le système d'inférence type 1 et type 2.

La qualité audiovisuelle

1.1 Introduction

Dans un contexte extrêmement concurrentiel, la qualité d'expérience (Quality of Experience (QoE)) est une des préoccupations principales des acteurs du domaine de l'offre de services audiovisuels (télévisuels, visioconférences, etc.). Actuellement, l'évaluation de la QoE se réalise généralement à travers l'évaluation de la qualité, telle que perçue par les utilisateurs, des signaux audio et/ou vidéo restitués. Les méthodes d'évaluation utilisées sont recommandées par l'Union Internationale des Télécommunications(UIT). Ces approches reposent sur des mesures subjectives dont l'interprétation et la validité sont limitées par un certain nombre de biais. Elles ne permettent pas non plus de rendre compte fidèlement de l'influence de la qualité audiovisuelle sur la qualité d'expérience de l'utilisateur. Par exemple, ces méthodes n'apportent pas d'informations sur le coût pour l'utilisateur, du point de vue de la fatigue ou de l'effort mental, induit par des dégradations du signal et pouvant à terme conduire à un rejet du système ou de la technologie de restitution. Le coût utilisateur peut être mesuré à partir d'indices de l'activité physiologique et oculaire de l'individu. Ce type de mesures présente l'avantage de ne pas être soumis aux biais des mesures subjectives, capables de diminuer la fiabilité des réponses recueillies . Wilson G. M. et Sasse [1] ont montré que des fluctuations importantes de qualité audio ou vidéo peuvent ne pas être consciemment perçues par les participants et pour autant être reflétées par l'activité physiologique. Dans ce chapitre nous avons abordé la définition de l'audiovisuelle et quelques domaines d'application ensuite on passe à la qualité et ces facteurs d'influence et ces dégradation enfin, nous avons parlé de l'évaluation.

1.2 Définition Audiovisuelle

Le terme audiovisuel peut se référer à tout travail qui utilise, à la fois, du son et de vidéo. donc l'audiovisuel sert à désigner tout ce qui est relatif à la vidéo et au son. les fichiers audiovisuels s'agit de toutes les formes d'enregistrement du son et des vidéo.[2]

1.3 Domaines d'utilisation de l'audiovisuelle

Parmi les différents domaines d'utilisation de l'audiovisuelle, Nous mentionnons ce qui suit :

1.3.1 L'apprentissage/ L'enseignement

L'emploi des supports audiovisuels à plusieurs avantages pour l'apprentissage/ l'enseignement. nous pouvons en citer les suivants :[2]

- Le professeur possède la liberté et la responsabilité pour organiser le contenu audiovisuel.
- L'enseignant à la possibilité de présenter ce contenu avec des moyens didactiques et pédagogique appropriés.
- L'audiovisuel facilite la mémorisation.
- Permettre l'apprentissage à distance et cela a été très essentiel dans la période du Covid-19.

1.3.2 La réalité virtuel

C'est une interface homme-machine avancée qui simule un environnement réaliste. Les participants peuvent se déplacer dans le monde virtuel. Ils peuvent le voir sous différents angles, l'atteindre, le saisir et le remodeler. Le cyberspace est considéré comme l'ultime environnement de réalité virtuelle, les derniers développements de la réalité virtuelle examines les applications dans les domaines de l'ingénierie et de la médecine.[3]

1.3.3 Jeux vidéo (gaming)

En quelques années, le jeu vidéo est devenu l'un des loisirs les plus populaires au monde. Que ce soit en nombre de joueurs ou en chiffre d'affaires, le secteur est l'un des plus dynamiques de l'économie. Ainsi, en 2019, le chiffre d'affaires du jeu vidéo s'est élevé à 4,81 milliards d'euros, et les gamers réclame toujours plus on ce qui concerne le côté graphique (vidéo)où bien les performances de la qualité de son(audio).[4]

1.3.4 Vidéo conférence

En 1968 la vidéo conférence à été introduite pour la première fois et présentée comme une solution commerciale à l'exposition universelle de New York. La technologie introduite s'appelait le Picture phone d'AT&T(American Telephone & Telegraph) les participants s'assoient et communiquent par vidéo avec la personne de l'autre coté pendant 10 minutes à la fois pour faire l'expérience du premier appareil de visio-phone conçu pour les masses. Malheureusement cette machine particulière été ridiculement chère et difficile à installer. De nos derniers jours on utilise les applications gratuites et faciles à utiliser comme Zoom et Google Meet. [5]

1.4 Qualité

La notion de qualité est un concept abstrait et envisagé comme une construction de l'esprit, qui est facile à comprendre mais difficile à définir. Dans le domaine multimédia, la qualité est généralement utilisée avec un objectif d'ingénierie à l'esprit en raison du fait que la qualité est un critère clé pour évaluer les systèmes, les services ou les applications pendant les phases de conception et d'exploitation [6]. Bien que, selon le livre blanc QUALINET [7], « la qualité soit le résultat du processus de comparaison et de jugement d'une personne, qui comprend la perception, la réflexion sur la perception et description du résultat ». Contrairement aux définitions/concepts dans lequel la qualité est considérée comme « *qualitas* » (c'est-à-dire un ensemble de caractéristiques), QUALINET considère la qualité en termes de l'excellence, du degré d'accomplissement des besoins et d'un « événement de qualité », où l'événement est un événement observable et déterminé dans l'espace (c.-à-d. là où il se produit), le temps (c.-à-d. lorsqu'il se produit) et le caractère (c.-à-d. ce qui peut être observé).

1.4.1 La qualité de service (QoS)

Le QoS est souvent utilisé pour exprimer le niveau de performance des applications multimédias et des réseaux. La définition de Facto de la qualité de service généralement utilisée dans la littérature en fonction des facteurs de performance physiques et mesurables des réseaux, y compris les plates-formes de livraison, est « une collection de technologies de réseautage et d'outils de mesure qui permettent au réseau de garantir la réalisation de résultats prévisibles [6] ». Le terme QoS est généralement utilisé avec deux significations différentes :

- Premièrement, il fait référence aux concepts et aux mesures des performances du réseau par exemple, nervosité, retard.
- Deuxièmement, il s'agit de mécanismes tels que les services intégrés.

Plusieurs caractéristiques, telles que la performance, la réactivité, la disponibilité, l'adaptabilité, la fiabilité, la sécurité et les aspects d'application sont impliquées pour former le QoS. En raison de l'hétérogénéité des applications, QoS a été expliqué de façon diverse dans des publications indépendantes. Compte tenu de l'architecture multimédia de bout en bout, QoS peut être divisé en trois couches : utilisateur, application et ressource.[8]

1.4.2 La qualité de l'expérience (QoE)

La satisfaction et la perception des utilisateurs sont façonnées par divers autres aspects qui peuvent/ne peuvent pas nécessairement être réglementés par la performance des composants de service spécifiques. Donc récemment, le terme Qualité d'expérience (QoE) a été introduit pour décrire comment un utilisateur perçoit la facilité d'utilisation, l'acceptabilité et la satisfaction du service. QoE s'en va au-delà des paramètres conventionnels d'intégrité QoS de bout en bout pour couvrir une multitude d'aspects différents pour améliorer la qualité expérimentée par l'utilisateur. Nommément QoE est le QoS perceptuel du point de vue des utilisateurs.[8]

Voici la figure (FIGURE 1.1) qui schématise de manière simplifiée la relation entre QoS et QoE :

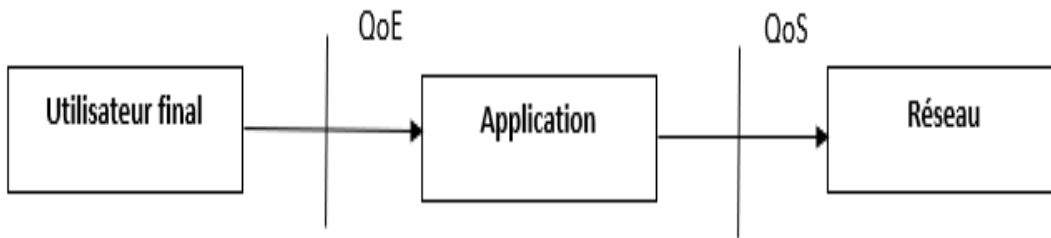


FIGURE 1.1 – La relation entre QoS et QoE

Le QoE est déterminé par des déterminants (voir Eq. 1.1), par exemple, les habitudes, les sentiments, les exigences et les attentes.

$$QoE = \sum_{i=1}^{N-1} a_i QoS_i^{k_i} i_j N.. \quad (1.1)$$

Il est primordial d'obtenir un QoE quantifié en traduisant performance du système ainsi que la perception des utilisateurs dans la forme de valeurs statistiques et interprétables. Le quantifié QoE peut être obtenu en utilisant soit des « mesures directes QoE » (c.-à-d. l'évaluation effectuée par des sujets réels ; également appelée subjectives QoE) ou « mesures indirectes du QoE » (c.-à-d. l'enregistrement du comportement de l'utilisateur et de le relier avec QoE perçu (Également appelé QoE objectif). Dans cette dernière catégorie, l'utilisation des mesures physiologique a été récemment enquêtée dans plusieurs études[9].

1.4.3 La qualité perçue (QoP)

QoS décrit la qualité technique du système, mais néglige la délié et l'aspect utilitaire des utilisateurs. Ainsi, pour remédier à cette limitation, Ghinea et Thomas [9] ont introduit la notion de qualité de perception (QoP) et l'ont définie comme « QoP est un terme qui englobe non seulement la satisfaction d'un utilisateur à l'égard de la qualité des présentations multimédias, mais aussi sa capacité d'analyser, de synthétiser et d'assimiler le contenu informationnel des écrans multimédias ». L'évaluation de la qualité multimédia en utilisant uniquement des facteurs subjectifs ou objectifs est insuffisant en raison de la nature multidimensionnelle du

multimédia par conséquent QoP combine à la fois l'évaluation subjective basée sur la partie la plus large de la définition, c'est-à-dire la satisfaction de l'utilisateur à l'égard de la qualité des présentations multimédias (dénotées QoP-S), et l'objectif basé sur la deuxième partie de la définition, c'est-à-dire la capacité de l'utilisateur à analyser, synthétiser et assimiler le contenu informationnel du multimédia (indiqué par QoPIA : Quality of Perception Informational Analysis). QoP-S est composé de deux composants, c'est-à-dire QoPLOE (le niveau de plaisir de l'utilisateur tout en découvrant le contenu multimédia) et QoPLOQ (jugement de l'utilisateur concernant l'objectif niveau de qualité attribué au contenu multimédia expérimenté). D'un point de vue spectique, QoPIA s'exprime habituellement en pourcentage pour refléter le niveau d'information d'un utilisateur assimilé à partir de contenu multimédia expérimenté.[9]

1.5 Les facteurs de dégradation de la qualité audiovisuelle :

La qualité audiovisuelle est souvent dégradée à cause de certains facteurs dans les applications de streaming par exemple, les signaux vidéo et audio passent généralement par un pipeline de traitement composé de plusieurs étapes représentatives, dont la génération du contenu, le traitement, le codage côté serveur, la diffusion en continu sur le réseau et enfin le décodage et la présentation aux consommateurs du côté de l'utilisateur final. Diverses dégradations peuvent être introduites l'un ou l'autre des signaux vidéo et audio, ou les deux, qui dégrade la qualité d'expérience de l'utilisateur final. Les consommateurs modernes sont de plus en plus avertis en matière de technologie audio et vidéo (A/V), et attendent une qualité d'expérience élevée lorsqu'ils regardent et l'écoute en utilisant des systèmes A/V de plus en plus haute résolution et haute-fidélité, que ce soit sur des appareils mobiles ou sur leurs ordinateurs, Il y a donc une forte impulsion pour développer et déployer des systèmes de qualité audio et vidéo efficaces et précis ainsi que de déployer des modèles d'évaluation de la qualité audio et vidéo (QA/QV) efficaces et précis qui peuvent être utilisés pour surveiller et contrôler la qualité d'expérience de l'utilisateur final.[8]

1.5.1 Les facteurs d'influences

Cette section décrit les facteurs qui peuvent influencer la qualité d'échantillons audio et/ou visuels. En outre, les caractéristiques audio et visuelles qui sont couramment utilisées dans l'évaluation objective de la qualité sont étudiées, pour améliorer les algorithmes d'évaluation, il est apprécié de comprendre les facteurs complexes et fortement interdépendants qui ont un impact sur les comportements d'interaction des utilisateurs ainsi que la qualité perçue. Quelques facteurs sont inévitables, tandis que certains sont dus aux limites inhérentes au signal multimédia lui-même. Ces facteurs peuvent être regroupées en trois catégories : humaines, technologiques et les facteurs contextuels d'influences.[8]

1. **Facteurs d'influences humains** : Englobent les caractéristiques variables ou invariantes de l'utilisateur humain qui peuvent avoir un impact sur le jugement de qualité, qui comprend la constitution physique/mentale, l'état émotionnel, le contexte démographique et socio-économique. Ces attributs sont soit statique (par exemple, le sexe, l'âge) ou dynamique (états mentaux, motivation). Les facteurs d'usage peuvent participer à la motivation sensorielle, ou/et des processus de qualité cognitive. Les

premiers processus sensoriels (c'est-à-dire de faible niveau) sont affectés par le processus de qualité de l'utilisateur, les états physiques, émotionnels et mentaux, par exemple l'acuité auditive de l'utilisateur, son humeur et son attention. Le système cognitif, le processus de qualité concerne l'interprétation des stimuli basée sur les connaissances de l'utilisateur et de l'historique de l'individu, qui comprend ses besoins, sa motivation, ses préférences, etc.[8]

2. **Facteurs d'influence technologiques** : Englober le facteur agent (un partenaire d'interaction) et les facteurs fonctionnels de système. Les exemples de facteurs agents sont des attributs techniques par exemple, la reconnaissance vocale. Les exemples de facteurs fonctionnels sont les capacités fonctionnelles par exemple, le nombre de tâches et les caractéristiques du domaine par exemple, un système de divertissement. Les facteurs de système peuvent être divisés en quatre catégories en fonction de leur lien avec le réseau c'est-à-dire associé à la transmission de données sur un réseau, par exemple, bande passante, liée à l'appareil c'est-à-dire associée à la transmission de données sur un réseau, par exemple système/dispositif final de communication, par exemple un smartphone à haute résolution, liés aux médias c'est-à-dire associés à la configuration des médias, par exemple la fréquence d'images et liés au contenu c'est-à-dire associés à la quantité d'informations sur les médias, par exemple, voix/parole contre contenu musical.[8]

Parmi ces facteurs on a :

– **Perte de paquets (PLR : packet loss rate)** : se produit lorsqu'un ou plusieurs paquets de données transportés sur Internet ou sur un réseau informatique n'atteignent pas leur destination. Les réseaux sans fil et IP ne peuvent pas garantir que les paquets seront livrés à tous. Cette perte de paquets peut être causée par d'autres facteurs tels que la dégradation du signal, des charges élevées sur les liens réseau, des paquets qui sont corrompus étant jetés ou des défauts dans les éléments réseau. Certains protocoles de transport tels que le protocole de contrôle des transferts (TCP) font le contrôle de la livraison en recevant des accusés de réception des paquets du récepteur. Si des paquets sont perdus pendant le transfert, TCP renvoie automatiquement les segments qui n'ont pas été reconnus au prix de la diminution du débit global de l'INRS (Institut National de la Recherche Scientifique).[10]

– **La base de donnée INRS** : Elle contient 160 configurations uniques pour le contenu audiovisuel avec différents paramètres de compression du média et de distorsion du réseau, par exemple la fréquence d'images vidéo, le taux de perte de paquets et les paramètres de quantification et de réduction de bruit. Le codec vidéo H.264 et le codec audio AMR-WB ont été utilisés pour coder les flux vidéo et audio ,tandis que 30 sujets ont évalué la qualité audiovisuelle globale.[11]

– **Débit** : désigne le nombre de bits reçus au cours d'une unité de temps Le débit est la quantité de données qu'un réseau ou une entité envoie ou reçoit des données, ou la quantité de données traitées dans un espace de temps déterminé. Son unité de base de mesures est bits par seconde (bit/ s ou bps). Le débit peut être inférieur à la contrainte d'entrée en raison des pertes et des retards dans le système. Le débit est une bonne mesure de la capacité du canal d'un lien de communication.

la base de données qui traite ce facteur est VQEG.

– **VQEG : Video Quality Experts Group** : Cette base de données contient 10 sous-ensembles

audiovisuels produits par six laboratoires internationaux différents dans le cadre d'une étude visant à déterminer le moyen le plus approprié d'effectuer des tests de qualité audiovisuelle. Les séquences audiovisuelles ont été codées pour atteindre trois qualités de codage : élevé, moyen et faible. En particulier, le codec vidéo H.264 / le codage vidéo avancé (AVC : Advanced video coding) et le codage audio avancé (AAC : advanced audio coding) à 6 et 3 niveaux de débit, respectivement, ont été utilisés pour le codage.[12]

3. **Facteurs d'influence contextuels** : Englobent l'environnement physique (par exemple, le bureau) et les facteurs de service (c'est-à-dire les attributs non physiques du système, par exemple, l'accès au système restrictions).

Les facteurs contextuels peuvent également être brisés vers le bas en tant que contexte physique (c'est-à-dire les caractéristiques du lieu et de l'espace, par exemple un lieu paisible/bruit), contexte temporel (c'est-à-dire l'aspect temporel de l'expérience, par exemple le mois juin ou au printemps), le contexte social (c'est-à-dire l'interrelation entre les utilisateurs, par exemple les dépendances hiérarchiques comme le patron et l'employé), le contexte économique (c'est-à-dire la perspective commerciale, par exemple le coût par utilisation), le contexte de la tâche (c'est-à-dire l'expérience de l'utilisateur pour la qualité perçue, par exemple, l'effet de multitâche tout en évaluant la qualité), et technique et le contexte de l'information (c'est-à-dire la relation entre les systèmes et dispositifs concernés ou optionnels, par exemple l'interconnectivité des dispositifs via Bluetooth).[8] la base de donnée qui traite ce facteur est TUM.

TUM : Ces données sont destinées à l'évaluation de la qualité audiovisuelle des vidéos haute définition au format 1080p50. Les séquences vidéo ont été codées avec le codec vidéo H.264 / AVC, y compris différents débits binaires et dégradations de codage, telles que flou et scintillement. Les scores subjectifs ont été obtenus de 21 utilisateurs.[8]

1.5.2 Dégradations des signaux audiovisuels

Afin de mieux comprendre l'évaluation de la qualité audiovisuelle il peut être utile d'examiner de près les différents artefacts qui se manifestent couramment dans les signaux audio et vidéo. La dégradations audio/visuelles se manifestent par les propriétés du dispositif de capture du signal, du mécanisme de codage, de décodage, de compression ou de transmission, ou du dispositif final utilisé.

On a deux types de dégradation celle quelle sont auditif (la réverbération, le bruit auditive) et on à celle quelle sont visuelle (Flou, effets de bloc, bruit, ringing-effect).[8]

– **Le brui auditive** : On peut définir le bruit auditif comme étant une dégradation dans La qualité audio, cela produit des sons agaçants. Il y a plusieurs solutions comme les casques circumaural fermés qui donnent à l'utilisateur l'impression que le son provient de l'intérieur de sa tête. Cet effet apparaît également avec les casques ouverts, qui présentent une réduction du bruit plus faible.[13]

– **La réverbération** : La réverbération est la persistance du son dans un lieu après l'interruption de la source sonore. La réverbération est le mélange d'une quantité de réflexions directes et indirectes donnant un son confus qui décroît progressivement.[14]

- **Le flou** : Effet esthétique qui donne à voir un contour imprécis. Ce type d’erreur qui apparaît principalement dans la compression JPEG et JPEG2000 d’où la perte de netteté de l’image. Cela se caractérise par une image plus floue, dont les bords des objets sont plus diffus.[15]
- **Effets de bloc** : La principale source d’erreur lors de la compression JPEG est ce qu’on appelle l’effet de blocs. Visuellement, cette distorsion se manifeste généralement au niveau des frontières entre blocs et apparaît comme des contours verticaux et horizontaux dont la visibilité dépend fortement de la distribution spatiale du signal image. En effet, tous les blocs sont encodés indépendamment les uns des autres. Il peut donc arriver qu’à la frontière entre deux blocs, il y ait une discontinuité facilement perceptible par l’œil humain.[15]
- **Effet d’oscillations parasites** : Cette dégradation est due en général à l’étape de quantification ou de décimation des coefficients hautes fréquences. Elle se manifeste sous forme d’oscillations au voisinage des régions à fort contraste et est souvent définie comme un bruit autour de ces régions. Ce sont les ondelettes dont le support croise le bord d’un objet qui créent ce type d’artefact.[15]
- **Bruit** : On peut définir le bruit comme étant une dégradation dans l’image, provoquée par une perturbation externe. Généralement, on peut savoir les types d’erreurs à attendre, et donc le type de bruit sur l’image, d’où nous pouvons choisir la méthode la plus adaptée pour réduire les effets. Bruit poivre et sel On l’appelle aussi le bruit impulsif, le bruit de grenaille, ou le bruit binaire. Cette dégradation peut être causée par de fortes perturbations soudaines dans le signal d’image. Son apparence est éparpillée au hasard en pixels blancs ou noirs (ou les deux) sur l’image, Par contre, ce bruit est obtenu en ajoutant n pixels blancs et n pixels noirs aléatoirement dans une image. On le caractérise souvent par le pourcentage de pixels remplacés.[15]

1.5.3 Facteur de temps

Une autre caractéristique importante et bien connue de la qualité audiovisuelle est la synchronisation entre la qualité audio et vidéo, cette synchronisation des canaux audio et vidéo affectent plus considérablement l’évaluation objective que subjectivement. La désynchronisation spatiale ou temporelle est la dégradation la plus importante du contenu multimédia audiovisuelle. Dans les systèmes de reproduction de contenus audiovisuels, la lecture de stimuli auditifs et visuels synchronisés est considérée comme obligatoire. Il est intéressant de constater que les seuils de détection de la non-synchronisation ne sont pas temporellement symétriques. Hollier et Rimell.[16], ont réalisé un certain nombre d’expériences axées sur les systèmes de communication audiovisuels pour examiner cette asymétrie temporelle avec différents types de stimuli. Ils ont comparé une scène audiovisuelle de tête parlante avec une scène de stylo rebondissant et un stimulus audiovisuel. Dans lequel une hache frappe un objet une seule fois. Ils ont conclu que la tendance générale de l’asymétrie de la détection des erreurs est apparente pour tous les types de stimulus. En outre, le caractère distinct de la hache stimulus entraîne une plus grande probabilité de détection que pour le stimulus du stylo. Pour le stimulus de la tête parlante, le taux de détection d’erreurs est cohérent avec les autres stimuli lorsque l’audio est en retard sur la vidéo, mais il est plus élevé que celui de la hache ou du stylo lorsque l’audio est en avance sur la vidéo.

Apparemment, les sujets testés ont comparé les stimuli artificiels présentés dans le laboratoire avec les expériences de la vie réelle. Dans la vie réelle, en raison de la nature physique des différentes vitesses de propagation

du son et de la lumière, l'audio ne peut jamais devancer le percept visuel.

Ces conclusions sur la détection des erreurs de synchronisation de détection des erreurs de synchronisation se reflètent également dans les seuils de synchronisation recommandés dans la norme UIT J.100 [17], qui sont de 20 ms pour l'avance audio et de 40 ms pour le retard audio. La recommandation suggère ces valeurs fixes pour tous les types de contenu télévisuel et vise à garantir que les erreurs de synchronisation restent imperceptibles pour toutes les variétés possibles de contenu. Ce seuil relativement bas signifie que le système perceptuel humain est généralement assez sensible aux erreurs de synchronisation.

1.6 Evaluation de la qualité audiovisuelle (QAV)

Il existe essentiellement deux catégories de méthodes d'évaluation de la qualité (QAV), à savoir les méthodes subjectives faisant appel à des observateurs humains pour évaluer la qualité des contenus multimédia et les méthodes objectives qui calculent la qualité automatiquement à l'aide de modèles mathématiques.[8]

1.6.1 Evaluation de la qualité subjective

Afin de mesurer de manière fiable la qualité d'expérience par les systèmes humains auditifs et/ou visuels, des tests subjectifs sont effectués où des groupes d'observateurs humains formés ou naïfs fournissent la qualité[18].

Cette procédure d'évaluation est connue sous le nom de l'évaluation subjective de la qualité qui vise à quantifier la plage des avis que les utilisateurs expriment lorsqu'ils voient/entendent le contenu numérique.

L'évaluation subjective de la qualité est effectuée en général dans un environnement bien contrôlé à l'aide des recommandations normalisées par exemple, Union internationale des télécommunications.

Les recommandations communément utilisées pour les testes de la qualité audiovisuelle sont UIT-T P.913 , UIT-T P.920 et UIT-T P.1401 [19].

- **ITU-T P.913** : Méthodes d'évaluation subjective de la qualité vidéo, audio et audiovisuelle de la vidéo sur Internet et la distribution de qualité télévision dans n'importe quel environnement.[20]

- **ITU-T P.920** : Méthodes d'essai interactives pour communications audiovisuelles.Cette recommandation est destinée à définir des méthodes interactives d'évaluation permettant de quantifier l'influence des procédés de codage et des temps de transmission sur des communications audiovisuelles point à point ou multipoint. Cette méthode est fondée sur des essais d'opinion en conversation.[21]

- **ITU-T P.1401** : cette recommandation présente un cadre pour l'évaluation statistique des algorithmes de prédiction objective de la qualité indépendamment du type de média évalué.[19]

D'une manière générale, les études subjectives sur la qualité d'expérience peuvent être étiquetés comme techniques qualitatives ou quantitatives.

- **Techniques qualitatives** : Elles saisissent les perceptions, les sentiments et les opinions des êtres humains par le biais de comportements verbaux, par exemple les commentaires sur les blogs et les sites.[22]

- **Les techniques quantitatives** : Elles permettent de saisir les perceptions et les sentiments humains

et les intentions à travers les chiffres et les statistiques.[22]

1.6.2 Protocoles d'évaluation subjective de la qualité audiovisuelle :

Il y a essentiellement trois grandes par familles communes d'évaluation subjective définies par l'UIT, échelle continue de la qualité sur double stimulus (DSCQS :Double Stimulus Continuos Quality Scale), échelle de dégradation sur double stimulus (DSIS :Double Stimulus Impairment Scale) et l'évaluation continue de la qualité sur stimulus unique (SSCQE : Single-Stimulus Continuous Quality-Scale).[2]

1. Echelle de qualité de la méthode continue double stimulus(DSCQS) :

Le but principal de la DSCQS est de mesurer la qualité des systèmes par rapport à une référence. Les personnes qui sont montrées paires de séquences vidéo (la séquence de référence et la séquence altérée) dans un ordre aléatoire. Il est largement accepté comme une méthode de test précis avec peu de sensibilité aux effets de contexte, en tant que spectateurs sont présentés deux fois la séquence (voir FIGURE 1.2). Les téléspectateurs sont invités à évaluer la qualité de chaque séquence de la paire après la deuxième projection. Il est également utilisé pour mesurer la qualité du codage d'image stéréoscopique.[23]

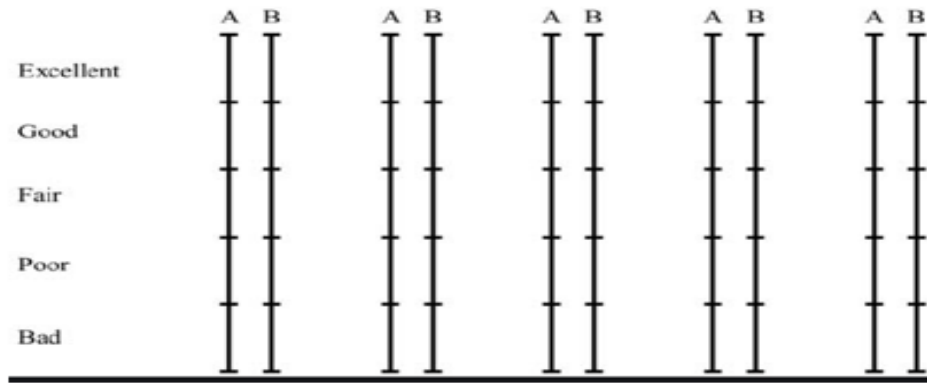


FIGURE 1.2 – Le protocole DSCQS pour évaluation subjective de la qualité perçu.

2. Echelle de dégradation sur double stimulus (DSIS) :

Comme dans la méthode de DSCQS chaque essai se compose d'une paire de stimulus : la référence de l'essai. La figure suivante illustre le protocole DSIS pour évaluation subjective de la qualité perçu.

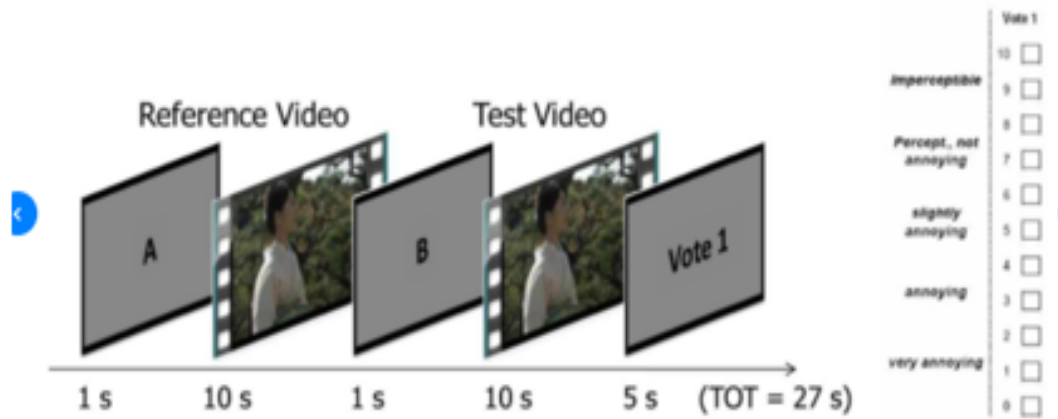


FIGURE 1.3 – Le protocole DSIS pour évaluation subjective de la qualité perçue.

Cependant, dans la méthode de double stimulus (DSIS), les deux stimulus sont toujours présentés dans le même ordre : la référence est toujours le premier suivi du test. Dans la méthode de DSIS, les observateurs comparent les deux stimuli dans un essai et évaluent la dégradation du stimulus d'essai en ce qui concerne la référence, en utilisant une échelle de dégradation de cinq niveaux. Ainsi, seulement une voix est faite pour chaque essai de DSIS.

En générale, on utilise la méthode suivante :

– **Méthode Degradation Category Rating (DCR)** : La méthode DCR ou méthode par évaluation de catégories de dégradations propose une présentation des séquences AV de test par paires. Les séquences constituant la paire sont identiques à la différence que la première est toujours présentée sans dégradations (référence) tandis que la seconde est traitée par le système à évaluer (donc susceptible de comporter des dégradations). La séquence traitée est toujours présentée après la référence. Seule la séquence traitée est évaluée par les participants en comparaison avec la condition de référence.[23]

3. L'évaluation continue de la qualité sur stimulus unique (SSCQE) :

Au lieu de voir des paires de courtes séquences séparées, les observateurs observent un programme d'une durée 20-30 minutes en général qui a été traité par le système du test, la référence n'est pas montrée (SSCQE : Single Stimulus Continuous Quality Evaluation).

En utilisant un glisseur, les observateurs évaluent continuellement la qualité instantanément perçue sur l'échelle de DSCQS du mauvais à l'excellent. La figure suivante présente le protocole SSCQE pour évaluation subjective de la qualité perçue.



FIGURE 1.4 – Le protocole SSCQE pour évaluation subjective de la qualité perçue.

En général on utilise la méthode suivante :

– **Méthode Absolute Category Rating (ACR)** : la méthode ACR ou méthode d'évaluation par catégories absolues consiste à attribuer une note de qualité après chaque séquence AV visualisée/entendue. La note de jugement attribuée doit rejeter l'opinion du participant quant à la qualité audiovisuelle globale perçue, c'est-à-dire la qualité audio et vidéo combinée. Cette évaluation est réalisée sur une échelle catégorielle de cinq ou neuf points (intervalles) explicitée par cinq items (Excellent-Bon-Satisfaisant-Médiocre-Mauvais). Il est recommandé d'utiliser l'échelle en neuf points lorsqu'une plus grande puissance de discrimination est nécessaire, typiquement, lorsque l'on souhaite évaluer des codages à bas débit.[24]

4. Le protocole d'évaluation à stimulus comparatif

Les méthodes comparatives permettent d'évaluer la qualité audiovisuelle en fonction d'une ou plusieurs autres audiovisuelles, venant toutes de la même audiovisuelle de référence comme la méthode suivante :

– **Méthode Pair Comparaison (PC)** : La méthode des comparaisons par paires implique que les séquences d'essai soient présentées en paires.

Chaque paire est formée de la même séquence, présentée d'abord au moyen d'un système l'essai puis au moyen d'un autre système. La séquence de référence (sans dégradation) peut être incluse et sera traitée comme un système à l'essai additionnel.

Toutes les combinaisons de paires de séquences A, B, C, etc. Devront être évaluées associées selon toutes les n ($n-1$) combinaisons possibles (AB, BA, CA, etc) et présentées dans les deux ordres possibles (AB, BA, etc). Le jugement de qualité AV globale est ici exprimé à travers un jugement de préférence pour l'une ou l'autre séquence de la paire qui doit être réalisé après la présentation de chaque paire. Cette méthode est notamment préconisée pour la comparaison de systèmes quasi-équivalents et/ou de haute qualité.

La durée recommandée pour les séquences de test est d'environ dix secondes, celle du temps de vote doit être inférieure ou égale à dix secondes. [2] Voici la figure ci-dessous qui schématise de manière simplifiée le chronogramme de la méthode Pair Comparaison (PC).

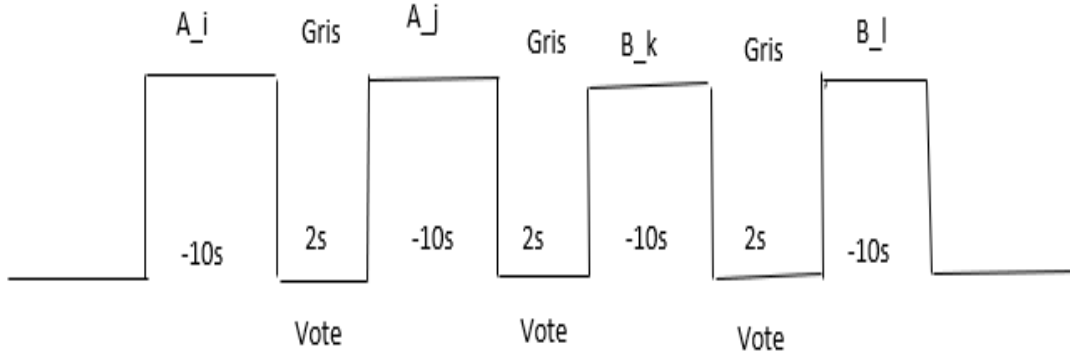


FIGURE 1.5 – Chronogramme de la méthode PC.

1.6.3 Analyse des résultats d'évaluation subjective de la qualité audiovisuelle (QAV) :

La première étape de l'analyse des résultats consiste à calculer la note moyenne ou le MoS (Mean opinion Score) pour chacune des présentations.

Le MoS est calculé à l'aide De l'équation suivante :

$$MoS(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^i Note_i(j) \quad (1.2)$$

où N est le nombre d'observateurs et $Note_i(j)$ est la note de l'observateur j pour la dégradation i de la séquence audiovisuel.

Au lieu d'appliquer directement les résultats d'évaluation, les mesures modernes de qualité vidéo utilisent les différences de qualité entre les vidéo. Le DMoS (Difference Mean opinion Score) est définie comme la différence entre les notes de la qualité brutes des vidéo de référence et de test. Le DMoS est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$d_{i,j} = r_{i,ref} - r_{i,j} \quad (1.3)$$

Où $r_{i,ref}$ est les notes de qualité brutes des vidéo de référence. $r_{i,j}$ est les notes de qualité brutes des vidéo de test.

– **Intervalle de confiance** : un intervalle de confiance est souvent associé à chaque note MoS. Il est généralement fixé à 95% et est donnée par la relation suivante :

$$MoS(i) - e_j, MoS(i) + e_j \quad (1.4)$$

1.6.4 Évaluation objective de la qualité audiovisuelle

Bien qu'une évaluation subjective de la qualité indices de qualité de la perception humaine, il ne peut pas être appliqué dans l'évaluation en temps réel de la qualité en service. Ainsi, des méthodes objectives d'évaluation de la qualité ont été développées pour remplacer le panneau humain par un modèle informatique

pour prédire les résultats d'un test subjectif. À savoir, le but de l'évaluation objective de la qualité est d'estimer automatiquement les valeurs MoS (mean opinion score), qui sont aussi proches que possible des scores de qualité obtenus à partir de l'évaluation subjective de la qualité. Les mesures numériques de la qualité obtenues à partir de la méthode objective (également appelées MoS objectives ou prédites) devraient mieux correspondre à la subjectivité humaine. Il existe différentes mesures pour mesurer la relation entre le MoS subjectif et le MOS prédit. Les deux paramètres statistiques les plus couramment utilisés pour rendre compte des performances des méthodes d'évaluation objective de la qualité sont « l'erreur quadratique moyenne (RMSE : Root Mean Square Error) » et la « corrélation de Pearson (PCC) » un algorithme d'évaluation de la qualité objective ayant une forte corrélation (généralement supérieure à 0,8) est considéré comme efficace.[8]

1. Analyse de performance des résultats objective :

Un aspect important de la modélisation de la qualité perçue est qu'un modèle objectif ne devrait pas prédire une opinion moyenne subjective de manière plus précise qu'un sujet de test moyen. L'incertitude des votes subjectifs est calculée par l'écart-type et l'intervalle de confiance (IC) correspondant. Ces paramètres statistiques visent à déterminer l'incertitude des sujets par fichier, ou par condition de test.

La performance d'un modèle est évaluée via trois métriques statistiques, utilisées pour informer de la précision du modèle, de sa consistance et de sa linéarité/monotonie.[8]

– **La précision** : saisit la capacité du modèle à prédire les évaluations de qualité subjectives avec de faibles erreurs.

Lorsque les données de test sont tirées avec une distribution proche de la normale, ces critères sont obtenus en calculant l'erreur de prédiction.

L'erreur de prédiction (c'est-à-dire l'exactitude) est obtenue à l'aide de l'erreur quadratique moyenne (RMSE :Root Mean Square Error). La précision d'un modèle est habituellement déterminée par une interprétation statistique de la différence entre les valeurs MoS du test subjectif et sa prédiction sur une échelle généralisée. Un modèle précis a pour but de prédire la qualité avec l'erreur la plus faible en terme de RMSE lors des tests subjectifs [8].

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_N MoS(i) - MoS_p(i)} \quad (1.5)$$

où i est l'index de la séquence, et N est le nombre de séquences utilisées pour comparer les scores de qualité estimés aux scores subjectifs, tandis que la division à $(N - 1)$ assure un estimateur sans biais pour RMSE avec un intervalle de confiance à 95%.

– **La consistance** : reflète le degré auquel le modèle maintient l'exactitude des prévisions sur la plage des séquences de test. En calculant le rapport de valeurs aberrantes (**outlier ratio**).

La consistance du modèle est obtenue en calculant soit le rapport des valeurs aberrantes (Outlier Ratio OR), soit la distribution des erreurs résiduelles.

$$OR = \frac{TotalNoOutliers}{N} \quad (1.6)$$

Les valeurs OR sont définies comme les points pour lesquels l'erreur de prévision $Perror$ dépasse l'intervalle

de confiance de 95% de la valeur MoS moyenne, c.-à-d. si :

$$|Perror(i)| > \frac{z \times \sigma(MoS(i))}{\sqrt{Nsubj}} \quad (1.7)$$

$$\sigma(MoS(i)) = \sqrt{\frac{MoS(i) \times (1 - MoS(i))}{N}} \quad (1.8)$$

où $\sigma(MoS(i))$ représente l'écart-type des scores individuels associés à l'échantillon de médias i , et $Nsubj$ est le nombre d'électeurs par échantillon de médias i . La limite d'intervalle de confiance de 95% définie par la variable z est déterminée en fonction de $Nsubj$. Si $Nsubj > 30$, alors la distribution gaussienne peut être utilisée, et donc $z=1.96$. Si $Nsubj < 30$, la distribution t-Student est utilisée et la variable $z = t$ et sa valeur dépend du $Nsubj$, respectivement le degré de liberté $df = Nsubj - 1$.

– Enfin, **La monotonie (linéarité)** correspond au degré auquel les prédictions du modèle conviennent avec l'ampleur relative des évaluations subjectives de la qualité. En calculant le coefficient de corrélation de Pearson, lorsqu'il n'est pas possible de vérifier que les données sont tirées d'une distribution proche de la normale, le coefficient de Spearman Rank est utilisé dans la littérature au lieu du coefficient de corrélation de Pearson comme mesure de la monotonie.

Dans la littérature, deux métriques couramment utilisées pour le calcul de la linéarité d'un modèle existant : le coefficient de Spearman et le coefficient de corrélation de Pearson qui est utilisé chaque fois que les données échantillonnées ont une distribution presque normale. Dans d'autres cas, le coefficient de Spearman est utilisé pour qualifier la linéarité entre les scores de qualité subjective prédits et réels. Le coefficient de corrélation de Pearson PCC, mesure la relation linéaire entre la performance d'un modèle et les données subjectives. [8]

$$PCC = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) \times (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1.9)$$

X_i indique le score subjectif MOS et Y_i le score objectif (MOS_p). N représente le nombre total d'échantillons pris en compte dans l'analyse. Le coefficient de corrélation de Spearman est défini comme suit :

$$R_s = \frac{\sum_{i=1}^N (RO(i) - \bar{RO}) \times (RO_e(i) - \bar{RO}_e)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (RO(i) - \bar{RO})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^N (RO_e(i) - \bar{RO}_e)^2}} \quad (1.10)$$

Cette formule est similaire au coefficient de corrélation de Pearson, sauf le fait que l'ordre de classement des scores (rank order) de qualité subjectifs ($RO(i)$) et prédites ($RO_e(i)$) est pris au lieu des scores de qualité eux-mêmes. Cette métrique mesure donc si l'augmentation (diminution resp.) d'une variable est associée à l'augmentation (diminution resp.) de l'autre variable, indépendamment du surface de l'augmentation (diminution resp.). Cette mesure est une mesure non paramétrique de la monotonie.

$$z = 0.5 \ln\left(\frac{1+R}{1-R}\right) \quad (1.11)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{N-3}} \quad (1.12)$$

L'intervalle de confiance de 95% pour le coefficient de corrélation est déterminé à l'aide de la distribution

gaussienne, qui caractérise la variable z et est donnée par l'équation suivante :

$$z \pm 1.96 \times \sigma_z \quad (1.13)$$

2. Classification des modèles d'évaluation objective de la qualité audiovisuelle

Les modèles de mesure de la qualité objective peuvent être classés en cinq groupes, conformément à la recommandation de l'UIT, en fonction du type de données d'entrée utilisées par les métriques :

1. **Modèles de couche média** : les modèles de cette catégorie ne nécessitent aucune information sur le système en question. En particulier, ces modèles utilisent uniquement des échantillons audio ou vidéo pour estimer la qualité et peuvent être appliqués à des applications telles que l'optimisation de codec et la comparaison de codec. Les modèles fondés sur les médias ou les signaux comprennent des aspects de la perception humaine et évaluent les caractéristiques physiques du signal envoyé. Ils utilisent le signal décodé comme entrée pour calculer un score de qualité.[8]
2. **Modèles paramétriques de couche paquet** : Les solutions permettant de prévoir la qualité dans ce groupe sont légères et prédisent l'impact des configurations de l'encodage et des altérations du réseau sur la qualité multimédia. Ils utilisent généralement l'information extraite des entêtes des paquets et n'ont pas accès aux données du paquet. Ces méthodes conviennent aux cas où les données sont chiffrées. [8]
3. **Modèles de planification** : ces modèles utilisent des paramètres de codage et de réseau pour prédire la qualité. Ils exigent donc une connaissance a priori du système en question. Les modèles de planification sont semblables aux modèles paramétriques ; la différence est d'où l'information d'entrée sera acquise. Ces modèles sont basés sur l'information de service disponible durant la phase de planification, alors que les modèles paramétriques prennent les informations d'entrée d'un service existant. [8].
4. **Modèles de flux binaire (bitstream)** : ces modèles prédisent la qualité à l'aide d'informations de flux de bits et de couche de paquets codées utilisées dans les modèles paramétriques de couche de paquets. Ces modèles traitent en général les entêtes et le payload du flux binaire vidéo. Ils traitent l'entête du flux binaire pour extraire des informations de transport telles que le flux de transport (Transport stream, TS) et/ou les champs timestamps et les numéros de séquence du protocole Real-time Transport Protocol (RTP). Le but est de détecter la perte de paquets. Ces modèles traitent le payload du flux binaire vidéo afin d'extraire un certain nombre de caractéristiques telles que le type d'image, le nombre de tranches, le paramètre de quantification (Quantization Parameter, QP), le vecteur de mouvement, le type de chaque macrobloc (MB) et ses partitions ainsi que les coefficients de transformation du résidu de prédiction. [8]
5. **Modèles hybrides** : les modèles de cette classe intègrent en général deux ou plusieurs des modèles susmentionnés. Les modèles hybrides d'évaluation de la qualité exploitent les informations des entêtes de paquets, du flux élémentaire et des images reconstruites. L'information sur les images reconstruites est obtenue à partir de la séquence vidéo traitée, générée par un décodeur externe plutôt que par un décodeur interne du modèle.[8]

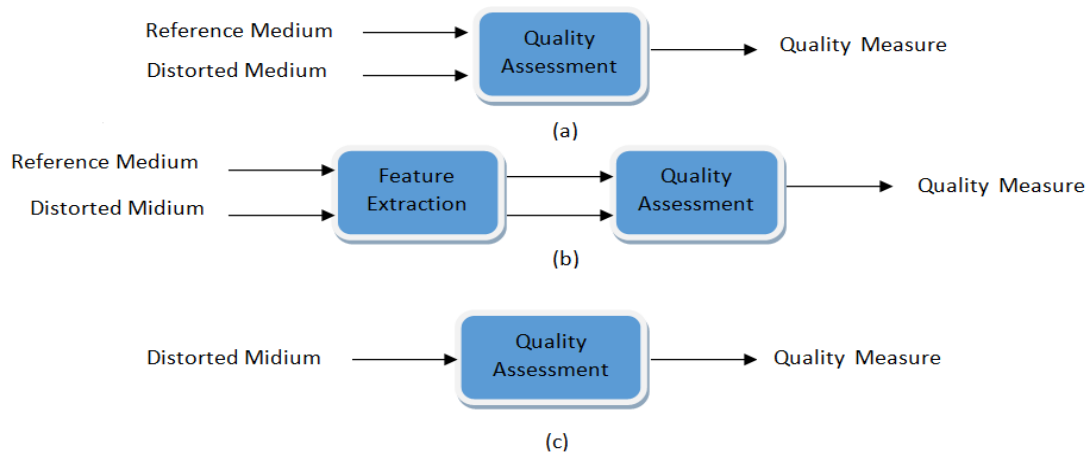


FIGURE 1.6 – Les modèles hybride d’évaluation objective de la qualité audiovisuelle
 (a) La méthode de référence complète, (b) La méthode de référence réduite, (c) La méthode de non-référence.

Par ailleurs, les modèles de qualité peuvent aussi être regroupés selon le type d’informations supplémentaires qu’ils traitent. Les modèles avec référence (FR : Full reference) traitent généralement la séquence source originale, alors que les modèles avec référence réduite (RR :Reduced-Reference) utilisent seulement une quantité limitée de l’information dérivée de la séquence source. Les modèles sans référence (NR : No-Reference) utilisent des séquences transmises sans utiliser aucune information du signal original.[8]

– **Les méthodes FR** : mesurent la dégradation du signal de test par rapport à un signal de référence, ce qui nécessite la disponibilité du signal original complet. Bien qu’il fournisse une évaluation de la qualité objective très précise en raison de l’utilisation du signal original, cela est considéré comme coûteux et souvent non applicable à tous les services et applications, par exemple la surveillance IPTV.[8]

– **Les méthodes RR** : évaluent la qualité en comparant une petite quantité de caractéristiques respectives extraites d’échantillons de référence et de test. Comme les méthodes RR utilisent des informations provenant du signal source, elles sont assez précises mais moins que les méthodes FR. FR et RR sont essentiels pour le contrôle de la qualité en temps non réel.[8]

– **Les méthodes NR** : prédisent la qualité en utilisant uniquement le signal de test sans exiger de signal de référence explicite. Étant donné que ces méthodes ne nécessitent pas le signal de référence et émettent des hypothèses sur le contenu multimédia et les types de distorsions, elles sont moins précises. [8]

En ce qui concerne les exigences de référence, FR et RR sont également désignés comme étant à deux extrémités, tandis que NR, en tant que métriques à une extrémité. En outre, en fonction de la convivialité, les méthodes objectives peuvent également être classées en méthodes hors service et en service. Dans le premier cas, aucune contrainte de temps n’est imposée et la séquence d’origine peut être disponible. Dans le deuxième cas, des contraintes de temps sont imposées et la qualité est évaluée lors de la diffusion en continu.[8]

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté certaines définitions associées à l’audiovisuel notamment la vidéo et l’audio ensuite nous avons mentionné certains domaines d’utilisation de l’audiovisuel tout en passant par

les types de qualité audiovisuelle, puis nous avons introduit deux catégories de méthodes d'évaluation de la qualité audiovisuelle : les méthodes subjectives et les méthode objective. Dans le chapitre suivant nous verrons la technique de la logique floue avec les différents composants de système d'inférence floue.

La logique floue

2.1 Introduction

La logique classique joue un rôle immense dans différents domaines, sa structure ne peut exprimer que des faits avec 'vrai' ou 'faux' qui limite son champ d'action dans des techniques et des applications comme l'Intelligence Artificielle, la prise de décision des données incertaines,..etc, qui veulent imiter le raisonnement et l'esprit humain, c'est à dire des techniques qui s'appuient sur l'incertitude pour leur bon fonctionnement. La logique floue est justement conçue pour régler ce problème, pour permettre la caractérisation des éléments de façon 'graduelle'. Notre perception du monde réel est imprégnée de concepts qui n'ont pas de limites clairement définies, par exemple, beaucoup, grands, beaucoup plus grands que les jeunes, etc. ne sont vrais que dans une certaine mesure et ils sont faux à un certain degré. Ces concepts peuvent être appelés concepts flous ou vagues, un cerveau humain travaille avec eux, tandis que les ordinateurs ne peuvent pas le faire. [25] L'utilité des ensembles flous réside dans leur capacité à modéliser des données incertaines ou ambiguës, si souvent rencontrées dans la vie réelle. L'idée de logique floue est similaire au processus de perception et d'inférence de l'être humain. En introduisant la notion de degré dans la vérification d'une condition, permettant ainsi à une condition d'être dans un autre état que vrai ou faux, la logique floue confère une flexibilité très appréciable aux raisonnements qui l'utilisent, ce qui rend possible la prise en compte des imprécisions et des incertitude. [26] La logique floue n'est pas une logique imprécise, mais une logique qui s'adapte à l'humain en laissant une place entre la certitude de la vérité et la certitude du faux. Il ressemble au raisonnement humain dans l'utilisation d'informations approximatives et incertaines pour prendre des décisions.

Dans ce chapitre, nous aborderons la définition de la logique floue en plus de son historique et ses types où il y a deux types(type 1 et type 2) avec des détails du système plus précisément.

2.2 Historique de la logique floue

La logique floue a été marquée par plusieurs dates, en va mentionner les plus importantes.

En 1965, Lotfi A. Zadeh, de l'Université de Californie à Berkeley, publie «Fuzzy Sets», qui expose les mathématiques de la théorie des ensembles flous et, par extension, de la logique floue. Zadeh avait observé que la logique informatique conventionnelle ne pouvait pas manipuler des données qui représentaient des

idées subjectives ou vagues, donc il a créé une logique floue pour permettre aux ordinateurs de déterminer les distinctions entre les données avec des nuances de gris, semblables au processus du raisonnement humain.[27]

Seiji Yasunobu et Soji Miyamoto d'Hitachi ont suscité l'intérêt pour les systèmes flous. En 1985, ils ont fourni des simulations qui démontraient la supériorité des systèmes de contrôle flou pour le chemin de fer de Sendai. Leurs idées ont été adoptées, et les systèmes flous ont été utilisés pour contrôler l'accélération et le freinage lorsque la ligne a ouvert en 1987.[27]

Toujours en 1987, lors d'une réunion internationale de chercheurs flous à Tokyo, Takeshi Yamakawa a démontré l'utilisation du contrôle flou, à travers un ensemble de puces logiques floues dédiées, dans une expérience de "pendule inversé". C'est un problème de contrôle classique, dans lequel un véhicule essaie de maintenir un poteau monté sur son sommet par une charnière en se déplaçant d'avant en arrière.

Les observateurs ont été impressionnés par cette démonstration, ainsi que par des expériences ultérieures de Yamakawa au cours desquelles il amonté un verre de vin contenant de l'eau ou même une souris vivante au sommet du pendule.[27]

Le système a maintenu la stabilité dans les deux cas. Yamakawa a finalement organisé son propre laboratoire de recherche sur les systèmes flous pour l'aider à exploiter ses brevets sur le terrain.[27]

2.3 Définition de la logique floue

Logique floue est une méthode de raisonnement qui ressemble au raisonnement humain, elle imite la façon de prendre des décisions chez l'homme qui implique toutes les possibilités intermédiaires entre les valeurs numériques OUI et NON. Le bloc logique conventionnel qu'un ordinateur peut comprendre prend l'entrée précise et produit une sortie définie comme VRAI ou FAUX, qui est équivalent au OUI ou au NON de l'homme. L'inventeur de la logique floue, Lotfi Zadeh, a observé que, contrairement aux ordinateurs, la prise de décision humaine comprend un éventail de possibilités entre OUI et NON, tels que : certainement oui, peut être oui, ne peut pas dire, peut être non, certainement non[27].

La logique floue fonctionne sur les niveaux de possibilités d'entrée pour atteindre la sortie définie. Cette logique ne consiste pas à être précis dans les affirmations, mais au contraire répondre à des propositions vagues, nécessitant une certaine incertitude. Par exemple, en logique classique, à la question : Est ce que cette personne est grande On ne peut répondre que par vrai, si c'est le cas, ou faux dans le cas contraire. Avec la logique floue, on peut représenter les cas où la personne est très petite, moyennement petite, normale, pas très grande, grande..etc

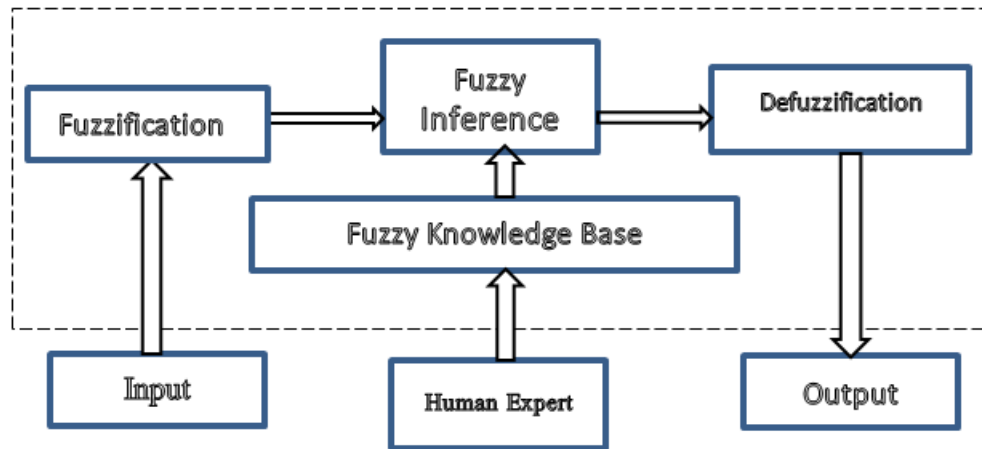


FIGURE 2.1 – Architecture d'un système d'inférence floue (SIF).

– **Les systèmes d'inférence floue (SIF)** : sont une des applications les plus courantes de la logique floue. Ils implémentent des concepts, sous la forme de variables linguistiques, ainsi qu'un raisonnement déductif, à l'aide de règles floues. La première génération de SIF Mamdani en 1975[28], s'appuyait sur la capacité de la logique floue à modéliser le langage naturel. Puis, une deuxième approche Takagi, Sugeno en 1985 [29] a proposé des algorithmes d'apprentissage automatique à partir des données. Les SIF sont composés généralement de quatre éléments principaux : Fuzzification, Base de règles, Inférence et Défuzzification dans laquelle la fuzzification consiste à transformer les valeurs réels en valeurs floues, en suite on a la base de règles, elle constitue un ensemble d'expressions symboliques formalisées auprès d'une connaissance d'expert. Une règle indique que, si une condition est présente dans le fonctionnement du système alors une décision est nécessaire pour mettre le système dans l'état de fonctionnement désiré, et est de type : Si condition Alors conséquence, en plus d'inférence qui est le cœur d'un SIF, il permet de calculer l'ensemble flou associé au système à l'aide de l'implication floue et des règles d'inférence dans la logique floue, en fin la défuzzification c'est l'inverse de fuzzification elle transforme les valeurs floues en valeurs réels.

– **Les ensembles flous** : Mathématiquement, un ensemble flou A d'un univers de discours U , est caractérisé par une fonction d'appartenance, notée μ_A , à valeur dans l'intervalle $[0, 1]$ et qui associe à chaque élément x de U un degré d'appartenance $\mu_{A(x)}$ indiquant le niveau d'appartenance de x à A . $\mu_{A(x)} = 1$ et $\mu_{A(x)} = 0$ correspondent respectivement à l'appartenance et la non appartenance. L'univers de discours ou le référentiel est l'ensemble des valeurs réelles que peut prendre la variable floue x . [30]

– **Logique floue vs logique classique** : Dans la logique classique, les variables générées sont Booléennes. C'est à dire qu'elles ne prennent que deux valeurs 0 ou 1. La logique floue a pour but de raisonner à partir des connaissances imparfaites qui opposent résistance à la logique classique. Pour cela la logique floue se propose de remplacer les variables booléennes par des variables flous. [31]

2.4 Types de la logique floue

Il existe deux type pour la logique floue, dans la section suivante on va les détailler.

2.4.1 Système logique floue type 1

L'une des méthodes les plus appréciées de manipulation de l'information linguistique est d'utiliser FLS (Fuzzy logic systems) basé sur les règles If-Then, une méthode qui peut être facilement utilisé pour développer des modèles et contrôler des algorithmes dans loin plus proche de la perception humaine et la pensée. Il existe également des solutions de rechange à l'utilisation de systèmes fondés sur des règles impliquant des approches arithmétiques utilisant le principe d'extension [32]. Pour énoncer les énoncés logiques requis, ce principe redéfinit les opérations algébriques communes telles que l'addition, la multiplication, entre autres dans le domaine des ensembles flous. Parfois, il est difficile de définir les règles If-Then à l'aide d'opérations algébriques compactes. Néanmoins, cette approche est particulièrement utile dans les situations où le problème a une haute dimensionnalité, c'est-à-dire nombre de règles existantes utilisées pour décrire le système est si élevé qu'il peut un processus informatiquement inefficace. Un FLS (fuzzy logic system) basé sur les FS (fuzzy systems) de type 1 se compose de quatre éléments principaux suivants : Fuzzification, Base de règles, Inférence, Défuzzification.

A) Fuzzification Elle transforme toute variable numérique d'entrée en variable floue Cette phase consiste à convertir les données d'entrée nettes en valeurs floues à l'aide des fonctions d'appartenance. Ceci est réalisé par fuzzifier composant du système logique floue. Tout d'abord, un ensemble croustillant (sous-ensemble des éléments de l'ensemble, certainement appartiennent à l'ensemble), des données d'entrée sont recueillies et converti en un ensemble flou (ensembles dont les éléments ont des degrés d'appartenance) en utilisant des variables linguistiques floues, des termes linguistiques flous et des fonctions d'appartenance. Cette étape est connue sous le nom de fuzzification.[33] En général on introduit pour une variable linguistique cinq ensembles flous représentés par des fonctions d'appartenances est illustré figure suivante pour une seule variable de x , avec les fonctions d'appartenance triangulaire. Le choix du nombre d'ensembles dépend de la solution et de l'intervention du réglage désirée.[33] Les valeurs linguistique correspondantes sont caractérisées par des symboles tel que :

- NG : négative grande.
- NM : négative moyenne.
- EZ : environ zéro.
- PM : positive moyenne.
- PG : positive grande.

– **Définition des fonctions d'appartenance** : L'ensemble flou est défini par sa fonction d'appartenance, qui correspond à la notion de fonction caractéristique en logique classique et permet de mesurer le degré d'appartenance d'un élément à un ensemble flou. D'une manière générale, la fonction d'appartenance des ensembles flous est représentée par $\mu_{A(x)}$. Le paramètre x est lié à la variable caractéristique, et l'indice A représente l'ensemble lié. Les fonctions d'appartenance peuvent avoir différentes formes :[33]

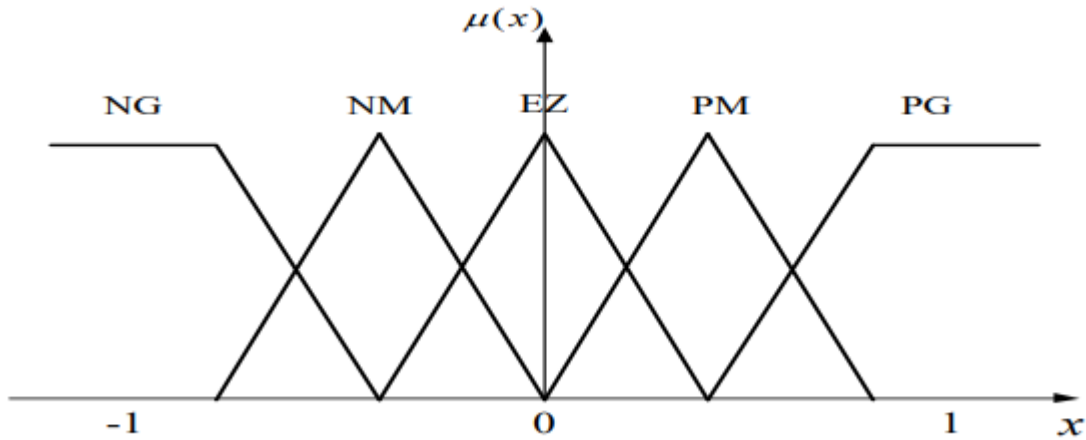


FIGURE 2.2 – Exemple d'une fonctions d'appartenance.

1. **Fonction triangulaire** : Elle est définie par trois paramètres a, b, c qui déterminent les coordonnées des trois sommets.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{si } x \in [a, b] \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{si } x \in [b, c] \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (2.1)$$

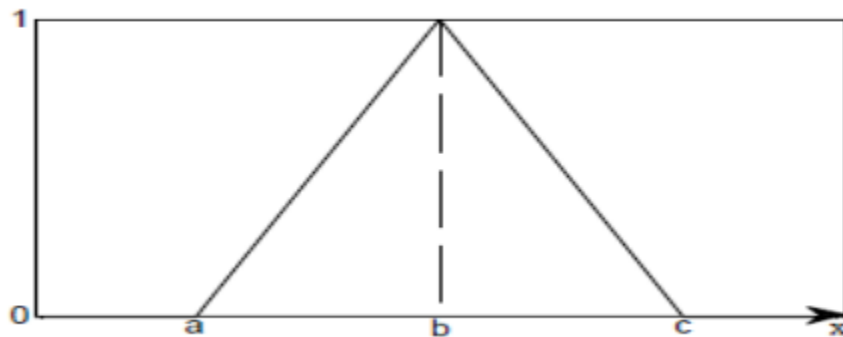


FIGURE 2.3 – Représentation de la fonction triangulaire.

2. **Fonction gaussienne** : elle est définie par deux paramètres m, s

$$\mu_A(x) = \exp\left(-\left(\frac{x-m}{2s}\right)^2\right) \quad (2.2)$$

– Ou m : Centre de la gaussienne. – et s : Sa largeur.

3. **Fonction trapézoïdale** : Elle est définie par quatre paramètres a, b, c, d

$$\mu_x = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-d}\right), 0\right) \quad (2.3)$$

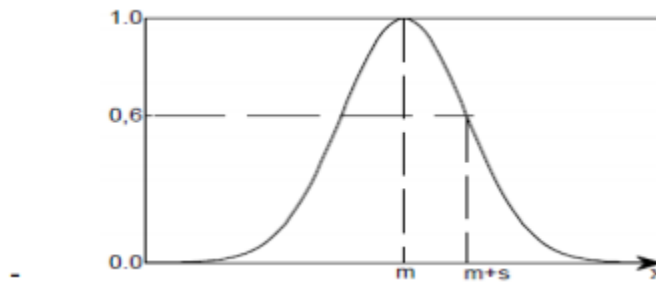


FIGURE 2.4 – Représentation de la fonction gaussienne.

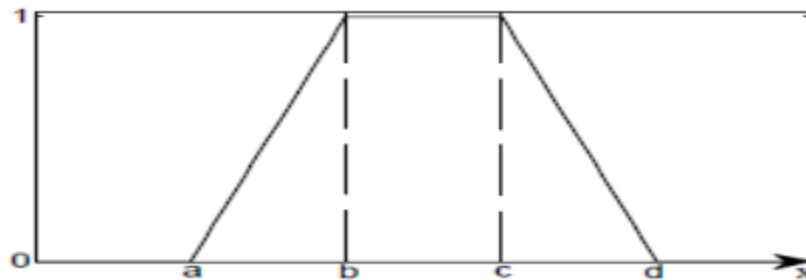


FIGURE 2.5 – Représentation de la fonction trapézoïdale.

B) Base de règle

Les règles floues permettent d'exprimer sous forme linguistique les variables d'entrée aux variables de commande du système. La littérature nous donne quelques méthodes qui peuvent être mises en oeuvre pour recueillir ces règles [34].

La base de règles floues, ou base de connaissances, contient des règles floues décrivant le comportement du système, elle est le cœur du système entier dans le sens où tous les autres composants sont utilisés pour interpréter et combiner ces règles afin de former le système final. Ces règles peuvent être fournies par un expert ou peuvent être extraites de données numériques. [35] Dans les deux cas, les règles prennent la forme « SI prémisse ALORS conclusion », deux types de règles peuvent être exprimées comme suit :

- **Règle de Mamdani** : Si x_1 est positif grand" et x_2 est zéro environ" alors u est négatif grand".
- **Règle de Takagi-Sugeno** : Si x_1 est positif grand" et x_2 est zéro environ" alors $u = f(x_1 ; x_2)$.

Où x_1 et x_2 représentent les variables d'entrée.

u : est appelée fonction d'appartenance.

f : est une fonction réelle quelconque.

C) Mécanisme d'inférence Consiste à calculer les valeurs de vérité des différentes règles et à associer à chacune d'elle une valeur de sortie qui dépend de sa partie conclusion. L'utilisation des opérateurs et ou et l'implication dans les règles floues, tels qu'ils sont définis par les fonctions élémentaires (min, max, produit), et la combinaison de ces différentes fonctions conduit à plusieurs méthodes d'inférence.[33]

Le moteur d'inférence floue transforme, à l'aide des techniques de raisonnement flou, la partie floue issue de la fuzzification en une nouvelle partie floue afin de définir l'ensemble flou caractérisant la commande. En fait, le

mécanisme d'inférence combine les règles floues pour effectuer une transformation à partir des ensembles flous dans l'espace d'entrée vers des ensembles flous dans l'espace de sortie[33]. Il existe plusieurs méthodes d'inférence utilisées, parmi elles on cite :Méthode d'inférence Max-Min (contrôleur de type Mamdani), Méthode d'inférence Max-Prod (contrôleur de type Larsen), Méthode d'inférence Sugeno.

- **Méthode d'inférence max-min (méthode de Mamdani)** : Afin de mettre en évidence le traitement numérique des inférences, on fera appel à un cas de deux variables d'entrée x_1 et x_2 et la commande u . chacune est composée de deux ensembles EZ (environ zéro) et P (positive). La figure suivante représente graphiquement le principe de la méthode d'inférence max-min, dans cet exemple, les conditions présentes des entrées sont les suivantes [34] :

$$x_1 = 0, x_2 = 0.4.$$

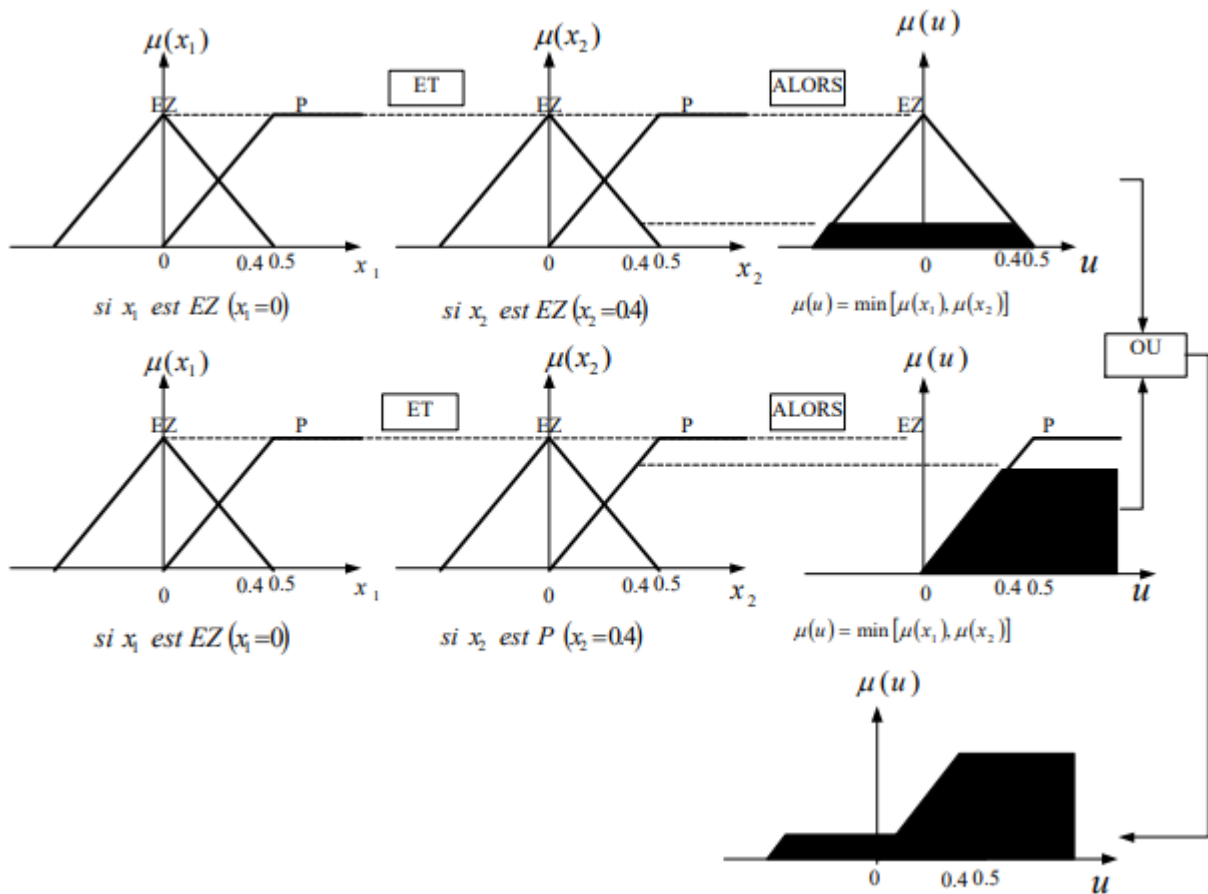


FIGURE 2.6 – Méthode d'inférence max-min pour deux variables d'entrée et deux règles.

- **Méthode d'inférence Max-Prod (contrôleur de type Larsen)** : la méthode d'inférence max-produit est réalisée, au niveau de la condition, l'opérateur « ET » par la formation du produit. La condition dans chaque règle, introduite par « ALORS » est réalisée par la formation du produit. L'opérateur « OU », qui lie les différentes règles, est réalisé par la formation du maximum.[34]
- **Méthode d'inférence Sugeno** : Sugeno a proposé une méthode d'inférence floue qui garantit la

continuité de la sortie . Cette méthode d'inférence s'avère très efficace dans des applications faisant intervenir à la fois des techniques linéaires, d'optimisation et adaptatives[37]. Dans l'inférence de Sugeno, les règles floues sont exprimées de la façon suivante :

$$\text{Rgle } i : \text{Si } (x_1 \text{ est } A_{i1}) \text{ et } \dots \text{ et } (X_m \text{ est } A_{im}); \text{ alors } y = fi(x_1, \dots, X_m). \quad (2.4)$$

Dans laquelle X_1, \dots, X_m et y sont des éléments des univers du discours X_1, \dots, X_m et A_{i1}, \dots, A_{im} sont des termes linguistiques sur ces mêmes univers du discours. y est une fonction de x_1, \dots, X_m . Par rapport à l'inférence de Sugeno, celle de Mamdani est plus intuitive, plus générale et elle s'adapte particulièrement bien à l'utilisation de connaissances issues d'une expertise humaine.[35]

D) Défuzzification

La défuzzification consiste à calculer, à partir de l'ensemble flou de la sortie, la valeur numérique la plus représentative de ce dernier. Plusieurs méthodes sont proposées dans la littérature [37], c'est à dire le passage d'un résultat linguistique à un résultat chiffré. Le résultat de l'inférence en utilisant une des méthodes d'implication floue, comme Max-min, est une valeur floue. Cette information ne peut être utilisée directement. Une transformation doit être prévue à la sortie du bloc d'inférence pour la convertir en grandeur fixe, cette transformation étant connue par le terme défuzzification (concrétisation).[38] Plusieurs méthodes de défuzzification existent en logique floue, les plus utilisées sont les deux suivant :

1. **La méthode du calcul de maximum** : dans cette méthode, la valeur de sortie est estimée par l'abscisse du point correspondant au centre de l'intervalle pour lequel la fonction d'appartenance est maximale.[38]

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n h_a(x_i) * x_i}{\sum_{i=1}^n h_a(x_i)} \quad (2.5)$$

2. **La méthode du centre de gravité** : la défuzzification par centre de gravité consiste à calculer l'abscisse du centre de gravité de la fonction d'appartenance comme suit. [39]

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n x_i v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (2.6)$$

2.4.2 Systèmes logique floue type 2

Un système flou est dit de type 2, s'il inclut au moins un ensemble flou type 2 dans les fonctions d'appartenance définissant ses prémisses ou ses conséquences. L'inférence floue, dans ce type de système, conduit à l'obtention d'ensembles flous de sortie de type 2. La structure d'un système flou type 2 est très similaire à celle d'un système flou type 1. Elle comporte un bloc de fuzzification, une base de règles et un mécanisme d'inférence. La seule différence est au niveau de la sortie. Dans le cas du type 2, le bloc de défuzzification est précédé d'un bloc réduction de type (figure 2.9)[39].



FIGURE 2.7 – méthode du centre de gravité.

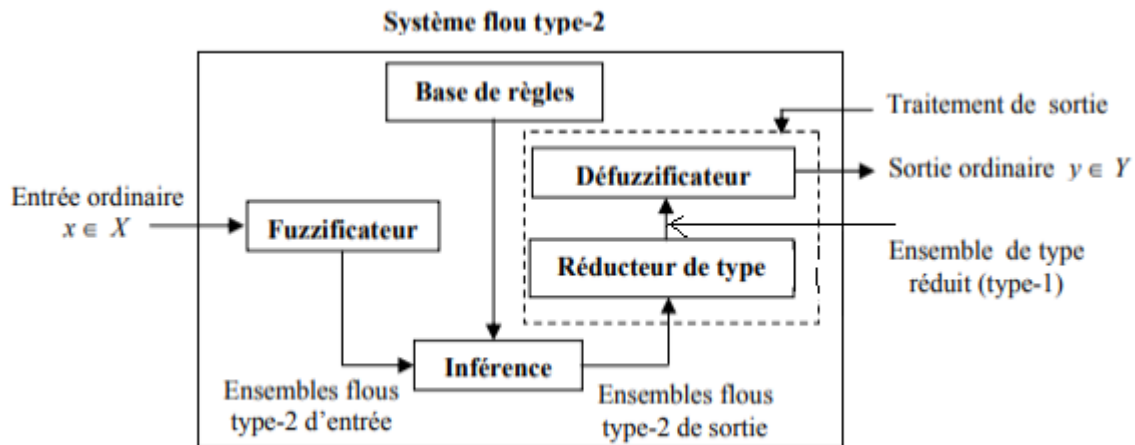


FIGURE 2.8 – Structure générale d'un système flou type 2.

1. Fuzzification

Contrairement à la fonction d'appartenance type 1, La fonction d'appartenance type-2 donne plusieurs degrés d'appartenance (ou dimensions) pour chaque entrée. Par conséquent, l'incertitude sera mieux représentée. Cette représentation va nous permettre de tenir compte de ce qui a été négligé par le type 1.[40]

Les fonctions d'appartenance : Les bases de la logique floue ne changent pas d'ensembles flous de type 1 à type 2, et en général, ne changeront pour aucun type n. si le nombre de type plus élevé il modifie la nature des fonctions d'appartenance, les opérations qui dépendent des fonctions d'appartenance changent, si on appelle MF de type 1 « primaire MF » alors on appelle MF de type 2 « secondaire MF ». Le FL de type 2 peut également être représenté sur la base de triangulaires, gaussiens, trapézoïdaux. [40]

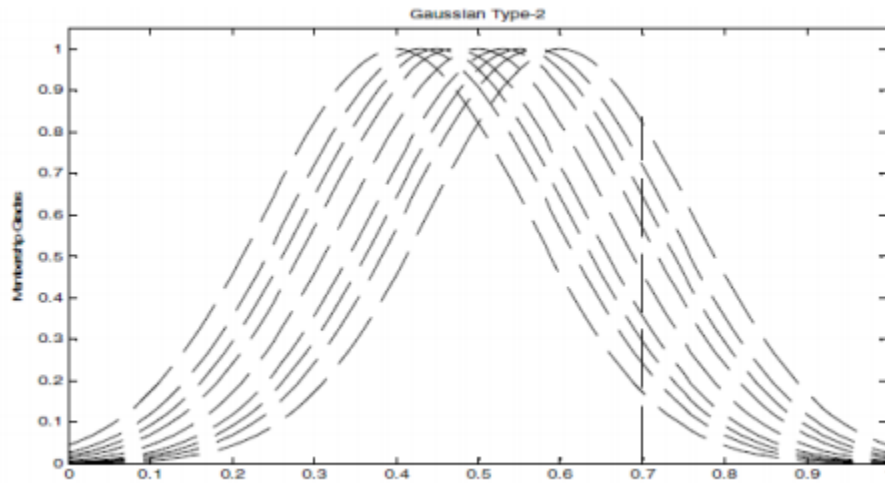


FIGURE 2.9 – forme gaussienne type 2.

Fonction d'appartenance gaussienne :

$$\mu_2(x, \mu_1) = \exp\left(-\frac{1}{2}(\mu_1 - m(x)/\sigma m)^2\right) \mu_1 \in [0, 1] \quad (2.7)$$

2. Base de règle : La structure des règles floues de type 2 est la même que pour le cas de type 1 parce que la distinction entre le type 2 et le type 1 est associée à la nature des fonctions d'appartenance. Par conséquent, la seule différence est que maintenant certains ou tous les ensembles flous impliqués dans les règles sont de type 2. Dans un système flou de type 1, où les ensembles de sortie sont des ensembles flous de type 1, nous effectuons la défuzzification afin d'obtenir un nombre, qui est en quelque sorte un croustillant (type-0) représentatif des ensembles de sortie combinés. Dans le cas de type 2, les ensembles de sortie sont de type 2.[32]

si x_1 est \tilde{F}_1^j and x_2 est \tilde{F}_2^j and x_n in \tilde{F}_n^j , alors $y = \tilde{G}^j$

Où $x_i (i = 1, \dots, n)$ sont les entrées du système flou, F_i^j est l'ensemble flou de type-2 correspondant à l'entrée x_i , G^j est un singleton de type 2 et y est la sortie. Il n'est pas nécessaire que toutes les fonctions d'appartenance des prémisses et des conséquences soient de type 2. Il suffit qu'une seule fonction d'appartenance dans une prémisse ou dans une conséquence soit de type 2 pour que tout le système soit de type 2.

3. Inférence

Les méthodes inférence pour FL type 2 le même pour le FL type1, la seule différence est que le type 2 les valeurs d'entrée et les valeurs de sortie sont des ensembles \tilde{A} donc elle utilise les fonctions d'appartenance supérieures et inférieures pour l'efficacité de ces méthodes. nous donnons un exemple par la méthode d'inférence Max-Min parmi les méthodes les plus utilisées :[41]

– **Méthode d'inférence Max-Min :** cette méthode réalise l'opérateur "ET" par la fonction "Min", la conclusion "ALORS" de chaque règle par la fonction "Min" et la liaison entre toutes les règles (opérateur "OU") par la fonction Max. [42]

4. Le module de traitement de la sortie

– **Réduction de type :** Dans un système flou type 1, où les ensembles de sortie sont des ensembles

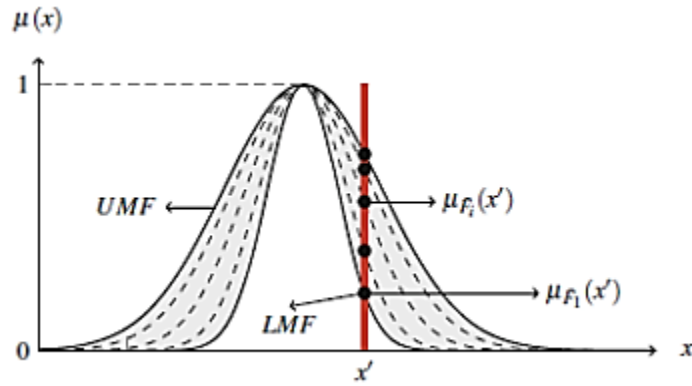


FIGURE 2.10 – Empreinte d’incertitude et fonctions d’appartenance supérieures et inférieures.

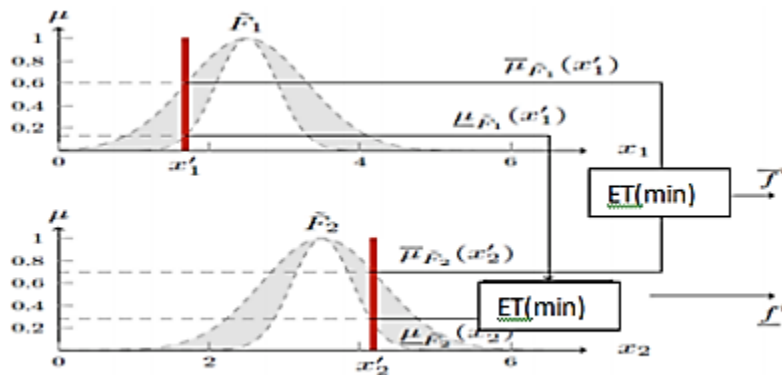


FIGURE 2.11 – fonctions d’appartenance supérieures et inférieures pour opérateur « ET » .

floos type 1, nous effectuons la défuzzification dans le but d’obtenir une valeur numérique (ensemble type 0) représentant la combinaison des ensembles de sortie.

Dans le cas du type 2, les ensembles de sortie sont des ensembles de type 2; donc nous devons utiliser des versions étendues des méthodes de défuzzification de type 1 appelées la réduction de type [43]. Cette opération va transformer l’ensemble flou type 2 résultant en un ensemble flou type 1 appelé ensemble type réduit, qui sera défuzzifié par la suite. Cet ensemble type réduit résultant prend en considération plus d’information au sujet des incertitudes des règles que la valeur défuzzifiée (un nombre).

Parmi les méthodes de réduction de type utilisées on cite :

- La réduction de type par le centre de gravité.
- La réduction de type par la hauteur.
- La réduction de type par le centre des ensembles.

5. Défuzzification

Dans le cas des systèmes flous type 2, l’opération de defuzzification étendue permet d’obtenir, dans un premier temps, un ensemble flou de type 1. Cette opération qui transforme un ensemble flou type 2 à un ensemble flou type 1 s’appelle réduction de type. On appelle l’ensemble flou type 1 résultant : ensemble de type réduit. Enfin, l’ensemble flou de type réduit doit être defuzzifié pour obtenir un nombre ordinaire.

2.5 Logique floue vs deep learning

Les réseaux neuronaux et les systèmes flous sont des cadres numériques utilisés pour estimer les fonctions de sortie des entrées sans modèle mathématique sous-jacent de la façon dont les entrées se rapportent aux extrants. En ce sens, ils sont des estimateurs sans modèle. Les deux s'est avéré être des approches universelles pour les toute fonction non linéaire à n'importe quel degré de précision .

Les réseaux neuronaux excellent dans l'apprentissage et l'adaptation dans des scénarios d'incertitude. Il n'est donc pas surprenant que l'apprentissage profond soit devenu peut-être la branche la plus importante de l'IA en raison de sa capacité sans précédent d'apprentissage des données d'une manière non supervisée et de superbes résultats dans les tâches de classification et d'estimation. Cependant, en raison de la grande complexité de certaines architectures réseau et de la grande quantité de données nécessaires à la formation, il est très difficile de comprendre ce qui est appris ou même pourquoi certains systèmes fonctionnent. En effet, une grande quantité de recherches actuelles en deep learning cherche à comprendre ce que sont les réseaux apprentissage. En bref, les réseaux neuronaux peuvent faire des travaux étonnants au prix de connaissances inaccessibles.

La logique floue, au contraire, est tout au sujet de la représentation de connaissance. Il est très clair ce qui est appris et représenté car toutes les connaissances sont codées dans les règles du système flou. Il n'y a pas de mystère majeur quant à la raison pour laquelle les systèmes flous fonctionnent. Et ces systèmes peuvent également fonctionner dans l'incertitude et ne nécessitent presque pas de données, en plus de quelques exemples ou de bon sens pour tirer la forme des règles.

Dans le cas où le nombre d'entrées dans un système logique flou est nettement inférieur au nombre de sorties, puis le système imite le comportement d'un espace latent, en ce sens que ses règles, qui ne dépendent que de quelques entrées, sont une représentation compacte de la dynamique des nombreux paramètres de sortie. Cependant, la principale différence avec les espaces latents typiques que l'on peut trouver dans les codeurs automatiques et d'autres types de réseaux neuronaux est que cet espace latent flou est construit sur la base de règles simples et il n'est pas déduit ou appris à partir de données. En d'autres termes, il s'agit d'un espace latent bien compris et totalement déterminé.

Les systèmes flous offrent de belles opportunités pour les applications créatives, car ils sont capables d'imiter certaines caractéristiques de raisonnement humain. Le calcul parallèle des règles floues réduit généralement le temps de calcul par rapport aux techniques traditionnelles d'apprentissage profond ou aux approches mathématiques. Les connaissances sont codées en utilisant des règles floues qui peuvent facilement être spécifiées sous forme d'énoncés IF THEN, avec des termes linguistiques simples, en utilisant le bon sens, et elles peuvent être facilement ajustées.[44]

2.6 Conclusion

D'un point de vue mathématique, un système flou définit une relation non linéaire d'un espace d'entrée vers un espace de sortie, et d'un point de vue logique, un système flou est une machine de prise de décision composée de quatre parties essentielles : la fuzzification, base de règle, l'inférence floue et la défuzzification.

L'architecture d'un système flou est déterminée par une meilleure compréhension des ensembles flous et des opérateurs flous. Nous avons constaté qu'il n'existe pas un seul type de système flou, mais il y en a deux types (Type1 et Type2). Un utilisateur des systèmes flous doit décider sur la méthode de défuzzification, le type des fonctions d'appartenance, le type des règles floues, la méthode du raisonnement flou et la stratégie de défuzzification. Parmi les avantages de la logique floue on trouve que nous n'avons pas besoin d'établir le modèle mathématique. Cela évite des années de travail sur ces modèles mathématiques, aussi l'ajout ou le retrait des règles ne change quasiment rien au principe de la logique Floue, alors qu'en logique bivalente (logique classique), cela peut changer du tout au tout, plus on peut augmenter facilement le nombre d'entrées sans réellement compliquer les calculs (alors qu'en logique simple la taille des calculs est exponentielle).

Dans le chapitre suivant nous présentons les méthodes FCM (Fuzzy c Means) et la théorie approximative des ensembles (Rough set theory) pour la construction des règles d'inférence et les fonctions d'appartenance.

Évaluation de la qualité d'expérience basé sur la logique floue

3.1 Introduction

La logique floue a prouvé leur efficacité pour estimer et mesurer la qualité audiovisuelle. La conception du système flou nécessite un grand nombre de tests pratiques afin de collecter des différentes données et analyser pour déterminer les fonctions d'appartenance du système flou, malheureusement ce processus se fait manuellement, mais il existe des moyens pour le rendre automatique comme la méthode FCM (Fuzzy c Means), c'est une méthode du clustering qui permet de définir le nombre des règle à utilisées ainsi que les fonction d'appartenance. Il existe également des travaux pour évaluer la qualité à l'aide de la logique floue. Dans ce chapitre nous avons abordé certain de ces travaux ainsi que la méthode utilisé (FCM).

3.2 Méthode Fuzzy C means (FCM)

Fuzzy C-Means (FCM) est une méthode de regroupement qui permet à un élément de données d'appartenir à deux clusters ou plus. Cette méthode a été développée par Dunn [45] en 1973 et améliorée par Bezdek[46] en 1981. L'algorithme FCM (Fuzzy C-Means) est l'un des algorithmes de clustering flou les plus populaires.

Définition du Fuzzy C Mean

Soit $X = x_1, \dots, x_j, \dots, x_n$ l'ensemble de n objets et $V = v_1, \dots, v_i, \dots, v_c$ est l'ensemble des centroïdes c, où $x_j \in \mathbb{R}^m$ et $v_i \in \mathbb{R}^m$. Les c-moyens flous fournissent une fuzzification des c-moyens durs. Il partitionne X en clusters c en minimisant la fonction objective.[47]

$$J = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{i,j})_1^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (3.1)$$

où $1 \leq m < \infty$ est le fuzzifiant, v_i est le ième centroïde correspondant à le clustre β_i , $\mu_{i,j} \in [0, 1]$ est l'appartenance probabiliste du modèle x_j au groupe β_i , et $\|\cdot\|$ est la norme de distance, telle que :

$$v_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^n (\mu_{i,j})_1^m x_j; \text{ où } n_i = \sum_{j=1}^n (\mu_{i,j})_1^m \quad (3.2)$$

$$\mu_{i,j} = \left(\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{i,j}}{d_{k,j}} \right)^{\frac{2}{m_1-1}} \right)^{-1}; d_{i,j}^2 = \|x_j - v_i\|^2; \text{ sujet à } \sum_{i=1}^c \mu_{i,j} = 1, \forall j, 0 < \sum_{j=1}^n \mu_{i,j} < n, \forall i \quad (3.3)$$

Le processus commence par le choix aléatoire d'objets c comme centroïdes (moyennes) des clusters c . Les appartenances sont calculées en fonction de la distance relative de l'objet x_j aux centroïdes v_i par l'équation (3.3). Après avoir calculé les appartenances de tous les objets, les nouveaux centroïdes des clusters sont calculés selon l'équation (3.2). Le processus s'arrête lorsque les centroïdes se stabilisent. Autrement dit, les centroïdes de l'itération précédente sont identiques à ceux générés dans l'itération actuelle. Les étapes de base sont décrites comme suit :

- 1 Attribuer les moyens initiaux $v_i, i = 1, 2, \dots, c$. Choisissez les valeurs pour m_1 et le seuil ϵ . Définissez le compteur d'itération $t = 1$.
- 2 Calculer les appartenances $\mu_{i,j}$ par l'équation (3.3) pour les clusters c et n objets.
- 3 Mettre à jour la moyenne (centroïde) v_i par l'équation 3.2.
- 4 Répétez les étapes 2 à 4, en incrémentant t , jusqu'à ce que $|\mu_{i,j}(t) - \mu_{i,j}(t-1)| > \epsilon$.

Dans les c -moyennes floues, les appartenances d'un objet sont inversement liées à la distance relative de l'objet aux centroïdes de cluster. En effet, il est très sensible au bruit et aux valeurs aberrantes. En outre, à partir du point de vue de la compatibilité avec le centroïde, les appartenances d'un objet x_j dans un cluster β_i devraient être déterminées uniquement par sa proximité avec la moyenne (centroïde) v_i de la classe, et ne devraient pas être couplées à sa similitude par rapport aux autres classes. Pour atténuer ce problème, Krishnapuram et Keller ont introduit un algorithme c -means possibiliste, où la fonction objective peut être formulée comme suit :

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (v_{i,j})_2^m \|x_j - v_i\|^2 + \sum_{i=1}^c n_i \sum_{j=1}^n (1 - v_{i,j})^2 \quad (3.4)$$

où $1 \leq m_2 < \infty$ est le fuzzifier et n_i représente le paramètre d'échelle. La matrice d'appartenance v générée par les c -moyens possibilistes n'est pas une matrice de partition en ce sens qu'elle ne satisfait pas à la contrainte.

$$\sum_{i=1}^c (v_{i,j} = 1) \quad (3.5)$$

L'équation de mise à jour de $v_{i,j}$ est donnée par :

$$v_{i,j} = \frac{1}{1 + D} \quad \text{Où } D = \left\{ \frac{\|x_j - v_i\|^2}{n_i} \right\}^{\frac{1}{(m_2-1)}} \quad (3.6)$$

sujet à

$$v_{i,j} \in [0, 1] \forall i, j, 0 < \sum_{j=1}^n v_{i,j} \leq n, \forall i; \text{ et } \max_i v_{i,j} > 0, \forall j \quad (3.7)$$

Le paramètre d'échelle n_i représente la zone d'influence du cluster β_i . L'équation de mise à jour pour n_i est

$$n_i = k \cdot \frac{P}{Q} \quad \text{Où } P = \sum_{j=1}^n (v_{i,j})_2^m \|x_j - v_i\|^2; \text{ et } Q = \sum_{j=1}^n (v_{i,j})_2^m \quad (3.8)$$

Typiquement, k est choisi pour être 1. Dans chaque itération, la valeur mise à jour de $v_{i,j}$ dépend uniquement de la similitude entre l'objet x_j et le centroïde v_i . La partition résultante des données peut être

interprétée comme une partition possible, et les valeurs d'appartenance peuvent être interprétées comme des degrés de possibilité des objets appartenant aux classes, c'est à dire les compatibilités des objets avec les moyennes (centroïdes). La mise à jour des moyennes se déroule exactement de la même manière que dans le cas de l'algorithme fuzzy c means.[47]

3.2.1 Les avantages de l'algorithme FCM sont :

- Il peut être utilisé comme un algorithme non supervisé.
- Il peut être utilisé pour générer des fonctions d'appartenance multidimensionnelles.

La forme des fonctions d'appartenance peut être contrôlée en utilisant différents types de mesures de distance.

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^c u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad (3.9)$$

Où m est un nombre réel supérieur à 1, il a été défini sur 2,00 par Bezdek [46].

3.3 Travaux qui utilisent la logique floue pour l'évaluation de la qualité :

3.3.1 Un système de logique floue pour évaluer la qualité de Expérience des applications haptiques

Dans l'étude [48] ils ont proposé une taxonomie pour mesurer la qualité de l'expérience des applications de réalité virtuelle (VR). De plus, la taxonomie est modélisée à l'aide d'un système d'inférence logique floue (FIS) pour mesurer quantitativement la QoE d'un environnement virtuel haptique. Enfin, le modèle proposé est testé à l'aide du système Mamdani. La simulation et l'analyse d'utilisabilité ont démontré que le modèle proposé reflète plus précisément l'estimation de l'utilisateur pour les applications et est donc capable de mesurer la qualité d'expérience globale (QoE) d'une application haptique.

Nous expliquerons ce travail en détail dans les sections suivantes : La technologie haptique a changé la façon dont les humains interagissent avec les ordinateurs. L'intégration du sens du toucher dans les environnements virtuels a ouvert une nouvelle trajectoire d'applications interactives allant des simulations médicales et de la réadaptation aux jeux vidéo plus réalistes. La qualité de l'expérience (QoE) est un sujet de recherche en évolution qui s'intéresse à l'évaluation des environnements virtuels. La QoE mesurée est un indicateur du niveau de perception et d'implication d'un utilisateur

1 Modèle de qualité d'expérience(QAV)

Dans cette section, nous décrivons brièvement le modèle QoE et la taxonomie utilisée pour incorporer les différents paramètres. Cette organisation de niveau supérieur, illustrée à la figure (Figure 3.1), reflète une taxonomie apparente pour l'évaluation des applications de la réalité virtuelle (RV) et est en même temps plus personnalisable en fonction des paramètres nécessaires à l'évaluation. Par exemple, les développeurs souhaitant évaluer uniquement la QoS de l'application peuvent ignorer la partie Expérience utilisateur.

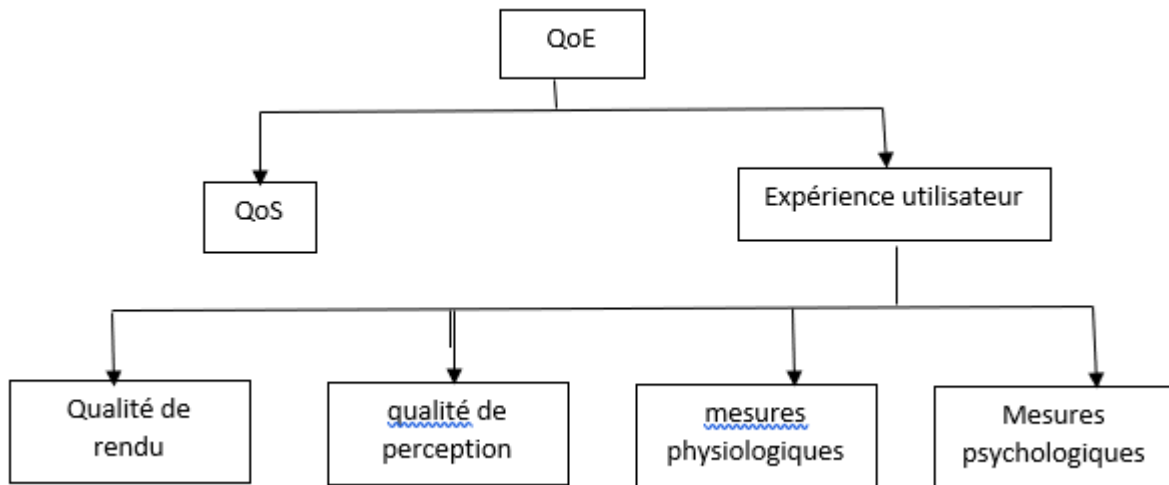


FIGURE 3.1 – Organisation de niveau supérieur du modèle QoE

2 Paramètres de qualité de service

Les paramètres QoS assurent le bon déroulement de l'application. La plupart des paramètres sont standard pour toute application en réseau, mais en regardant le tableau (3.2), nous pouvons remarquer que la synchronisation est divisée en deux parties : la synchronisation réseau et la synchronisation multimédia qui incluent la synchronisation des trois flux multimédias, graphisme, audio et haptique.

Temps de réponse
Latence/Retard
Prix
Débit / Bande passante
Vie privée
Sécurité
Disponibilité
Synchronisation: Synchronisation réseau (CVE) Synchronisation des médias (intramodale)
Gigue
Fiabilité
Erreur Magnitude Fréquence
Sécurité

FIGURE 3.2 – Paramètres de qualité de service

3 Expérience utilisateur

- **Mesures de perception** Comme illustré à la figure suivant(3.3), les mesures de perception reflètent la façon dont l'utilisateur perçoit l'application. Il s'agit d'une catégorie centrée sur l'utilisateur et pourrait être unique pour chaque utilisateur. En outre, il existe différents niveaux d'expérience parmi les utilisateurs. Alors qu'un certain groupe d'utilisateurs pourrait être très expérimenté avec les applications de réalité virtuelle et très habile à utiliser des appareils haptiques, d'autres peuvent être des utilisateurs novices et moins habiles. Cette variation du niveau d'expérience amènera les utilisateurs à avoir une perception différente de l'application.

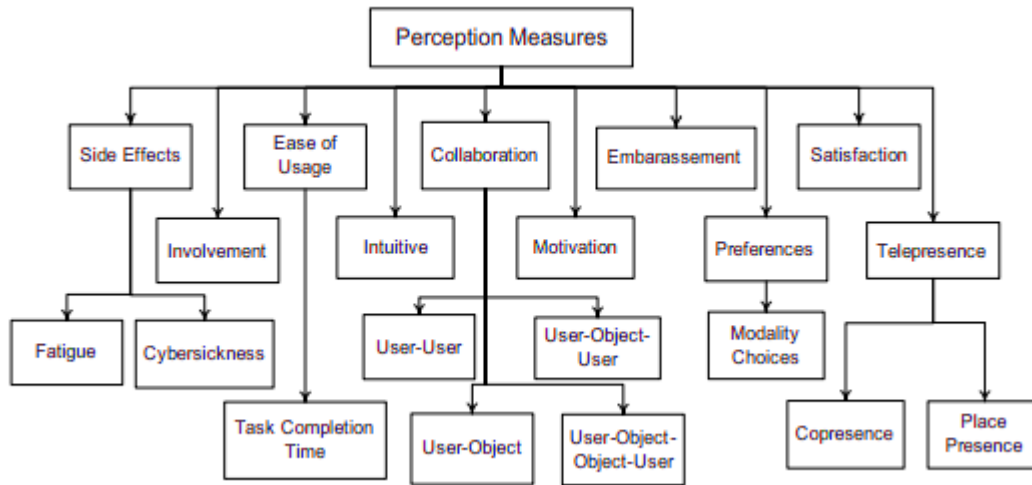


FIGURE 3.3 – Paramètres des mesures de perception

- Qualité de rendu

La qualité de rendu mesure la qualité des trois principales modalités, à savoir : graphiques, audio et haptiques. Chaque modalité est d'abord évaluée séparément et, éventuellement, les modalités mixtes et mixtes sont évaluées. Comme le voit la figure suivante(3.4), l'accent est mis sur la modalité haptique car elle a des exigences très strictes en termes de boucles de rétroaction qui pourraient affecter la stabilité et la transparence de l'application.

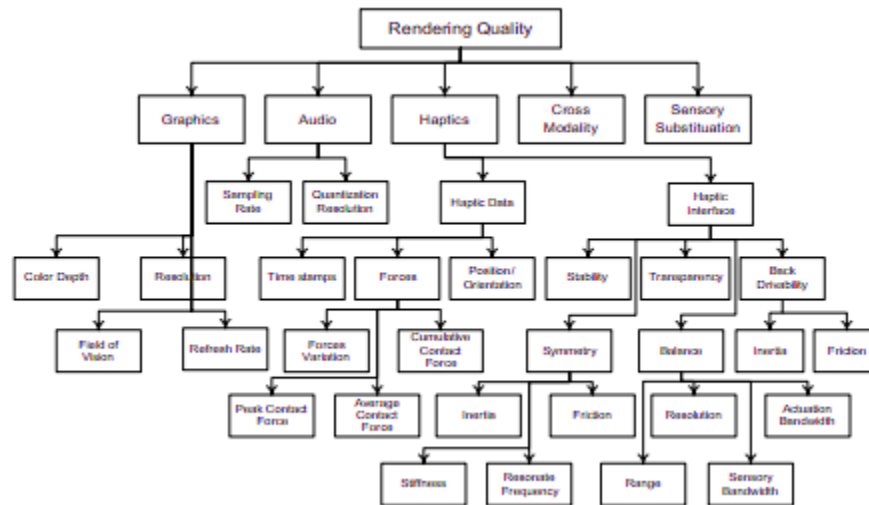


FIGURE 3.4 – Paramètres de qualité de rendu

- **Mesures physiologiques** Les mesures physiologiques sont des paramètres biologiques qui sont mesurés directement à partir du corps de l'utilisateur pendant qu'il utilise l'application. Ces paramètres déterminent directement des facteurs tels que la cyberseaux, le stress et l'activité cérébrale (Figure 3.5)

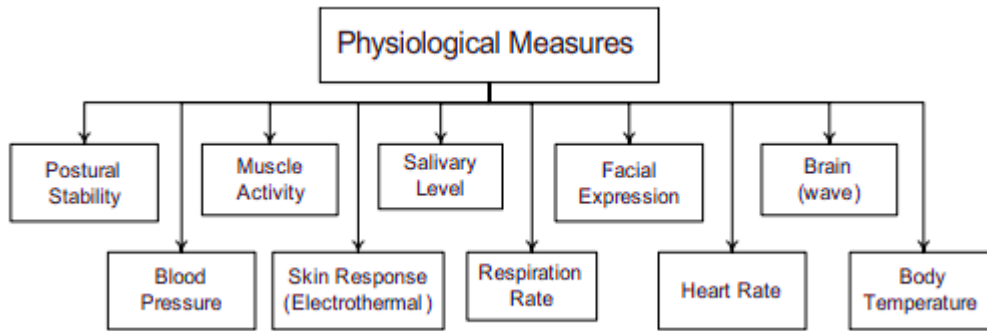


FIGURE 3.5 – Paramètres des mesures physiologiques

- **Mesures psychologiques** Contrairement aux mesures physiologiques, les mesures psychologiques reflètent le statut de l'utilisateur par l'observation mais pas par des mesures directes. Les mesures psychologiques sont présentées à la figure suivante(3.7).

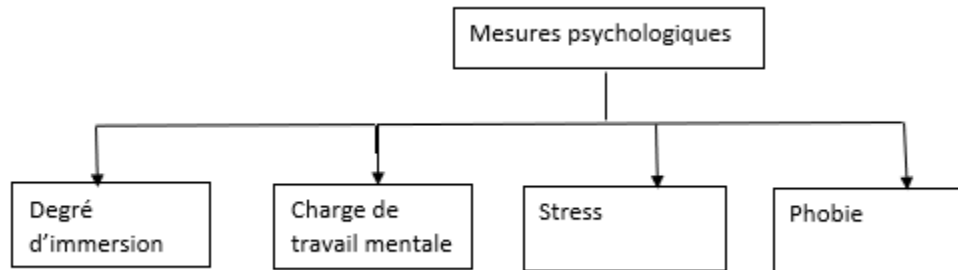


FIGURE 3.6 – Paramètres des mesures psychologiques

4 Système d'inférence floue (FIS)

Il a été observé que, mis à part la qualité de service et les mesures physiologiques, la plupart des paramètres QoE sont subjectifs et sont de nature floue. Par exemple, il n'y a pas de réponse claire pour savoir si l'utilisateur est stressé ou si l'application est facile à utiliser. Par conséquent, un système de logique floue est nécessaire pour mapper les entrées de logique floue à une sortie floue nette, ce qui est dans notre cas une valeur de qualité d'expérience. Le système varierait dans le nombre d'entrées fournies ainsi que leurs fonctions d'adhésion, selon le type de demande que nous essayons d'évaluer. Comme preuve de concept, ils ont sélectionné cinq paramètres pertinents pour une application particulière, nommée Balance Ball game , où l'utilisateur est immergé dans une application 3D. Les cinq paramètres servent d'entrée au FIS, comme décrit dans les sous-sections suivantes.

4.1 Construction du système d'inférence floue (conception d'entrée/sortie)

Les chercheurs dans [48] sont efforcés de diversifier l'entrée dans le système de logique floue, ils sélectionnent des paramètres dans plusieurs catégories. Chaque entrée a un type de fonction d'appartenance différent, en fonction de la propriété du paramètre. Les cinq fonctions d'appartenance sont présentées à la figure suivante et ont été sélectionnées selon le raisonnement suivant :

A) Synchronisation des médias (paramètre QoS) doit avoir une forme d'onde gaussienne avec un taux de désintégration élevé puisque la synchronisation ratée de différents médias peut entraîner une perte drastique de la perception des deux médias.

B) Fatigue (qualité de la perception) Il peut s'agir d'une simple fonction d'appartenance triangulaire puisque la fatigue est distribuée linéairement.

C) qualité de rendu (Rendu haptique) il peut s'agir d'une fonction trapézoïdale en raison du fait que la qualité du rendu haptique reste la même jusqu'à ce que nous atteignons un seuil (généralement appelé JND Just Noticed Difference) après quoi la qualité commence à se dégrader.

D) Degré d'immersion (mesures psychologiques) Fonction d'appartenance triangulaire linéaire car l'immersion est également distribuée linéairement en fonction de l'utilisateur.

E) Satisfaction de l'utilisateur (qualité de la perception) Il s'agit encore une fois d'une fonction d'appartenance gaussienne en raison de la distribution normale des mesures de satisfaction humaine.

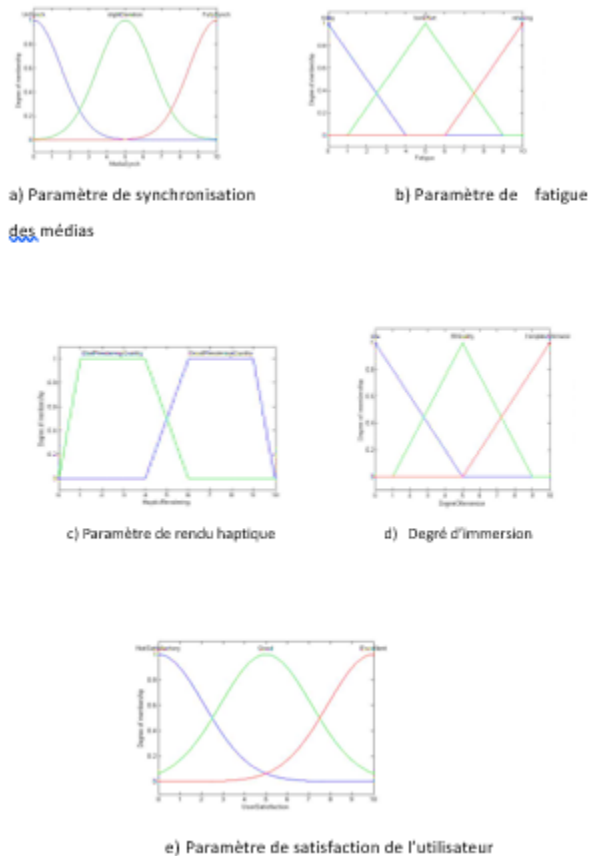


FIGURE 3.7 – Les cinq fonctions d'appartenance d'entrée

Les chercheurs dans [48] ont mis en oeuvre le modèle à l'aide du système d'inférence Mamdani bien connu et établi, illustré à la figure suivante. Le système Mamdani utilise une sortie défuzzifiée qui est basée sur les fonctions d'appartenance comme indiqué à la figure suivante. La fonction de sortie QoE est divisée en cinq fonctions d'appartenance, dans l'ordre croissant, elles sont : Intolérable, Inacceptable, Moyenne, Excellent et Parfait.

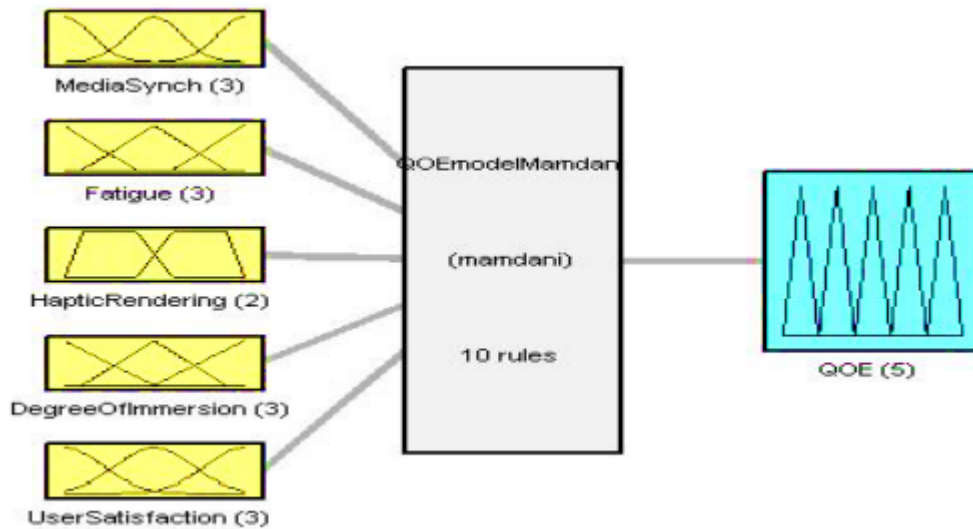


FIGURE 3.8 – Système d'inférence floue Mamdani

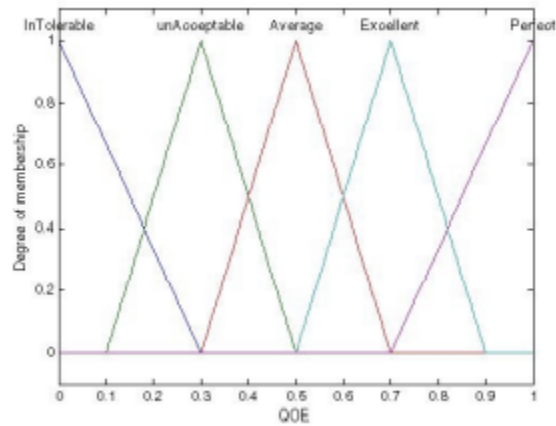


FIGURE 3.9 – Système d'inférence floue Mamdani

4.2 Sélection des règles

Certaines règles doivent être prises quelles que soient les autres valeurs des paramètres, car elles sont essentielles à la perception globale de l'application. D'autre part, des paramètres tels que la fatigue et l'immersion ont un effet opposé, à la qualité de l'application. Ces relations peuvent être formulées et ajoutées au système en tant que règles (voir tableau suivant). De plus, la synchronisation des médias et le rendu haptique ont également une relation particulière. La qualité du rendu haptique remédie à l'effet des mauvais médias synchronisation (si elle n'est pas synchronisée, la QoE est inacceptable sur la base de la règle précédente). De la même manière, une mauvaise qualité de rendu haptique peut être corrigée par une excellente synchronisation des médias. Un ensemble sélectionné de règles qui ont été utilisées dans le système Mamdani est affiché dans le tableau suivant.

Synchronisation des média	If media synchronization is unsynch then QoE is unacceptable
Satisfaction d'utilisateur	If user satisfaction is NotSatisfactory then QoE is unacceptable If user satisfaction is Excellent then QoE is Excellent
Composée	If Fatigue is tiring and Immersion is Complete then QoE is Average If Fatigue is Relaxing and Immersion is Low then QoE is Average If Fatigue is lowEffort and Immersion is 3DQuality then QoE is Excellent
Générale	If all inputs are minimum (bad) then QoE is InTolerable If all inputs are maximum (at best) then QoE is Perfec

FIGURE 3.10 – Sélection des règles

4.3 Test du système Fuzzy Logic

Pour tester le système, Les chercheurs dans [48] ont effectué des tests visuels et des tests basés sur des commandes dans MATLAB. Les tests visuels impliquaient l'exécution de la boîte à outils de logique floue MATLAB, appelée « visionneuse de règles ». La visionneuse de règles fournit une aide visuelle sur laquelle les règles sont sélectionnées et activées et leur effet sur la sortie. L'entrée peut être donnée en faisant glisser la ligne rouge sur l'entrée ou dans la zone de texte fournie en bas (Figure suivante). Les tests basés sur des commandes ont facilité le processus de test puisque ils ont la possibilité d'exécuter un script comme celui illustré à la figure suivante. Le script fixe toutes les entrées à neuf, à l'exception de la première entrée (synchronisation des médias) qui est incrémentée de un à dix. Par la suite, MATLAB affichera les résultats des dix valeurs QoE correspondant à chaque valeur de synchronisation de média.

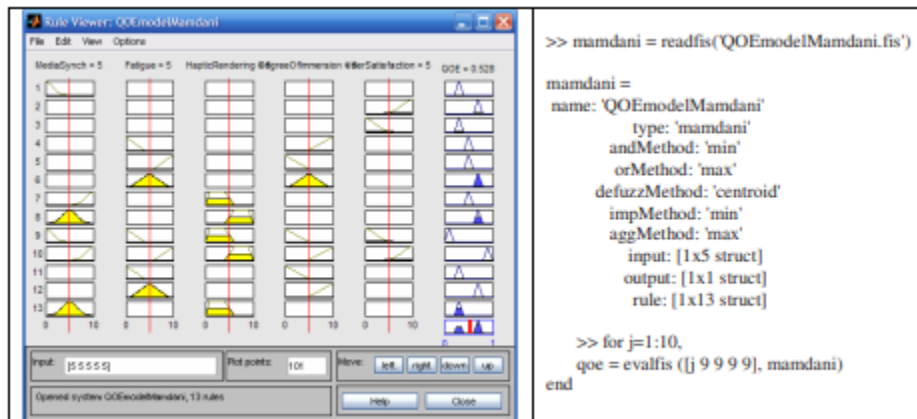


FIGURE 3.11 – a) visionneuse de règles de la boîte à outils de logique floue de matlab b) un extrait du script matlab

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué la méthode de clustering Fuzzy C Mean qui est utilisée pour construire les fonctions d'appartenance et déterminer le nombre des règles; ensuite nous avons présenté des travaux

associés à l'évaluation de la qualité basé la logique floue. Dans le chapitre suivant nous allons détailler notre système d'inférence floue pour l'évaluation de la qualité d'expérience.

Évaluation de la qualité d'expérience audiovisuelle par la logique floue type 1 et type 2

4.1 Introduction

Après avoir présenté dans les chapitres précédents les notions générales d'évaluation de la qualité audiovisuelle et comment utiliser la logique floue pour évaluer la qualité, nous allons présenter le déroulement du travail réalisé à l'évaluation de la qualité audiovisuelle en se basant sur un système d'inférence floue. Nous avons proposé trois modèles pour faire cette évaluation basés sur un système d'inférence floue (FIS :fuzzy Inference system) et pour chaque modèle nous allons utiliser des systèmes d'inférence floue de type 1 et de type 2 : le premier modèle est un modèle global qui génère la qualité audiovisuelle globalement sans passer par l'évaluation des deux qualités visuelle et auditif, par contre les deux autres modèles sont basés sur les deux qualités auditive et visuelle. Enfin nous allons discuter et comparer les résultats obtenus.

4.2 Conception du modèle d'évaluation proposé

On utilise dans notre travail la logique floue pour évaluer la qualité audiovisuelle (QAV : Qualité Audio Visuelle) car la logique floue permet de raisonner non pas sur des variables numériques, mais sur des variables linguistiques, c'est-à-dire, sur des variables qualitatives (faible, moyen, élevée, fort). Le fait de raisonner sur ces variables linguistiques va permettre de pouvoir manipuler des connaissances en langage naturel. Bien que l'évaluation subjective de la qualité fournisse des indices fiables de la qualité de la perception humaine, elle ne peut pas être appliquée à l'évaluation en temps réel, par contre les méthodes d'évaluation objective de la qualité ont été développées pour remplacer le panel humain par un modèle informatique permettant de prédire les résultats d'un test subjectif. À savoir, le but de l'évaluation objective de la qualité est d'estimer automatiquement les valeurs de MoS (Mean opinion Score), c'est pour quoi nous avons crée un système capable d'évaluer la qualité d'expérience audiovisuelle .

4.2.1 Processus d'évaluation

Nous avons suivi ces étapes :

1. Choisir les paramètres influencés à la qualité audiovisuelle.
2. Extraire les variables linguistiques et le nombre des fonctions d'appartenance pour chaque paramètre par la méthode de clustering Fuzzy C Mean (FCM).
3. Création des modèles d'évaluation .
4. Tester la performance du modèle proposé par rapport les tests subjectifs fournis avec la base de données.

a Choix des paramètres influencés à la qualité audiovisuelle

La QoE(Quality of Experience) perçue des utilisateurs finaux se concentre sur un large éventail de facteurs spatio temporels pour l'acquisition, le traitement, la transmission, la visualisation et la perception auditive du contenu. Les ensembles de données audiovisuelles disponibles pour l'évaluation de la qualité audiovisuelle analysent l'impact de facteurs environnementaux (différents dispositifs d'affichage, environnements sans fil et mobiles) ou de changements contextuels (paramètres de compression et de distorsion du réseau) sur les prédictions de qualité audiovisuelle.

b Extraire les variables linguistiques et le nombre des fonctions d'appartenance

la méthode clustering Fuzzy C Means flou (FCM) est une méthode fréquemment utilisée dans la reconnaissance de formes. Il a l'avantage de donner de bons résultats de modélisation dans de nombreux cas, bien qu'il ne soit pas capable de spécifier le nombre de clusters par lui même. L'objectif d'utiliser FCM dans notre travail c'est que cette méthode nous permet de déterminer le nombre de règles d'inférence et les fonctions d'appartenance de FIS. pour chaque paramètre le nombre du clustre de FCM sera le nombre de ces variable linguistique et ces fonctions d'appartenance.

c Génération de FIS

D'abord on extrait les caractéristiques à partir de la base de données. Nous avons choisi, frame par seconde (FPS : Frame Par Seconde), paramètre de quantification (QP :Quantization Parametre), réduction du bruit (NR : Noise Reduction), taux de perte de paquets (PLR : Packet Loss Rate) comme des paramètres d'entrés de FIS parce que ces caractéristique influent la qualité audiovisuelle [11]. L'architecture de FIS peut être détailler comme suite :

Les entrées : les entrées de FIS sont les valeurs réelles extraites de la base de données qui sont (QP, NR, FPS, PLRA, PLRV) et qui se trouvent dans la base INRS [49].

Le module de Fuzzification : il s'agit de l'étape dans laquelle on transforme les entrées de valeurs réelles au valeurs floues, cela passe par la définition des fonctions d'appartenance (Member Ship Function : MF en anglais) extrait à travers FCM. **La base de connaissances ou les règles :** elle englobe un ensemble de règles sous la forme « IF THEN »(voir chapitre 2). **Le module de defuzzification :** c'est le module de transformation de l'ensemble de valeurs floues en sortie du système d'inférence, en valeurs nettes(valeurs réelles). Cette transformation utilise les fonctions d'appartenance de sortie.

Nous avons utilisé un FIS de type Mamdani type 1 et type 2, le schéma général d'un FIS est illustré dans les figure(Fig 4.1 et 4.2)

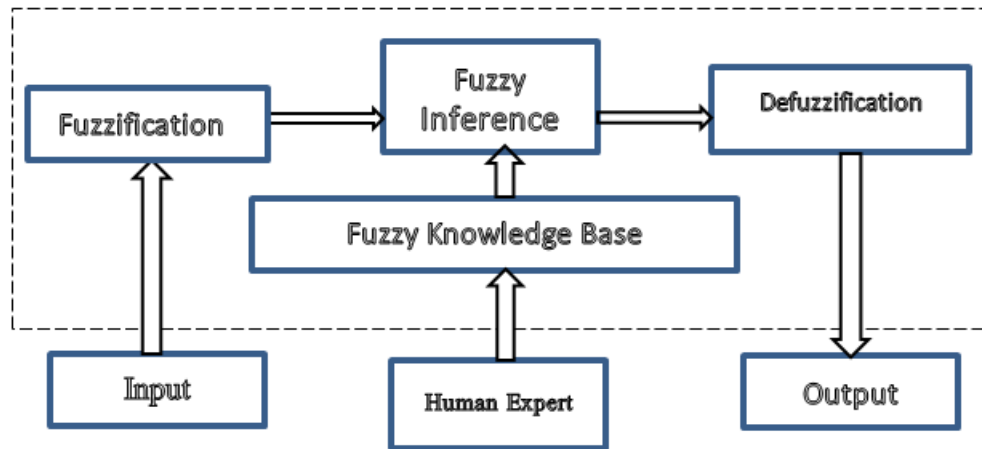


FIGURE 4.1 – Architecture d'un système d'inférence floue (SIF).

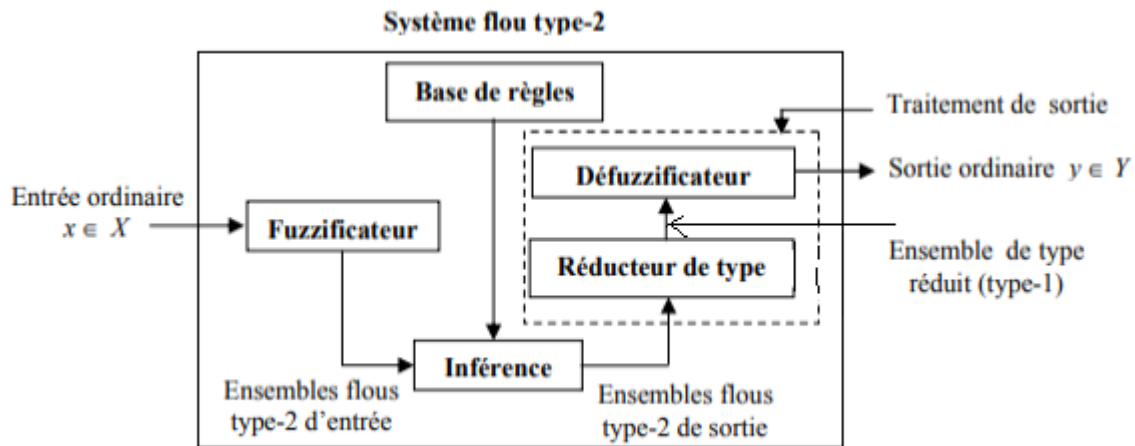


FIGURE 4.2 – Structure générale d'un système flou type 2.

pour évaluer la qualité nous avons créé trois modèles pour chaque type de FIS dans les quelles :

A) Le premier modèle est un modèle global qui génère une qualité audiovisuelle globalement. Nous avons entré toutes les variables (NR, FPS, QP, PLRA, PLRV) de la base de données dans un seul FIS, et nous avons obtenu le MoS prédictive qui détermine la qualité audiovisuelle (MosAVptr) comme illustré dans la figure (Fig 4.3) :

B) Le deuxième modèle Nous avons utilisé trois FIS : Le premier (FIS 1) utilisé pour générer la qualité vidéo a quatre variables d'entrée (NR, FPS, QP, PLRV) et on obtient le MoS prédictif vidéo en sortie. Le deuxième (FIS 2) génère une qualité audio et utilise PLRA comme entré et en sortie le MoS prédictif vidéo. Les résultats obtenus à partir des FIS précédents sont utilisés comme entrée pour le troisième (FIS 3), qui nous fournit finalement la qualité audiovisuelle illustrée dans la figure suivante (Fig 4.4)

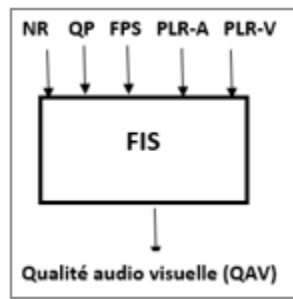


FIGURE 4.3 – Premier modèle FIS pour évaluer la QAV.

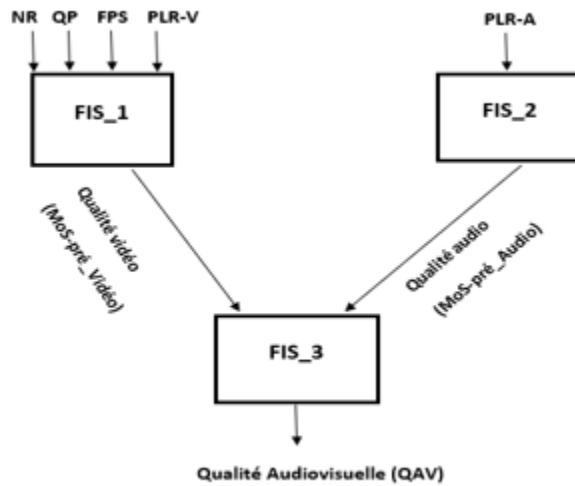


FIGURE 4.4 – Le deuxième modèle pour l'évaluation de la QAV

C) Le troisième modèle C'est une amélioration du modèle 2, où nous utiliserons deux FIS pour générer une qualité audio et vidéo. Il n'y a qu'une seule entrée pour chaque FIS, comme le montre la figure suivante (Fig 4.5)

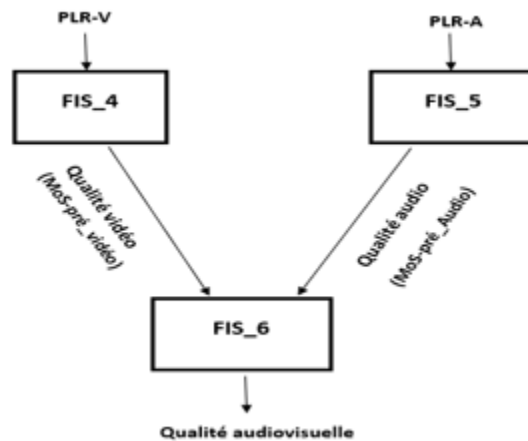


FIGURE 4.5 – Le troisième modèle pour l'évaluation de la QAV

c **Teste du performance du modèle proposé** Pour montrer l'intérêt de la méthodologie proposée,

nous comparons les valeurs MoS obtenues à partir des tests subjectifs avec les scores objectifs prédits obtenus à partir du système proposé. Nous avons suivi les recommandations données dans [12] en utilisant une fonction logistique à cinq paramètres pour ajuster les scores de qualité prédits :

$$Q' = \beta_1 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp_2^\beta(Q - \beta_3)} \right) + \beta_4 Q + \beta_5 \quad (4.1)$$

Où Q et Q' sont les scores de qualité objectifs et les mieux adaptés. Les paramètres $\beta_i | i = 1, 2, \dots, 5$ ont été déterminés par ajustement de courbe au cours de l'évaluation. La relation entre le MoS subjectif et le MoS prédit peut être calculée par différentes mesures. La performance d'un modèle objectif est généralement évaluée au moyen de trois attributs statistiques, qui sont utilisés pour informer la corrélation, la précision et la cohérence du modèle. La corrélation est la mesure dans laquelle les prédictions du modèle corrélées avec les MoS de qualité subjectives à l'aide du coefficient de corrélation linéaire de Pearson (PCC) qui est calculé comme suite :

$$PCC = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) \times (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (4.2)$$

X_i indique le score subjectif MOS et Y_i le score objectif (MOS_p). N représente le nombre total d'échantillons pris en compte dans l'analyse.

La précision capture la capacité du modèle à prédire les cotes de qualité subjectives avec de faibles erreurs à l'aide de Root Erreur quadrature moyenne (RMSE) qui est calculé comme suite :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_N MoS(i) - MoS_p(i)} \quad (4.3)$$

où i est l'index de la séquence, et N est le nombre de séquences utilisées pour comparer les scores de qualité estimés aux scores subjectifs, tandis que la division à $(N - 1)$ assure un estimateur sans biais pour RMSE avec un intervalle de confiance à 95%.

Enfin, la cohérence reflète la mesure dans laquelle le modèle maintient l'exactitude de prédictions sur la plage de séquences de test à l'aide de la valeur aberrante Ratio (OR) calculé comme suite

$$OR = \frac{TotalNoOutliers}{N} \quad (4.4)$$

4.3 Résultats expérimental et discussions

Dans les sections suivantes on va discuter les résultats obtenus par notre modèle d'évaluation de la qualité audiovisuelle.

4.3.1 Représentation de outils

Nous avons utilisé Matlab2020 comme langage de programmation, parmi les raisons de cette utilisation :

- Interfaces de langage et de bibliothèque externes, y compris Python, Java, C, et les services Web.

- À mesure que la taille et la complexité de projets augmentent, MATLAB fournit des fonctionnalités pour prendre en charge les pratiques de développement de logiciels collaboratifs. Par exemple, nous pouvons intégrer les fichiers MATLAB aux systèmes de contrôle de source Git ou Subversion ou tester la fonctionnalité et les performances de votre code. Pour partager du code avec d'autres, emballer des projets ou d'autres fichiers en tant que boîte à outils.
- Lorsque on travaille dans l'éditeur, MATLAB il identifie automatiquement les problèmes de codage potentiels. Les fonctionnalités de débogage aident à diagnostiquer des problèmes spécifiques. De plus, on peut générer des rapports qui nous aident à mettre à jour notre code lorsque nous effectuons une mise à niveau vers une version plus récente de MATLAB.

4.3.2 Base de données utilisée

La base donnée audiovisuelle de l'INRS, est composé de 160 configurations uniques pour le contenu audiovisuel, comprenant divers paramètres de compression du média et de distorsion du réseau, tels que la fréquence d'images (FPS), la quantification (QR) et les paramètres de réduction du bruit (NR), ainsi que le taux de perte de paquets (PLRA, PLRV). Les valeurs de plage de paramètres de compression et de distorsion réseau sont sélectionnées pour correspondre aux cas d'utilisation de communications en temps réel.

4.3.3 Implémentation du système d'inférence flou (FIS) sous Matlab

L'implémentation d'un FIS sous Matlab, peut être réalisée par deux méthodes différentes, soit à l'aide des commandes de la boîte à outils ou par l'interface graphique de cette dernière. Dans notre travail nous allons implémenter le système par l'interface graphique.

1. Modèle global Dans le modèle global nous avons choisi cinq variables d'entrée (NR, FPS, QP, PLRA, PLRV) et une seule variable à la sortie qui représente le MoS prédictif.

On commence par l'implémentation de FIS type 1 :

A) Fuzzification des variables d'entrée et de sortie On précise trois variables linguistiques pour les paramètres entrés (faible, moyen, élevé) et cinq paramètres pour sortie (mouvais, médiocre, satisfaisant, bien, excellent).

a) Fuzzification de la variable d'entrée QP Cette variable varie dans l'intervalle $[min(QP) = 23, max(QP) = 35]$ Donc on a choisi un domaine de variation de $[0, 40]$, et trois fonctions d'appartenance de type trapézoïde (une fonction trapézoïde se caractérise par quatre paramètres). La première fonction appelée «FAIBLE» avec quatre paramètres $[0, 0, 26.06, 28.71]$, la deuxième fonction appelée MOYEN avec quatre paramètres $[26.2, 28.8, 30.2, 33.7]$, la troisième fonction appelée ELEVE avec quatre paramètres $[30.12, 33.64, 40, 40]$, La Figure suivante (figure 4.7) montre la fuzzification de la variable d'entrée QP .

b) Fuzzification de la variable d'entrée FPS Cette variable varie dans l'intervalle $[min(FPS) = 10, max(FPS) = 25]$ Donc on a choisi un domaine de variation de $[0, 30]$, et trois fonctions d'appartenance de type trapézoïde, La première fonction appelée FAIBLE avec quatre paramètres $[0, 0, 7.14, 13.74]$, la deuxième fonction appelée MOYEN avec quatre paramètres $[7.14, 13.74, 20.86, 27.4]$, la troisième fonction

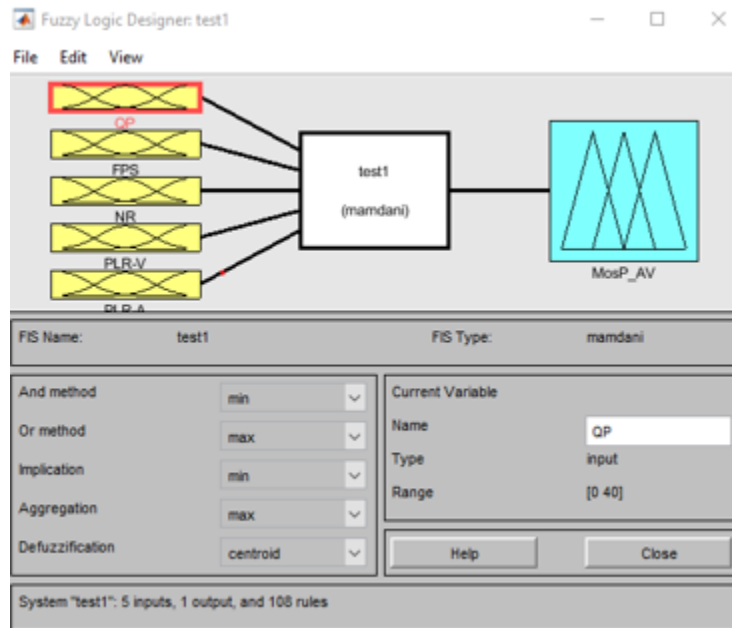


FIGURE 4.6 – Modèle globale FL pour évaluer la QAV

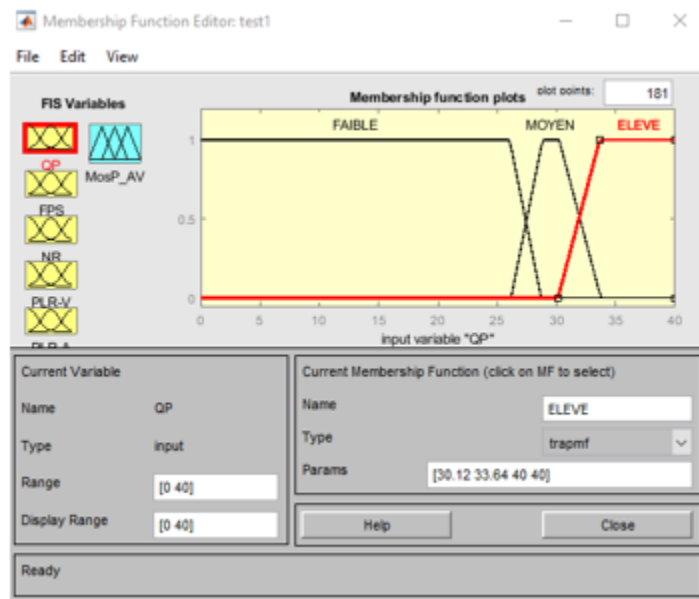


FIGURE 4.7 – Fuzzification de la variable d'entrée QP

appelée ELEVE avec quatre paramètres $[20.86, 27.4, 30, 30]$, la Figure suivante (figure 4.8) montre la fuzzification de la variable d'entrée FPS.

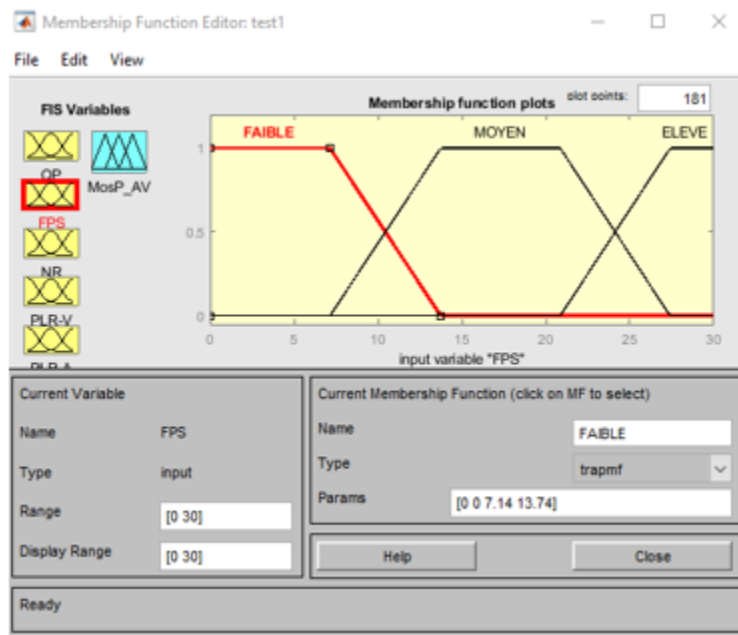


FIGURE 4.8 – Fuzzification de la variable d’entrée FPS

c) **Fuzzification de la variable d’entrée NR** Cette variable varie dans l’intervalle $[min(NR) = 0, max(NR) = 999]$ Donc on a choisi un domaine de variation de $[0, 1000]$, et deux fonctions d’appartenance de type trapézoïde, La première fonction appelée FAIBLE avec quatre paramètres $[0, 0, 500, 500]$, la deuxième fonction appelée ELEVE avec quatre paramètres $[0, 500, 1000, 1000]$, La Figure suivante (figure 4.9) montre la fuzzification de la variable d’entrée NR.

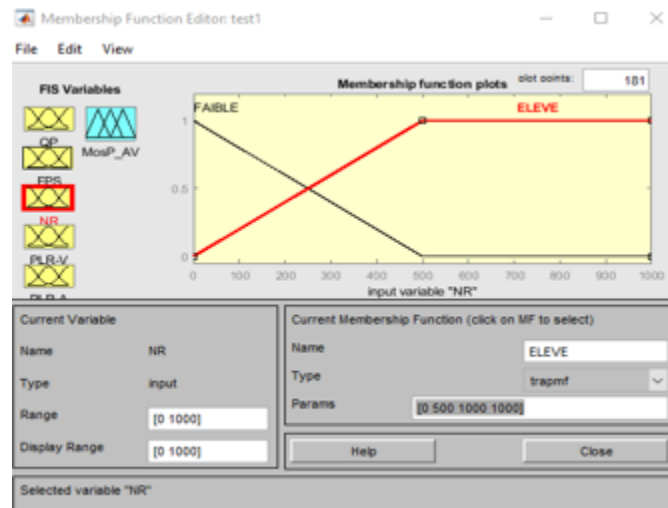


FIGURE 4.9 – Fuzzification de la variable d’entrée NR

d) **Fuzzification de la variable d’entrée PLRA** Cette variable varie dans l’intervalle $[min(PLRA) = 0, max(PLRA) = 5.58]$ Donc on a choisi un domaine de variation de $[0, 6]$, et trois fonctions d’appartenance de type trapézoïde, La première fonction appelée FAIBLE avec quatre paramètres $[0, 0, 1.36, 2.18]$, la deuxième fonction appelée MOYEN avec quatre paramètres $[1.36, 2.18, 3.114, 3.634]$, la troisième fonction appelée ELEVE avec quatre paramètres $[3.114, 3.634, 6, 6]$, La Figure suivante montre la fuzzification de la

variable d'entrée PLRA.

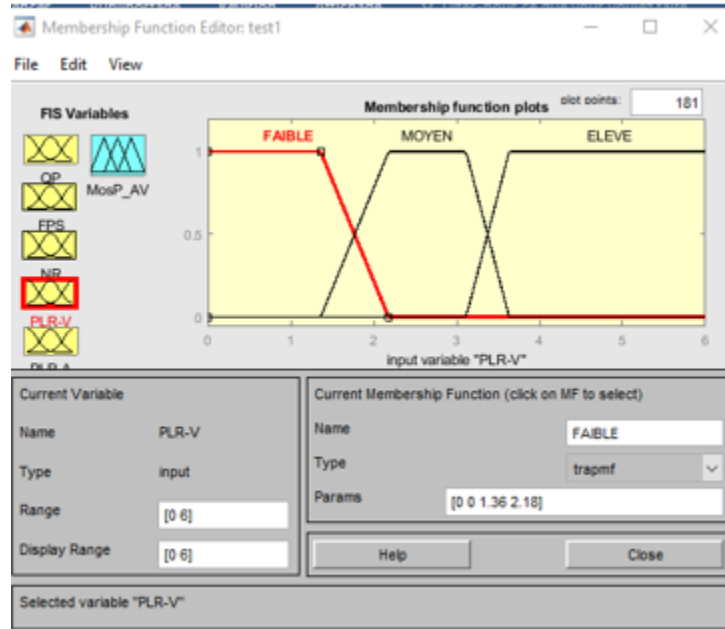


FIGURE 4.10 – Fuzzification de la variable d'entrée PLRA

e) **Fuzzification de la variable d'entrée PLRV** Cette variable varie dans l'intervalle $[\min(PLR - V) = 0.02, \max(PLR - V) = 5.58]$ Donc on a choisi un domaine de variation de $[0, 6]$, et trois fonctions d'appartenance de type trapézoïde ,La première fonction appelée FAIBLE avec quatre paramètres $[0, 0, 1.267, 2.052]$, la deuxième fonction appelée MOYEN avec quatre paramètres $[1.267, 2.052, 3.077, 4.103]$, la troisième fonction appelée ELEVE avec quatre paramètres $[3.077, 4.103, 6, 6]$, La Figure suivante(Figure 4.11) montre la fuzzification de la variable d'entrée PLRV.



FIGURE 4.11 – Fuzzification de la variable d'entrée PLRV

f) **Fuzzification de la variable de sortie MoSPAV** On a choisi pour cette variable de sortie un domaine de variation $[0, 5]$, la variable de sortie sera définie sur 5 ensembles flous. Les fonctions d'appartenance représentant les différents ensembles flous de la variable de sortie sont toutes de type (trapézoïde). La Figure suivante (Figure 4.12) montre la fuzzification de la variable de sortie MoSPAV (MoS prédictive Audiovisuelle)

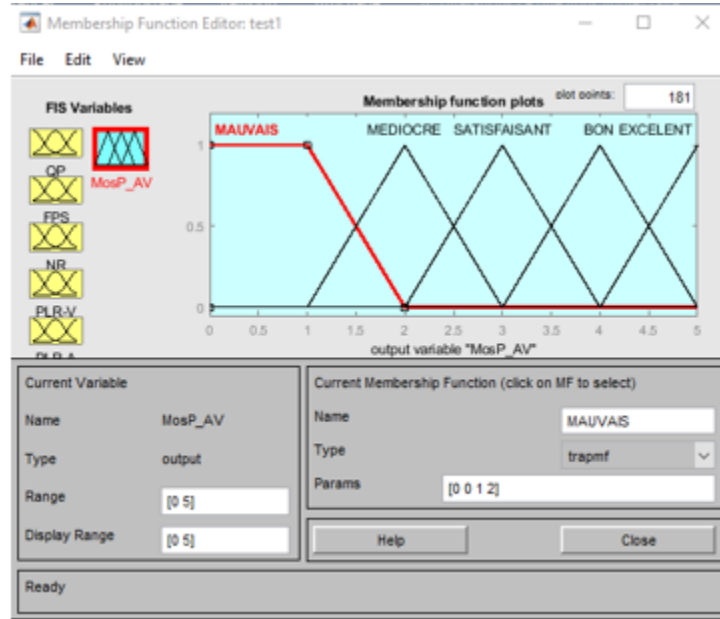


FIGURE 4.12 – Fuzzification de la variable d'entrée MoSPAV

Génération des règles d'inférence Pour les règles d'inférence, on a fait entrée les règles floues qui relié les sous ensembles d'entrées et sortie. Cette étapes est dans le but de déterminer les relations entre l'ensemble d'entré et la sortie. Les différentes règles possibles selon la fuzzification des différentes variables d'entrée et de sortie choisis sont les suivantes (cinq variables d'entrée et trois fonctions d'appartenance pour chacune des variables, on obtient 108 règles d'inférence ,Donc le moteur d'inférence sera comme l'exemple suivant :

- If (PLRaudio is faible) then (MOSaudio is excellent).
- If (PLRaudio is Moyne) then (MOSaudio is satisfaisant).
- If (PLRaudio is élevé) then (MOSaudio is mauvais).

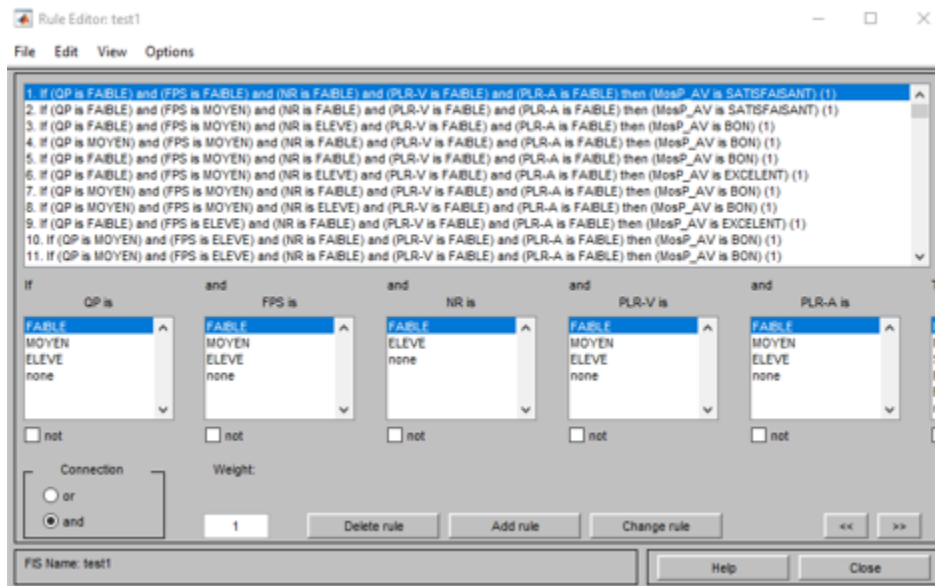


FIGURE 4.13 – Les règles d’inférence obtenues

Défuzzification de la variable de sortie MoSPAV La défuzzification, dans cette étape, le système flou utilise la méthode du centre de gravité car c’est le plus utilisée dans le système FL ,et elle est plus simple et flexible. Cette méthode a été expliquée dans le chapitre 2 . La figure suivante montre la défuzzification des règles sous Matlab.

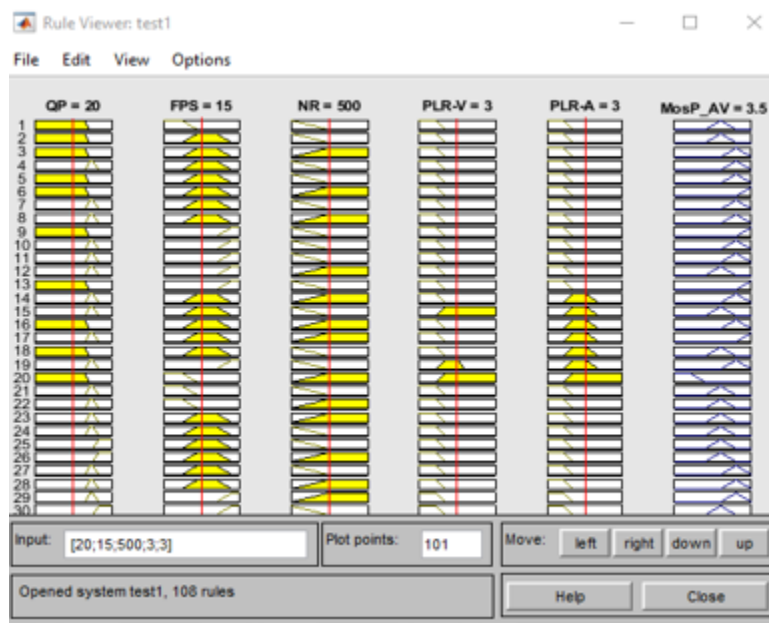


FIGURE 4.14 – les règles d’inférence sous Matlab

On passe à l’implémentation de FIS Mamdani système d’inférence type 2 :

Comme on a déjà vu dans le chapitre 2 que, le système d’inférence flou type 2 est similaire au type 1 la seule différence est la phase de réduction de type. Dans notre travail on a fait une conversions de type 1 au type 2 à l’aide de l’instruction convertToType2.

Exemple

```

fis = readfis('test1');
fisT2 = convertToType2(fis);

```

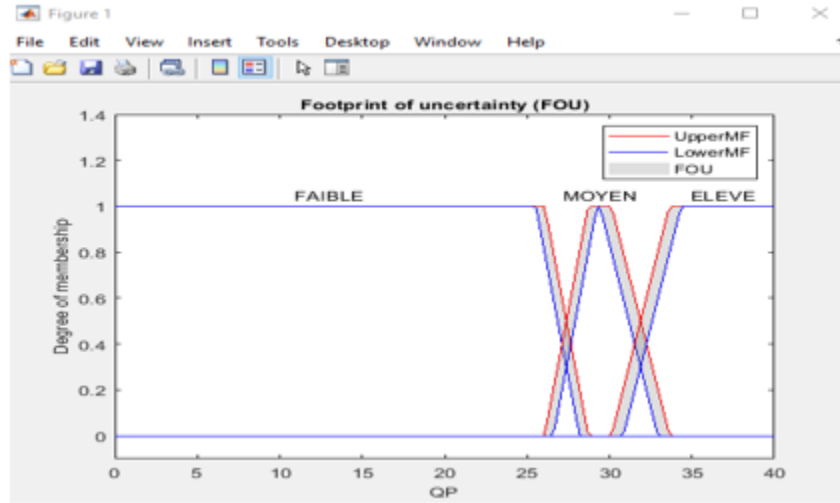


FIGURE 4.15 – fonction d'appartenance type 2

2. Modèle deux et trois Dans les modèles deux et trois nous avons utilisé trois FIS : le premier FIS (FIS 1) est utilisé pour générer la qualité visuelle, en utilisant des paramètres qui affectent la qualité vidéo comme entrée du FIS1, et le deuxième FIS (FIS2) est utilisé pour générer la qualité auditive, en utilisant PLRA comme entrée. Les deux sorties de FIS1 et FIS2 sont utilisées comme entrée du troisième FIS (FIS3) pour générer la qualité audiovisuelle globale. La différence entre le modèle deux et le modèle trois est dans les paramètres d'entrée du FIS1 (nous utilisons FPS, QP, NR, PLRV pour le modèle deux tandis que le modèle trois utilise seulement PLRV comme entrée de FIS1).

Concernant le type2, nous convertissons tous les modèles de type1 en des modèles de type2. Avant la comparaison des résultats obtenus par les trois modèles de type1 et de type2, il faut les normaliser d'abord par la fonction logistique citée dans l'équation (4.1). Les résultats normalisés sont illustrés dans le tableau suivant :

Modèles	Performances	FIS Type 1	FIS Type 2
Modèle global	PCC	0.8074	0.8031
	Rmse	0.4275	0.4404
	RO	0.5375	0.5438
Modèle 2	PCC	0.8398	0.8287
	Rmse	0.3581	0.3965
	RO	0.4438	0.3750
Modèle 3	PCC	0.9055	0.9050
	Rmse	0.4333	0.4568
	RO	0.2188	0.2562

TABLE 4.1 – Les résultats obtenus par les trois modèles

Pour les trois modèles de QAV (Qualité Audio Visuelle) proposés, nous calculons la corrélation de Pearson entre MoS prédictive de chaque modèle et MoS subjective de la base de données INRS et aussi nous calculons le RMSE et RO (outlire), ces calculs nous ont permis de découvrir notre meilleur modèle en comparant les résultats obtenus dans le système d'inférence floue type 1 par rapport aux résultats obtenus dans

système d'inférence floue type 2. A partir du tableau , on remarque que les résultats du système d'inférence floue type 1 sont meilleurs que ceux du système d'inférence floue type 2 et aussi le troisième modèle qui utilise que les PLR audio et PLR vidéo comme paramètres est le meilleur puisqu'il a une plus grande valeur pour Corrélation de Pearson et des plus petites valeurs de RO et RMSE .

Dans le tableau suivant nous avons fait une comparaison entre les résultats obtenus à partir du modèle global généré manuellement (génération de règles d'inférence et les fonctions d'appartenance) et les résultats obtenus à partir de l'utilisation d'un FIS généré à l'aide de FCM nous remarquons que le modèle global généré manuellement donne de meilleurs résultats que ceux du Modèle global qui utilise la méthode FCM. Alors nous concluons que l'utilisation de la méthode FCM ne donne pas toujours de bons résultats pour l'évaluation de la qualité audiovisuelle.

Modèles	Performances	FIS Type 1	FIS Type 2
Modèle global	PCC	0.8074	0.8031
	Rmse	0.4275	0.4404
	RO	0.5375	0.5438
Modèle global (FIS FCM)	PCC	0.3074	0.2966
	Rmse	0.9440	0.9465
	RO	0.0375	0.0312

TABLE 4.2 – Comparaison des résultats obtenus par le modèle global et le modèle global qui utilise FCM

4.4 Conclusion

Ce chapitre montre l'efficacité de la logique floue pour évaluer la qualité d'expérience audiovisuelle (QAV), nous proposons une nouvelle méthode paramétrique pour évaluer la qualité audiovisuelle basée sur un système d'inférence floue (FIS). Nous avons utilisé un FIS basé sur Mamdani Type1 et Type 2 qui est connu pour être intuitif et adapté au raisonnement humain.

Conclusion

Dans le domaine informatique, plus précisément dans le domaine multimédia, du fait de l'intégration de la vidéo et de l'audio, le domaine audiovisuel a occupé une place importante à l'époque moderne.

La dernière émergence des services multimédias sur les réseaux filaires et sans fil a également déclenché des recherches sur l'évaluation de la qualité d'expérience. En particulier, il existe un fort besoin de méthodes permettant d'estimer et de quantifier la qualité du codage, de la transmission et du décodage (réception), du service, de l'expérience et de la satisfaction perçue par les utilisateurs finaux. Bien que l'évaluation de la qualité du multimédia perceptif se soit avérée une tâche difficile, de nombreux travaux de recherche et développement ont été effectués sur la tâche et ses applications, et des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine.

Les fonctions puissantes de la logique floue permettent de construire un système de raisonnement dans lequel la prise de décision est plus proche du comportement humain que de la logique traditionnelle. De plus, les règles de la matrice de décision sont exprimées en langage naturel, ce qui présente de nombreux avantages, comme inclure la connaissance d'experts non informaticien au cœur du système de décision. Modélisez plus facilement certains aspects du langage naturel.

Dans ce travail, nous avons proposé une nouvelle méthode paramétrique pour l'évaluation de la qualité audiovisuelle basée sur des moteurs intelligents appelés systèmes d'inférence floue (FIS). Nous avons utilisé le FIS basé sur Type1 Mamdani connu pour être intuitif et adapté à le raisonnement humain.

La méthodologie proposée a été validée par rapport aux évaluations objectives de la qualité disponibles dans l'ensemble de données de l'INRS.

Les résultats expérimentaux montrent que les systèmes d'inférence floue type1 et type 2 sont similaires en terme de PCC, RMSE et RO.

Dans le futur travail il est question de recherche sur l'amélioration suivante de notre méthode (système adaptatifs d'inférence neuro floue (ANFIS)) on les compare avec notre méthode pour choisir la meilleure pour l'évaluation de la qualité audiovisuelle.

Actuellement, on peut considérer que les résultats que nous avons obtenu sont acceptables, parce que notre méthode est appliquée sur une seule base de données INRS. Pour assurer la fiabilité de notre méthode,

il faut encore s'élargir dans nos recherches. Nous proposons, en perspective de mettre l'application de notre méthode sur plusieurs bases de données audiovisuelle. Ainsi pouvoir choisir la meilleure.

Enfin, il s'avère que la logique floue permet d'estimer et de quantifier efficacement la qualité audiovisuelle.

Bibliographie

- [1] Wilson, G. M., & Sasse, M. A. (2000), Do users always know what's good for them? Utilising physiological responses to assess media quality, In *People and computers XIV—Usability or else!* (pp. 327–339). Springer, London.
- [2] Ayache, N., Abdou, A., & BOUDJERIDA, F. E. (2019). Evaluation de la qualité des données audiovisuelles (Doctoral dissertation, Université jijel).
- [3] Zheng, J. M., Chan, K. W., & Gibson, I. (1998). Virtual reality. *Ieee Potentials*, 17(2), 20–23.
- [4] El Mansouri, M. (2019). Le jeu vidéo didactique ou serious game : processus de conception, ingénierie didactique et game design (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur).
- [5] Norwood, C., Moghaddam, N. G., Malins, S., & Sabin-Farrell, R. (2018). Working alliance and outcome effectiveness in videoconferencing psychotherapy : A systematic review and noninferiority meta-analysis. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, 25(6), 797–808.
- [6] Möller, S., & Raake, A. (Eds.). (2014). *Quality of experience : advanced concepts, applications and methods*. Springer.
- [7] Brunnström, K., Beker, S. A., De Moor, K., Dooms, A., Egger, S., Garcia, M. N., ... & Zgank, A. (2013). Qualinet white paper on definitions of quality of experience.
- [8] Akhtar, Z., & Falk, T. H. (2017). Audio-visual multimedia quality assessment : A comprehensive survey. *IEEE access*, 5, 21090–21117.
- [9] Ghinea, G., & Thomas, J. P. (2005). Quality of perception : user quality of service in multimedia presentations. *IEEE Transactions on Multimedia*, 7(4), 786–789.
- [10] Cadon, B. (2021). Détruire ou alteérer le fonctionnement des machines numeériques, la résistance du 21e siècle?. *Revue Possibles*, 45(1), 39–49.
- [11] Demirbilek, E. (2017). Modèles d'apprentissage automatique d'estimation de qualité perçue dans les communications en temps réel, *Machine learning based perceived quality estimation models in real-time communications* (Doctoral dissertation, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique).

-
- [12] Rohaly, A. M., Corriveau, P. J., Libert, J. M., Webster, A. A., Baroncini, V., Beerends, J., ... & Winkler, S. (2000, May). Video quality experts group : Current results and future directions. In *Visual Communications and Image Processing 2000* (Vol. 4067, pp. 742–753). International Society for Optics and Photonics.
- [13] Garcia, M. N. (2014). *Parametric Packet-based Audiovisual Quality Model for IPTV Services*. Springer International Publishing.
- [14] Min, X., Zhai, G., Zhou, J., Farias, M. C., & Bovik, A. C. (2020). Study of subjective and objective quality assessment of audio-visual signals. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29, 6054–6068.
- [15] Fentazi, M. L., & Bouzit, O. (2020). *Évaluation aveugle de qualité des images fixes* (Doctoral dissertation, University of Jijel).
- [16] Hollier, M. P., Rimell, A. N., Hands, D. S., & Voelcker, R. M. (1999). Multi-modal perception. *BT Technology Journal*, 17(1), 35–46.
- [17] DE RESPONSABILITÉ, D.É. N. I. Union internationale des télécommunications.
- [18] Bech, S., & Zacharov, N. (2007). *Perceptual audio evaluation—Theory, method and application*. John Wiley & Sons.
- [19] TRP, I (2012). *Methods metrics and procedures for statistical evaluation qualification and comparison of objective quality prediction models*.
- [20] ITU-T RECOMMENDATION, P. (1998). *Subjective audiovisual quality assessment methods for multimedia applications*.
- [21] Kim, J. H. (1996). *Interactive Test Methods for Multimedia Service Quality*. *Electronics and Telecommunications Trends*, 11(3), 21–30.
- [22] Tchendjou, G. T. (2018). *Contrôle des performances et conciliation d’erreurs dans les décodeurs d’image* (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes).
- [23] Dakkar, B. E., & Hachouf, F. (2017). *Évaluation de la qualité perceptuelle des signaux multimédias* (Doctoral dissertation, Université des Frères Mentouri de Constantine).
- [24] Garcia, M. N. (2014). *Parametric Packet-based Audiovisual Quality Model for IPTV Services*. Springer International Publishing.
- [25] Dernoncourt, F., & Métais, E. (2011). *La Logique Floue : le raisonnement humain au cœur du système décisionnel*. Memory NFE211 engineering decision systems Paris (February 2011) <http://www.academia.edu/1053161>.
- [26] Priya, N. H., & Chandramathi, S. (2014). QoS based optimal selection of web services using fuzzy logic. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 6(3), 331–339.

-
- [27] Guillaume, S., & Charnomordic, B. (2013). Systèmes d'inférence floue : collaboration expertise et données dans un environnement de modélisation intégrée à l'aide de FisPro. *Rev. d'Intelligence Artif.*, 27(4-5), 569-593.
- [28] Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1-13.
- [29] Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (1), 116-132.
- [30] MERABTI, H. (2008). Etude des systèmes flous à intervalle (Doctoral dissertation, Université de Constantine 1).
- [31] Delgado, M., Duarte, O., & Requena, I. (2006). An arithmetic approach for the computing with words paradigm. *International journal of intelligent systems*, 21(2), 121-142.
- [32] Mendil, B., & Ider, M. (2009). Etude des systèmes flous type-2 (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira-Bejaia).
- [33] Dernoncourt, F. (2011). Introduction à la logique floue. Licence Commons-BY-SA. <http://franckdernoncourt.developpez.com/tutoriels/algo/introduction-logique-oue/>, Paris.
- [34] Bouchon-Meunier, B. (1995). La logique floue et ses applications.
- [35] Ibrahim, L. (2016). Commande par logique floue type-2-appliquée à la machine asynchrone (Doctoral dissertation, UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF M'SILA FACULTE DE TECHNOLOGIE).
- [36] HAMIDI, O., & Abdelkader, H. A. M. I. D. I. (2020). Commande vectorielle direct floue appliquée à un moteur asynchrone double étoile (Doctoral dissertation, Université M'sila).
- [37] Mendel, J. M. (1995). Fuzzy logic systems for engineering : a tutorial. *Proceedings of the IEEE*, 83(3), 345-377.
- [38] Diab, M. O. K. E. D. D. E. M. (2010). Contrôle Flou des Processus Biotechnologiques à Base d'Algorithmes Génétiques (Doctoral dissertation, université de Jijel).
- [39] Karnik, N. N., Mendel, J. M., & Liang, Q. (1999). Type-2 fuzzy logic systems. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, 7(6), 643-658.
- [40] Castillo, O., Melin, P., Kacprzyk, J., & Pedrycz, W. (2007, November). Type-2 fuzzy logic : theory and applications. In *2007 IEEE international conference on granular computing (GRC 2007)* (pp. 145-145). IEEE.
- [41] Baghli, L. (1999). Contribution à la commande de la machine asynchrone, utilisation de la logique floue, des réseaux de neurones et des algorithmes génétiques (Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy I).

-
- [42] Antão, R. J. M. M. (2016). Type-2 Fuzzy Logic : Uncertain Systems' Modeling and Control. Universidade de Aveiro (Portugal).
- [43] Hamizi, A. (2012). Commande Adaptative Floue Type-2 d'un Bras Manipulateur (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- [44] Cádiz, R. F. (2020). Creating Music With Fuzzy Logic. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3.
- [45] Dunn, J. C. (1973). A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters.
- [46] Bezdek, J. C. (2013). Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Springer Science & Business Media.
- [47] Maji, P., & Pal, S. K. (2007). RFCM : a hybrid clustering algorithm using rough and fuzzy sets. *Fundamenta Informaticae*, 80(4), 475-496.
- [48] Hamam, A., Eid, M., El Saddik, A., & Georganas, N. D. (2008, June). A fuzzy logic system for evaluating quality of experience of haptic-based applications. In *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications* (pp. 129-138). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [49] Boudjerida, F., Lahoulou, A., & Akhtar, Z. (2020, December). Analysis and Comparison of Audiovisual Quality Assessment Datasets. In *International Conference on Computing Systems and Applications* (pp. 344-353). Springer, Cham.