2.Introduction

La logique floue doit son succès à sa capacité de représenter une expertise faisant appel à des notions non booléennes. Elle fournit une méthode systématique pour exprimer la compréhension qualitative que nous avons du fonctionnement de systèmes. Elle a conduit à de nombreuses applications, entre autres dans l'électronique grand public, l'électroménager, l'automobile et le domaine du contrôle des processus industriels.

La logique floue a été surtout utilisée par les industriels dans les domaines pour lesquels la même base de règles est utilisée sur un grand nombre de produits. Le temps nécessaire à la mise au point de la base de règles n'est dans ce cas pas un frein à son application. L'application de la logique floue ne s'est cependant pas généralisée dans les domaines pour lesquels la base de règles doit être à chaque fois adaptée au système sur laquelle elle est utilisée.

En effet, une base de règles floues ne donne de bons résultats que pour le système pour lequel elle a été mise au point, et il est nécessaire de modifier les fonctions d'appartenance, voire les règles, dès que ce système change. C'est pourquoi des chercheurs s'intéressent depuis la fin des années 70 à l'apprentissage des bases de règles floues. D'autres motivations de ces recherches sont la volonté de mettre au point des systèmes flous adaptatifs, la diminution du temps de développement des bases de règles floues, la volonté de garantir l'optimalité d'une base de règles floues. Par rapport au système sur lequel elle s'applique. [45]

2.1. La logique floue

La théorie des ensembles flous a été introduite en 1965 par Lotfi Zadeh . Son but était de transcrire sous forme mathématique des notions et des connaissances imprécises. De telles notions sont couramment utilisées par chacun de nous sans que nous en ayons toujours conscience. Par exemple, la notion de "personne grande" ne peut pas être représentée par un ensemble classique. On conçoit qu'il n'existe pas uniquement des individus grands (i.e. : plus de 1m80) et non grands (i.e. : moins de 1m60), mais d'autres qui ne sont ni tout à fait grands ni tout à fait non grands.

On peut se poser la question de l'utilité pour un industriel de manipuler des notions imprécises. Une raison pratique est que cela permet de transcrire l'expertise d'opérateurs et d'experts, souvent basée sur de telles notions (c'est-à-dire de nature qualitative). Une justification plus théorique est le "principe d'incompatibilité", que l'on peut exprimer simplement ainsi : "La précision et la certitude sont mutuellement exclusives". La proposition "il viendra entre 8 et 9 heures" est imprécise, mais a de fortes chances d'être vraie. Par contre, la proposition "Il viendra à 8h15mn30s" est très précise mais se révélera probablement fausse. Il semble vain de vouloir résoudre certains problèmes de manière mathématiquement précise, les erreurs de modélisation rendant les affirmations (prédictions par exemple) que l'on fait inexactes. La logique floue, au contraire, gère autrement ce compromis nécessaire entre précision et certitude**.**

2.2. Logique floue et apprentissage

Une base de règles floues est le résultat de l'expression d'une expertise. On cherche à modéliser le savoir-faire d'un opérateur, d'un expert ou un système physique. La mise au point (manuelle ou automatique) des bases de règles peut concerner d'une part la structure et d'autre part les paramètres.

2.3.Type d'apprentissage floue

2.3.1. Apprentissage de la structure :

(1) choix des variables d'entrée et de sortie

(2) choix du nombre (et des noms éventuels) des fonctions d'appartenance

(3) choix des relations entre entrées et sorties de la base de règles

(4) choix du nombre de règles

2.3.2. Apprentissage paramétrique :

01-apprentissage des paramètres définissant les fonctions d'appartenance d'entrée des règles

02-apprentissage des paramètres définissant les sorties des règles

Il n'existe pas de méthode universelle pour mettre au point les bases de règles floues. On décompose leur mise au point en étapes successives, mais en fait elles sont liées et il faut parfois revenir en arrière. On peut schématiser la situation par la figure 19. La nature de la

connaissance mise en œuvre quand on met au point une règle est très différente de celle mise en œuvre pour une fonction d'appartenance :

Règle : qualitative, symbolique, description du fonctionnement de base du système, codage combinatoire

Fonction d'appartenance : numérique, pont entre le qualitatif et le quantitatif, description précise des concepts et donc du domaine d'action des règles, codage continu.

La modification d'une règle modifie le fonctionnement qualitatif de la base de règles (même localement), alors que la modification d'une fonction d'appartenance préserve le fonctionnement qualitatif, mais le modifie quantitativement.

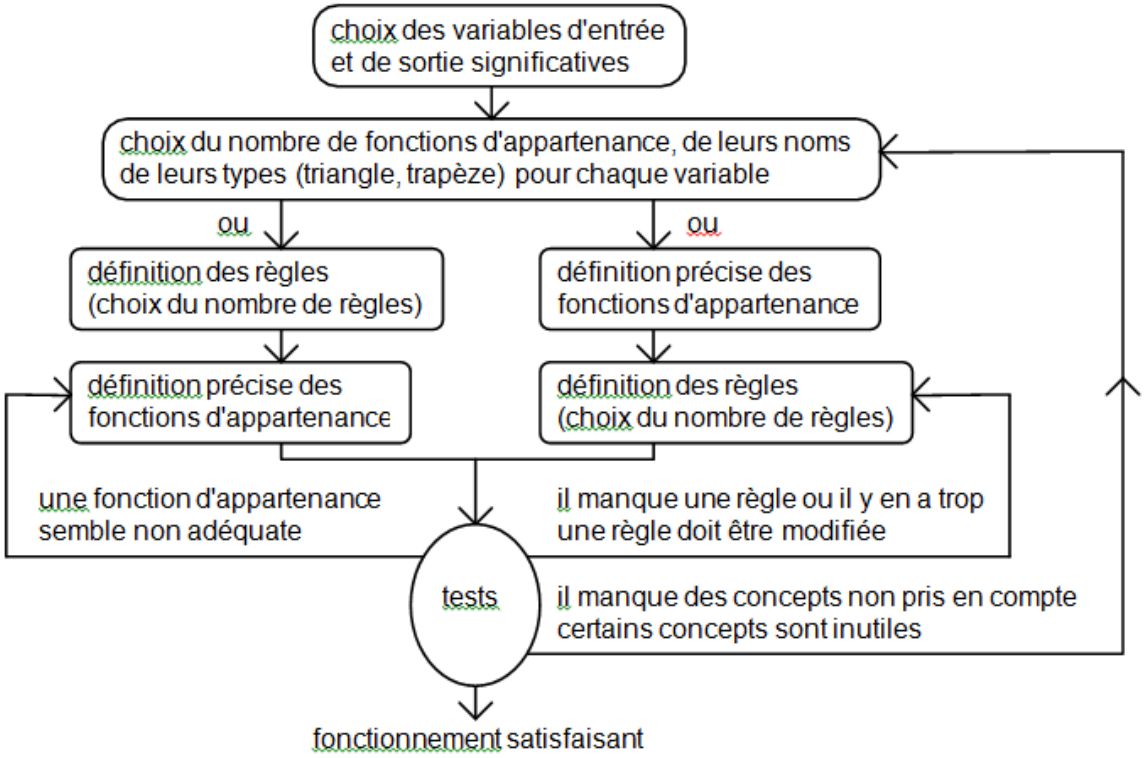


Figure 19 : Mise au point manuelle d'une base de règles floues

2.4. Utilité de l'apprentissage :

On verra qu'il existe des méthodes d'apprentissage modifiant les règles floues, et d'autres les fonctions d'appartenance. On peut effectuer un apprentissage pour les raisons suivantes

01-rendre les bases de règles floues portables d'un système sur un autre semblable dans le principe mais différent quantitativement (on évite alors la redéfinition des fonctions d'appartenance)

02-rendre le développement des bases de règles floues plus systématique, en optimisant les bases de règles floues écrites manuellement

03-mettre au point des contrôleurs ou des systèmes flous munis d'une faculté d'apprentissage, par exemple capables de s'adapter en temps réel

04-minimiser la complexité des bases de règles floues en déterminant le nombre minimal de règles et de fonctions d'appartenance pour résoudre un problème donné

05-identifier un système (ou le comportement d'un opérateur)

Selon le domaine industriel concerné, ces buts sont plus ou moins intéressants. Dans les systèmes d'automatismes (par exemple automates programmables, commandes numériques, ...), il nous semble que (1), (2) et (3) sont prioritaires.

-Le point (1) pourrait permettre de réaliser des modules de savoir-faire réutilisables, qui seraient utiles dans le cadre d'une activité de développement de systèmes. On peut comparer le développement de tels modules à la programmation modulaire en informatique, qui a facilité sa généralisation. De tels modules pourraient permettre un transfert plus systématique du savoir.

-Le point (2) semble moins crucial, mais est très proche des préoccupations des utilisateurs de la logique floue, qui voudraient savoir quand s'arrêter quand ils développent un système flou. Il n'existe pas aujourd'hui de méthode pour s'assurer que l'on a atteint une performance optimale pour l'architecture de règles que l'on a choisie, ce qui rend la mise au point des fonctions d'appartenance très dépendante de l'intuition de la personne qui effectue le réglage.

-Le point (3) est lié aux architectures de commande adaptatives ou à apprentissage, mais aussi à l'obtention d'une meilleure flexibilité dans les systèmes de production, et à la mise au point de lignes de production pouvant évoluer au fur et à mesure que les besoins évoluent.

2.5. Définition des notions de base

Messages : Est un message envoyer par un véhicule pour préciser ces information aux autres véhicules, comme (la position, la direction, la vitesse, l'accélération…etc).

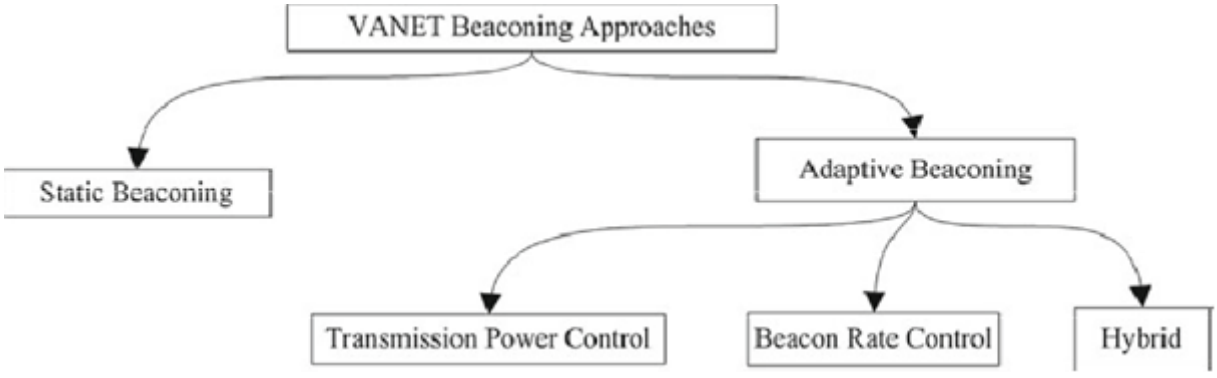
Beaconing : représente l'action d'envoi de messages aux autres véhicules périodiquement à un taux fixe ou adaptatif.

2.6. Classification des approches de beaconing

Comme la montre la figure ci-dessous, les approches de beaconing sont divisées en deux types : beaconing fixe et adaptatif.

2.4.4. L'approche basée sur la logique floue ABR :

L'approche ABR intelligente utilise un système de logique floue [39,40]. Cette dernière est un processus de prise de décision basé sur des fonctions d'appartenance d'entrée et un groupe de règles floues. Il est appliqué pour contrôler le taux de messages basé sur des mesures intelligemment combinées (pourcentage des mêmes véhicules directionnels et leur statut d'urgence ou non-urgence).



Figue 8: Taxonomie de la littérature sur les approches de beaconing [27]

Le beaconing fixe consiste à établir la connaissance de chaque véhicule sur les autres véhicules à proximité en transmettant l'information véhiculaire à un taux de beaconing fixe dans tous les scenarios de vehicules.

La performance de réseau pourrait être détériorée en termes de paquets excessif et de manque de fiabilité de la diffusion de message de messages . Pour atténuer ce problème trois types de beaconing adaptatifs ont été proposés.

Le contrôle de la puissance de transmission est utilisé pour réduire la puissance de transmission dans des scenarios de vehicules denses, et donc améliorer l'équité de canal, en outre l'adaptation de beaconing peut être effectué aussi en contrôlant le taux de messages avec une distribution hétérogène de vehicules, enfin ces deux types cités ci-dessus peuvent être assemblés en un seul type qui s'appelle le beaconing hybride.

Le taux de messages élevé conduit à la congestion du réseau tandis qu'un faible taux de messages provoque des informations de position partagées inexactes. Pour remédier à ce problème, le contrôle de taux de messages a été utilisé.

Nous étudions dans ce qui suit, les différentes approches de contrôle de taux de messages .

2.7. Quelques approches de contrôle de taux de messages

2.7.1. Exploration du beaconing adaptatif pour une communication efficace sur la sécurité des véhicules

2.7.1.1. Métrique pour l'exactitude de position

Dans [28], la métrique de précision de position a été proposée pour l'évaluation de différents taux de messages.

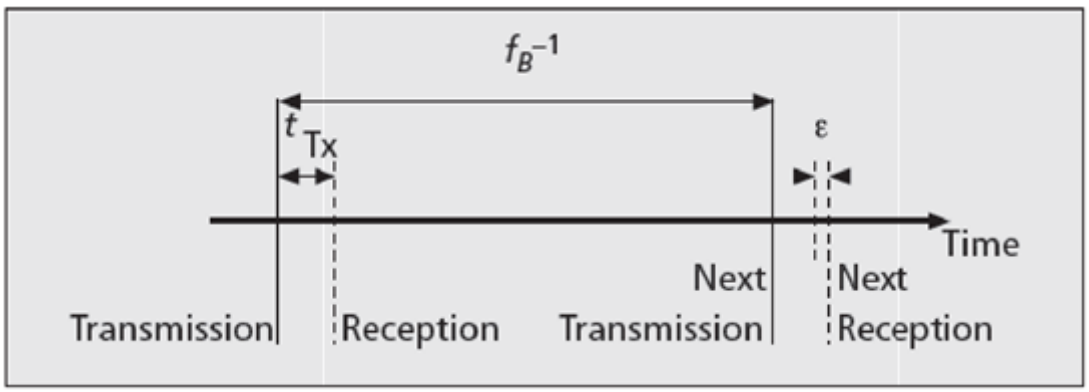


Figure 9: Relation des paramètres de temps pertinents qui déterminent la précision [28]

Comme le montre la figure 9, l'erreur représente la dernière information de position reçue par rapport à la position physique actuelle d'un véhicule. Ses paramètres d'entrée sont la vitesse v du véhicule, la fréquence de messages fBet le retard de transmission tTx.

La métrique est définie en fonction de trois critères :

•Erreur de position minimale □E□: indique la limite d'erreur inférieure résultant du retard de transmission tTx.

• Erreur de position maximale □E□: est la limite supérieure qui se produit lorsque la position d'un véhicule est recherchée (□) juste avant de recevoir le prochain messages de ce véhicule.

• Erreur de position moyenne□E: exprime l'erreur moyenne en supposant que l'événement de recherche de la position est uniformément réparti entre la différence de temps minimum et maximum à l'événement de transmission de messages .

L'équation de la métrique est la suivante :

$$\overline{E} = \frac{\lfloor E \rfloor + \lceil E \rceil}{2} = vt_{Tx} + \frac{v(f_B^{-1} - \varepsilon)}{2}. \qquad (1)$$

Les deux critères qui déterminent le beaconing adaptatif sont : la précision et la charge offerte [29, 30].

La métrique pour l'exactitude de position est réalisée selon différentes situations :

La figure 10 donne un aperçu de ces situations. Pour chacun d'entre eux, nous discutons l'impact sur la précision et la charge offerte.

2.4.4.1. État d'urgence des véhicules (VS)

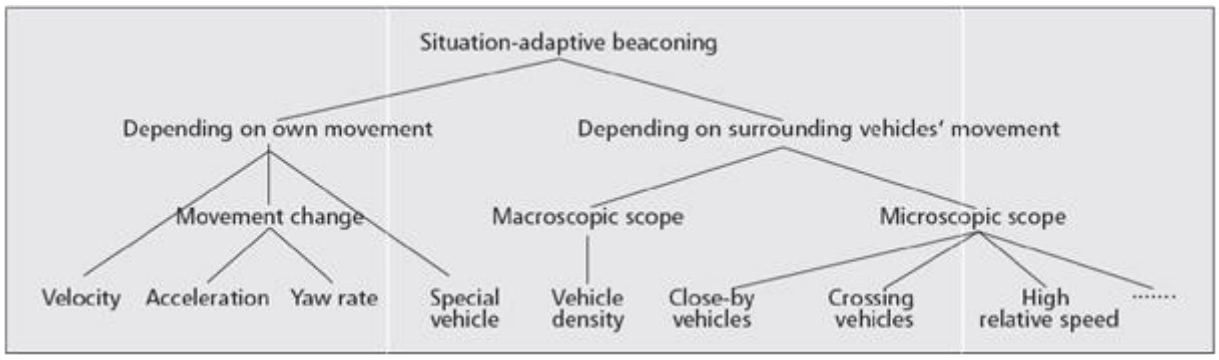


Figure 10: Vue d'ensemble des schémas essentiels pour le beaconing adapté

à la situation [31]

2.7.1.2. Adaptation selon le mouvement du véhicule

Cette adaptation considère uniquement l'état actuel du véhicule émetteur. Selon la Figure 10, trois critères principaux peuvent être pris en compte. Le premier critère est la vitesse d'un véhicule.

Le deuxième critère repose sur les situations dangereuses où un véhicule change son mouvement. Par exemple, freiner lourdement, tourner ou changer de voie, qui peuvent déclencher un taux de beaconing plus élevé.

Le dernier critère concerne les véhicules avec des mouvements spéciaux, comme les véhicules d'urgence, qui peuvent avoir un taux de beaconing plus élevé, en informant les autres véhicules pour dégager le chemin [32].

2.7.1.3. Adaptation selon le mouvement des véhicules environnants

Les systèmes décrits dans cette section sont basés sur la connaissance des véhicules environnants.

- Situation du trafic macroscopique :

01-Des situations avec des densités élevées de véhicule peuvent constituer un problème pour une communication fiable puisque la capacité du canal peut être dépassée. Pour réduire de manière proactive la charge offerte, le taux de messages doit être abaissé au cas où la densité du véhicule serait élevée.

02-Une autre approche consisterait à réduire le taux de messages en fonction du nombre de messages reçus par seconde au lieu du nombre de véhicules communicants. Le problème est la répartition inégale des taux de messages à différents véhicules. En supposant que le véhicule A augmente la vitesse, le véhicule B réagit à ceci avec une réduction de la vitesse des messages , conduisant potentiellement à une augmentation encore plus importante de la vitesse des messages par le véhicule A.

03-Situation du trafic microscopique L’impact sur la charge offerte est faible par rapport aux situations macroscopiques où tous les véhicules réagissent en parallèle. Les réactions microscopiques déclenchent une augmentation du débit des messages dans des situations particulières [33].

2.7.1.4. Précision par rapport à la charge offerte

Imaginez un embouteillage avec un certain taux de messages, ce dernier doit être augmenté au cas où la situation du trafic change pour avoir une précision plus élevée.

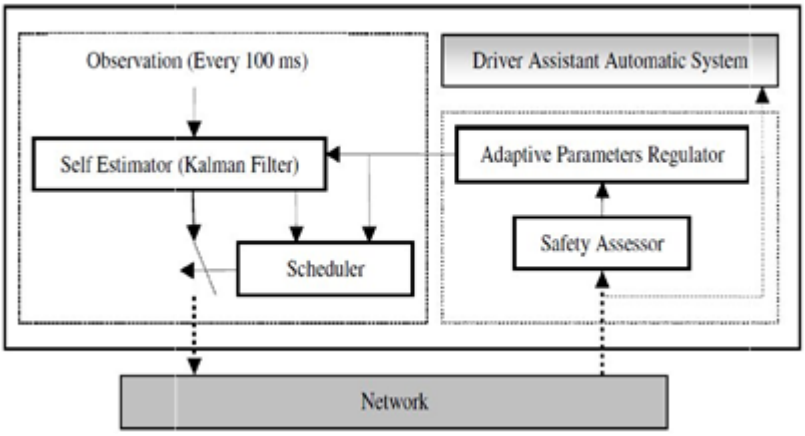
2.7.2. L'estimateur du filtre deKalman

Dans [34], ils proposent une méthode d'estimation basée sur le filtre de Kalman [35] afin de diminuer le nombre de messages émis pour réduire le nombre de collisions.

Le filtre de Kalman est un ensemble d'équations mathématiques qui fournit une méthode qui permet l'estimation de l'état d'un processus, de façon à minimiser l'erreur.

Un algorithme de filtre de Kalman est implémenté dans chaque véhicule pour estimer l'emplacement longitudinal et latéral du véhicule.

La figure 11 montre le schéma fonctionnel de la méthode, Le bloc Scheduler détermine si une transmission est nécessaire ou pas. À chaque 100 ms, le Schedule permet la transmission si l'erreur de l'emplacement transmis précédent est supérieure à un seuil, bien sur à partir de l'emplacement réel. Une transmission fraîche est effectuée si aucune estimation n'est disponible. En d'autres termes, lorsque les voisins sont informés de l'emplacement du véhicule, aucune transmission n'est effectuée.



Figue 11:Schéma fonctionnel de la méthode [35]

Lorsqu'un paquet est reçu par un véhicule, la distance et la vitesse relative entre l'émetteur et le récepteur sont calculées. Ces deux facteurs nous permettent de reconnaître l'état de sécurité de la situation. L'objectif principal des paramètres adaptatifs (distance, vitesse) est de fournir une situation sûre pour le véhicule et ses voisins.

Si la distance entre deux véhicules est inférieure à la valeur absolue de la vitesse relative, le véhicule récepteur reconnaît un état dangereux. Par conséquent, les paramètres adaptatifs de ce véhicule sont ajustés de la manière suivante: le seuil d'erreur d'estimation longitudinale et latérale diminue respectivement à 1 m et 0,5 m, et le nombre d'étapes d'estimation se réduit à 2. Sinon, si l'état est considéré comme sûr, le seuil d'erreur d'estimation longitudinale augmente à 2 m et le seuil d'erreur d'estimation latérale augmente à 1 m et le nombre d'étapes d'estimation passe à 9.

Pour plus d'attention en comparaison avec la distance (notée d) et la vitesse relative (notée v), le seuil d'erreur d'estimation longitudinale égale à 2 m et le seuil d'estimation latérale égal a 1m et le nombre d'étape d'estimation est égale a 9, qui est ajoutée à la valeur absolue de la vitesse relative. Pour augmenter la sécurité, une autre quantité constante peut être ajoutée (noté s). En d'autres termes, lorsque la relation (1) est établie, la situation de sécurité sera acquise.

$(|v| + 2 + s) < d$

2.7.3. L'approche ABRP (adaptative beaconing radiodiffusion protocole)

Pour résoudre le problème de taux de beaconing, le protocole ABRP [36] a été proposé. Ou il adapte le rythme de radiodiffusion au changement de distance de freinage.

Pour obtenir des informations de conduite quasi instantanées on doit avoir un taux de diffusion de messages plus élevé. Dans les situations dangereuses l'augmentation du taux de beaconing pour tout les véhicules est nécessaire pour freiner, cette opération à besoin d'une distance d'arrêt, cela conduit à augmenter la congestion de canal qui peut élever le taux de collision de messages .

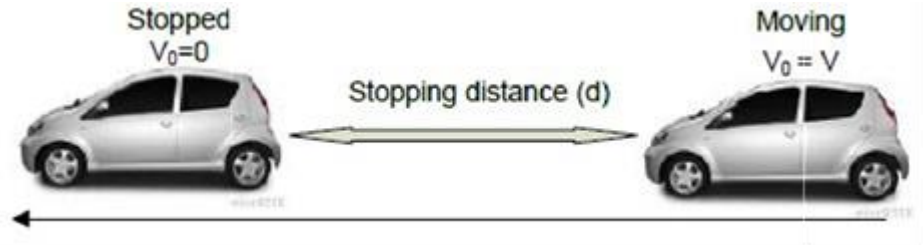


Figure 12: Distance d'arrêt [36]

Le taux de messages adaptatif peut permettre aux véhicules de paramètres de conduite supérieurs de changer le taux de diffusion à une fréquence plus élevée. Cela peut aider à obtenir des informations de conduite proches du temps réel du véhicule en mouvement. Comme le montre la figure 12, la distance d'arrêt d comprend deux parties: distance de réflexion (td) et distance de rupture (bd) exprimée en :

$$d = t_d + b_d$$

La distance de réflexion td est la distance parcourue par un véhicule entre le moment où le besoin de freiner est perçu par le conducteur et le moment où le conducteur pousse la pédale de frein. Alors que la distance de rupture bd est la distance entre le moment où la pédale de frein est appliquée et le moment où le véhicule vient à l'arrêt complet.

La distance de réflexion est estimée à partir des tables et des courbes qui montrent la vitesse du véhicule et sa distance de réflexion correspondante. La distance de freinage dépend de nombreux facteurs: la masse du véhicule, la vitesse, le type de système de freinage, le coefficient de frottement entre la surface de la route et les pneus, la gravité de la Terre, la pente de la route…Etc.

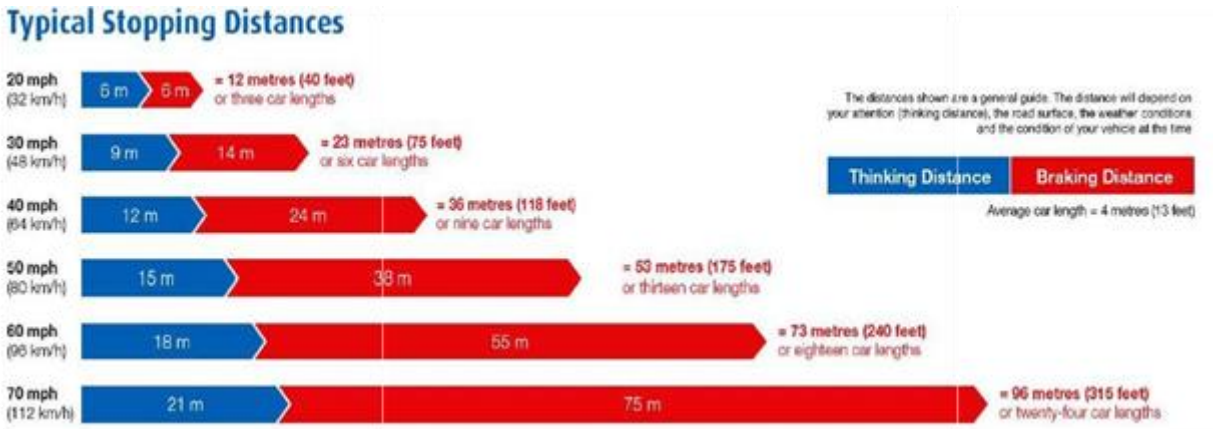


Figure 13: Distance d'arrêt typique [36]

Dans un environnement réel hétérogène, différents types de véhicules, avec différents types de statut, communiquent entre eux. Certains véhicules peuvent se déplacer sur la route avec un état d'urgence, ces véhicules doivent augmenter le taux de messages pour être en mesure d'informer les véhicules voisins pour nettoyer la route.

Dans la figure ci-dessus, on remarque que plus la distance de réflexion augmente plus on obtient une distance d'arrêt plus élevée.

– L'intervalle de beaconing (I) est calculé comme suit :

$$I = \frac{1}{d\,\alpha}$$

Où d est la distance d'arrêt et α est le coefficient de beaconing.

Dans [37], les équations qui permettent de calculer la distance d'arrêt sont comme suit:

- L'énergie cinétique E est donnée par :

Où d est la distance d'arrêt et α est le coefficient de beaconing.

Dans [37], les équations qui permettent de calculer la distance d'arrêt sont comme suit:

- L'énergie cinétique E est donnée par :

$$E = \frac{1}{2}\, m\, v_0^2$$

Où m est la masse du véhicule, et v0 la vitesse initiale lors du freinage.

- Le travail W effectué par freinage est donné par :

$$W = \mu\, m\, g\, d$$

Où μ est le coefficient de frottement entre la surface de la route et les pneus. Le tableau 2 montre différentes valeurs pour différentes conditions routières, ou g est la gravité de la Terre.

Pour confirmer la validité de cette équation, ils ont montré par simulation que la distance d'arrêt augmente rapidement avec l'augmentation de la vitesse du véhicule comme illustré

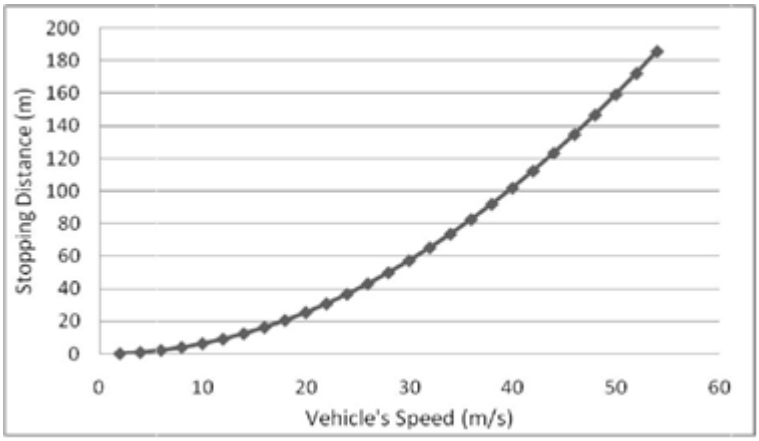


Figure 14: relation entre la distance d'arrêt et la vitesse du véhicule

La figure 15 représente la relation entre la distance d'arrêt et l'intervalle de radiodiffusion de messages . L'intervalle de beaconing augmente rapidement lorsque la distance d'arrêt augmente.

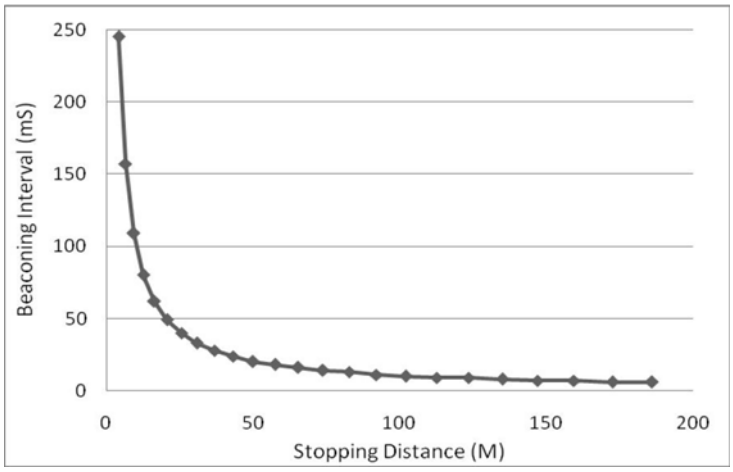


Figure 15: la relation entre la distance d'arrêt et l'intervalle

2.7.4. L'approche basée sur la logique floue ABR

Dans [38], pour résoudre le problème de répartition inégale des véhicules, allant du trafic dense d'heure de pointe à des volumes épars de fin de nuit. L'approche basée sur la logique floue (ABR) a été proposée.

L'approche ABR intelligente utilise un système de logique floue [39,40]. Cette dernière est un processus de prise de décision basé sur des fonctions d'appartenance d'entrée et un groupe de règles floues. Il est appliqué pour contrôler le taux de messages basé sur des

mesures intelligemment combinées (pourcentage des mêmes véhicules directionnels et leur statut d'urgence ou non-urgence).

2.7.4.1. État d'urgence des véhicules (VS)

Dans un environnement réel hétérogène, différents types de véhicules, avec différents types de statut, communiquent entre eux. Certains véhicules peuvent se déplacer sur la route avec un état d'urgence, ces véhicules doivent augmenter le taux de messages pour être en mesure d'informer les véhicules voisins pour nettoyer la route.

2.7.4.2. Pourcentage de véhicules directionnels

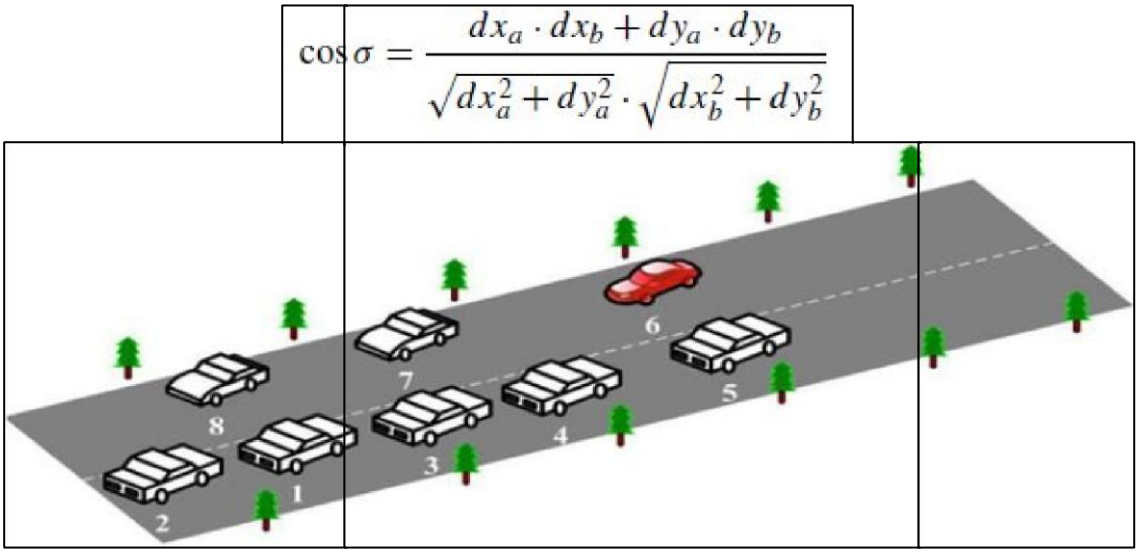
Le taux de messages est contrôlé en fonction du pourcentage des véhicules directionnels, ce taux de messages varie selon l'augmentation ou la diminution des véhicules voisins directionnels, ce pourcentage de véhicules circulant dans la même direction est considéré comme une entrée puisque il combine implicitement la direction des véhicules, la densité du trafic et la vitesse des véhicules.

Dans la Figure 16, les véhicules 1, 2, 3, 4 et 5 se déplacent dans le même sens tandis que 6, 7 et 8 se déplacent dans la direction opposée. Si le véhicule 1 veut trouver le pourcentage de véhicules voisins dans la même direction, il peut effectuer le calcul suivant :

$$PDN = NND/TNN$$

Où PDN est le pourcentage des nœuds voisins de la même direction, et NND détermine le nombre de nœuds voisins de la même direction et TNN est le nombre total de nœuds voisins. De plus, un véhicule peut calculer sa direction relative avec d'autres véhicules lorsque sa direction propre et celle de ses voisins sont connues.

Par exemple : si le véhicule a est en mouvement dans une direction (dxa, dya) et le véhicule b est en mouvement dans une direction (dxb, dyb).L'angle d'appui (σ) entre un véhicule et son voisin est calculé comme suit [38]:



Figue 16: le scénario de véhicule montrant l'état des véhicules d'urgence (véhicule numéro 6) / normal (véhicules restants) et le pourcentage des mêmes véhicules directionnels [39]

L'algoritheme1 décrit le principe de l'ABR [38] :

Algorithme 1 :

Initialiser BRc

Si le message Beacon est reçu

Alors Trouver un pourcentage de véhicules voisins de même direction

Trouver sa propre situation d'urgence

Déclenchement de système d'inférence floue

Obtenir la valeur de BRr

BRn = BRc + γ (BRr -BRc)

BRc = BRn

BIT = 1/ BRc

Sortie de la valeur de BIT

Fin si

Chaque fois qu'un véhicule reçoit un messages de ses voisins, le véhicule vérifie le pourcentage de véhicules voisins directionnels et son état d'urgence. Après avoir collecté ces

informations, il déclenche le système d'inférence floue pour calculer la valeur de taux de messages requis (BRr).La nouvelle valeur de Beacon Rate (BRn) est alors calculée sur la base de l'équation suivante:

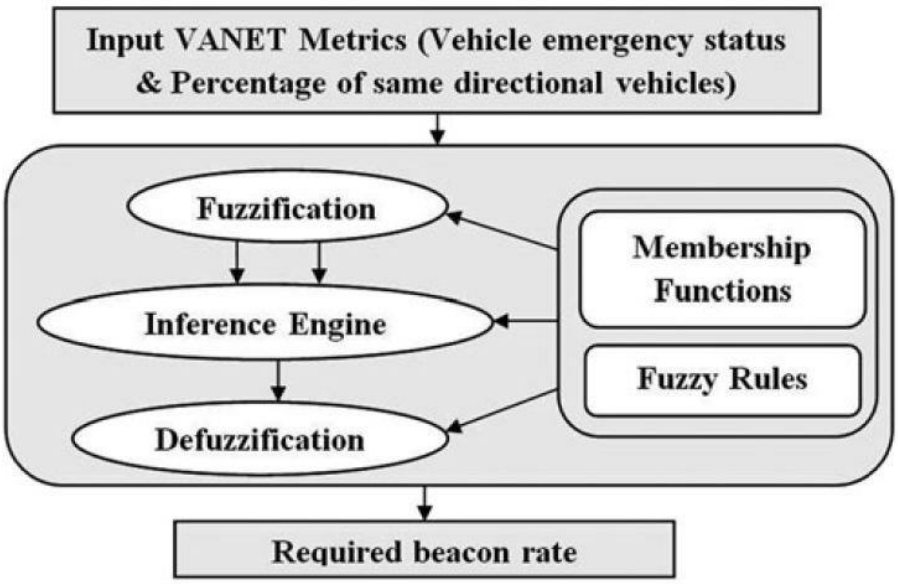
$$BRn = BRc + \gamma\ (BRr - BRc)$$

Lorsque BRn est la nouvelle valeur du taux de messages , BRc est la valeur courante du taux de messages , BRr est le débit de messages requis qui est la sortie du système d'inférence floue. De plus, γ est le facteur de pondération qui est utilisé pour maintenir la valeur de BRn.

Si la valeur de $\gamma = 0$, BRn = BRc, c'est-à-dire qu'elle annule l'effet de l'adaptation du débit de messages . D'autre part, $\gamma = 1$ conduit à une augmentation ou diminution abrupte du débit de messages . Cela entraînerait une réduction de la congestion ou la précision des canaux transitoires. Après l'obtention de la nouvelle valeur de la fréquence de messages , ils ont déterminé la valeur de Beacon Interval Time (BIT), ce qui permet de programmer la prochaine messages en secondes BIT. De plus, la valeur du débit de messages requis dépend du système d'inférence floue conçu.

2.7.4.3. Conception du système de prise de décision en logique floue

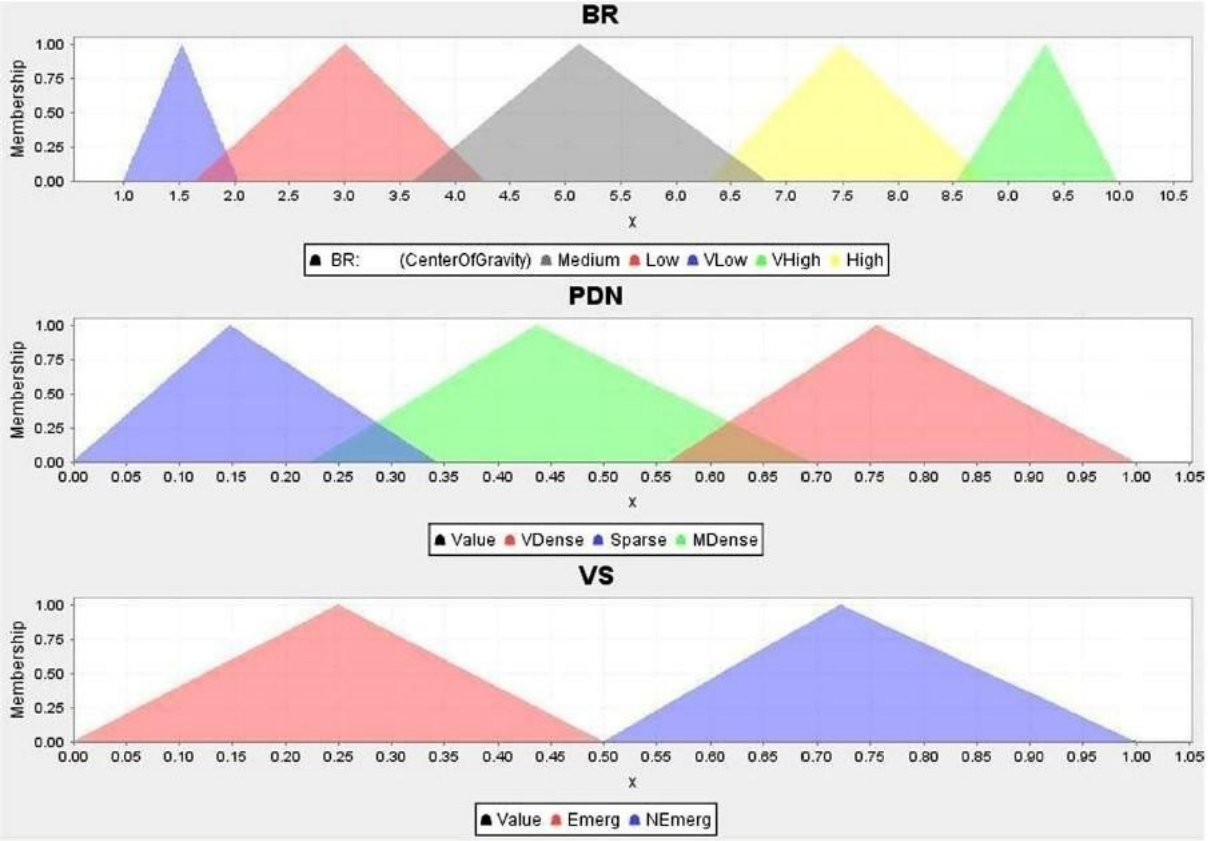
Comme le montre la Figure 17, le système d'inférence floue consiste en fuzzification, moteur d'inférence et défuzzification. La première étape dans la conception d'un système d'inférence floue est de déterminer les variables d'entrée et de sortie et leur ensemble flou des fonctions d'appartenance. Ceci est suivi par la conception de règles floues pour le système. De plus, un groupe de règles est utilisé pour représenter le moteur d'inférence pour articuler l'action de contrôle [39,40].



Figue 17 : Composants de logique floue (fuzzification, moteur d'inférence et défuzzification) pour générer la fréquence de messages (BRr) [39]

2.7.4.3.1. Fuzzification des entrées et des sorties

Les deux paramètres d'entrée à fuzzifier sont le pourcentage de véhicules voisins directionnels (PDN) et l'état du véhicule (VS) [38], comme illustré à la Figure 18**.**



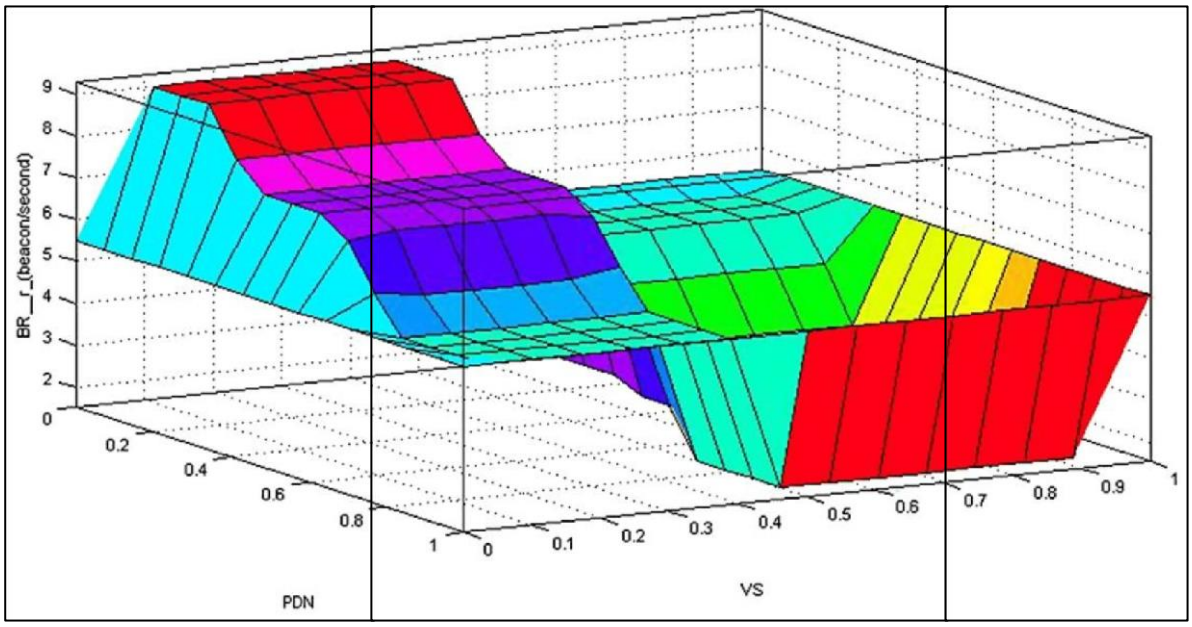
Figue 18 : Fonctions d'appartenance floues pour les variables d'entrée (VS) et Pourcentage de vecteurs directionnels (PDN) et de sortie (Beacon Rate (BRr)) [38]

Les fonctions d'appartenance nommées Sparse, MDense et VDense sont utilisées pour représenter le PDN. La sélection des fonctions d'appartenance au PDN peut être dérivée en fonction de l'expérience ainsi que de l'essai et de l'erreur de l'application requise, ainsi la plage commence à (0) et se termine en (1). Le raisonnement derrière cette gamme est qu'un noeud peut ne pas avoir un même nœud directionnel voisin (0) ou tous les véhicules se déplacent dans la même direction (1). Lorsque des véhicules sont en mouvement, la valeur de PDN peut varier entre sa valeur minimale et sa valeur maximale. Ainsi, la valeur du débit de messages est adaptée en réponse à cette variation de pourcentage combinée intelligemment avec l'état des véhicules (VS).

En outre, la variable floue VS est représentée par des valeurs nettes ou discrètes, car l'état des véhicules est soit d'urgence, soit non d'urgence. La représentation de valeurs discrètes de variables floues dans le système d'inférence floue sert pour ajuster le débit de données. Les fonctions d'appartenance Emerg et Nemerg sont utilisées pour représenter le statut d'urgence ou non d'urgence des véhicules, il n'y a pas d'intersection entre Emerg et NEmerg aux axes x. La vitesse de messages de sortie est configurée dans une plage comprise entre (1 à 10 messages / seconde), Plus cette valeur est élevée, plus le temps de cycle de service pour la génération de messages est faible.

2.7.4.3.2. Moteur d'inférence floue

Le moteur d'inférence flou est un groupe de règles développées à l'aide de connaissances spécialisées, qui relient les entrées et les sorties. Le système d'inférence floue est conçu sur la base de 6 règles qui sont présentées dans le tableau 3 et la figure 19.



Figue 19 : Corrélation entre les entrées (PDN et VS) et la sortie (BRr) [38]

Rule	IF		THEN
	Percentage of Direc	**VehicleStatus**	**BRr**
1	Sparse	Emerg	VHigh
2	MDense	Emerg	High
3	VDense	Emerg	Medium

4	Sparse	NEmerg	Medium
5	MDense	NEmerg	Low
6	VDense	NEmerg	VLow

Tableau 3: Structure de la connaissance basée sur des règles floues

Une règle est utilisée pour montrer comment le moteur d'inférence fonctionne et les sorties de chaque règle sont combinées pour générer la décision floue. Considérons une règle If (PDN est Sparse) et (VS est NEmerg) alors (BR (beacon / second) est Medium) comme un exemple de calcul de sortie de la règle spécifiées

2.7.4.3.3. Défuzzification

La défuzzification fait référence à la façon dont une valeur nette est extraite d'une valeur de consigne floue. Dans notre prise de décision floue, nous prenons le centre de gravité de la stratégie de zone pour défuzzification. Cette méthode défuzzifier est basée sur l'équation suivante:

$$R = \frac{\sum_{AllRules} x_i \times \beta(x_i)}{\sum_{AllRules} \beta(x_i)}$$

Où R est utilisé pour spécifier le degré de prise de décision, xi est la variable floue et β (xi) est sa fonction d'appartenance. Sur la base de cette méthode de défuzzification, la sortie du taux de messages est changée en valeur nette.

2.7.5. Un schéma de contrôle des fréquences de messages basé sur la logique floue

Dans [41], la logique flou est utilisée pour contrôler le taux de messages des véhicules selon trois facteurs, le facteur d'occupation de canal CBR, le facteur de densité local qui détermine le nombre de messages dans une certaine plage et en fin le facteur de mobilité.

Le contrôle de congestion de canal est divisé en deux approches, contrôle de puissance et contrôle de débit. la commande de puissance ajuste la puissance d'émission des messages ce qui réduit le nombre de véhicule occupant le canal, en d'autre part le contrôle de débit sert à réduire le taux d'occupation de canal en contrôlant le taux de génération de messages .

Le protocole utilisé contrôle le taux de génération de messages jusqu'à ce qu'un seuil CBR défini soit atteint. Un seuil fixe peut ne pas satisfaire à l'exigence d'un réseau dynamique élevé de véhicule.

Le nœud utilise la méthode Clear Channel Assessment (CCA) [42] pour détecter si le canal est occupé. Le canal est occupé lorsque l'intégration de la force de signal mesurée est supérieure au seuil de CCA pendant une fenêtre de temps donnée. Pour mesurer le rapport du temps occupé par le canal, l'intervalle d'observation OI est divisé en un ensemble de minislots et l'état du canal sera mesuré dans chaque mini-slot via CCA. Le CBR serait calculé par l'équation suivante (cb k est 1 pour le mini-slot occupé et 0 autrement):

$$CBR = \frac{\sum_{k=i} cb_k}{N}, N = T_{OI} / T_{\min islot}.$$

Pour un véhicule donné, la densité locale K résultante peut être approchée par :

$$K = (\frac{(1-f_s)^{\eta+1}}{\lambda} + 1)^{-1}, \quad (2)$$

Où □ est un paramètre qui indique la qualité de service QoS dans le réseau de transport et □□est une mesure normalisée pour la sensibilité de l'interaction du véhicule. Le paramètre *fsqui* appartient à [0,1] concerne la vitesse du véhicule et le flux de trafic. *f*saugmente lorsque le trafic passe du flux libre au flux congestionné.

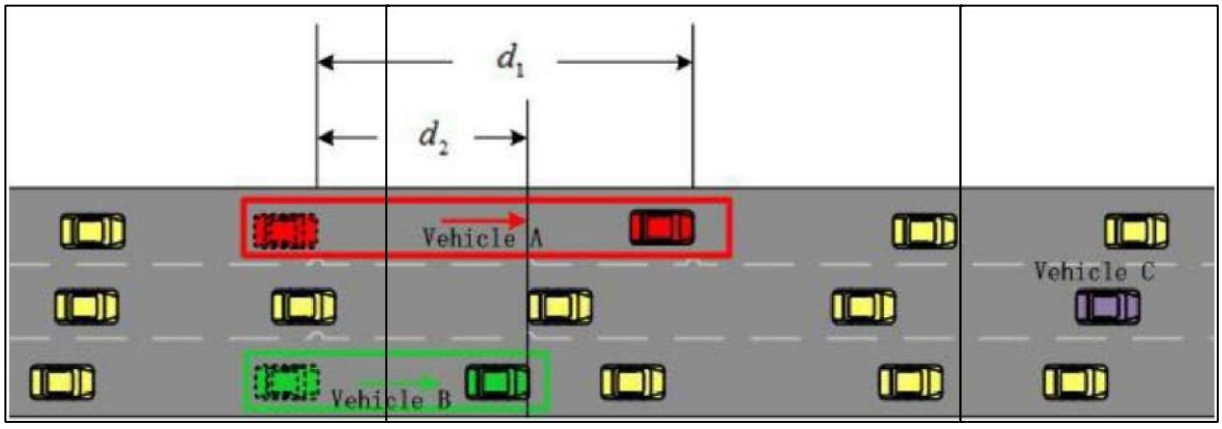


Figure 20: Les différentes vitesses relatives dans une situation réelle [43]

Voyons une situation illustrée à la Figure 20, qui est un instantané de flux de trafic supposant à l'instant t2, le véhicule rouge A tracé en pointillé est affiché à des fins de comparaison. Il représente la position du rouge en pleine ligne à une heure antérieure t1. Il en va de même pour la paire verte. d1 et d2 désignant respectivement la distance parcourue par le véhicule A et le véhicule B sur la même période t1-t2.

La vitesse moyenne de A est plus élevée que celle de B. Le véhicule A à donc voyagé plus loin. En admettant que le véhicule A et B aient le même taux de messages, A peut souffrir d'une précision inférieure car A n'est pas en mesure d'informer ses connaissances à temps pour des véhicules tels que C.

Le nœud calcule un facteur de mobilité (MF) dans les équations (3) et (4). MF indique le niveau moyen de mobilité de tous les nœuds voisins. di(x) est la distance entre le nœud courant et le nœud X au temps i. R est la plage de communication maximale et NB est le nombre de voisins [43].

$$M(\mathrm{X}) = 1 - \frac{\left| d_i(\mathrm{X}) - \mathrm{d}_{i-1}(\mathrm{X}) \right|}{R}, \qquad (3)$$

$$\mathrm{MF} = \frac{1}{NB} \sum\nolimits_{NB} M(\mathrm{X}). \qquad (4)$$

2.7.5.1. Fuzzification

Processus de conversion d'une valeur numérique en une valeur floue à l'aide d'une fonction d'appartenance floue appelée fuzzification [44]. Les fonctions d'appartenance floue du facteur CBR, du facteur de densité local et du facteur de mobilité sont définies à la Figure 21 ,22 et 23.

Un nœud utilise la fonction d'appartenance CBR pour calculer dans quelle mesure le facteur CBR appartient à High, Medium, Low. De même, le nœud émetteur calcule également dans quelle mesure le facteur de densité local appartient à Large, Medium, Small et dans quelle mesure le facteur de mobilité appartient à Fast, Medium, Slow.

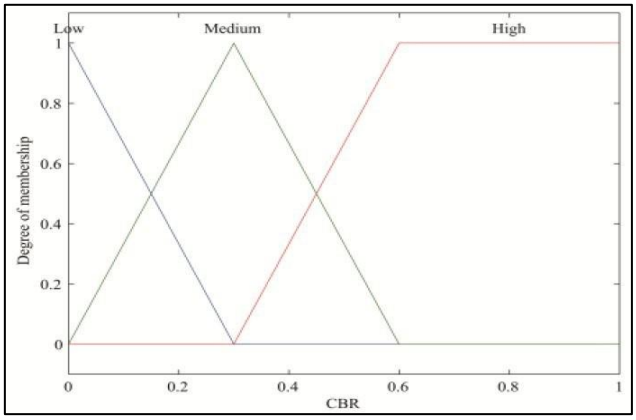


Figure 21: fonction d'appartenance CBR

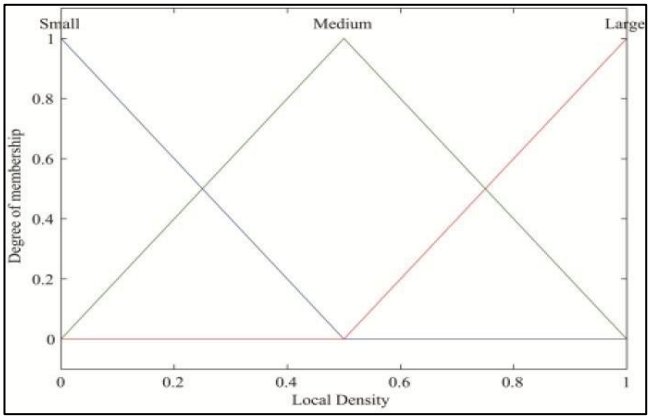


Figure 22: Fonction d'appartenance à la densité locale

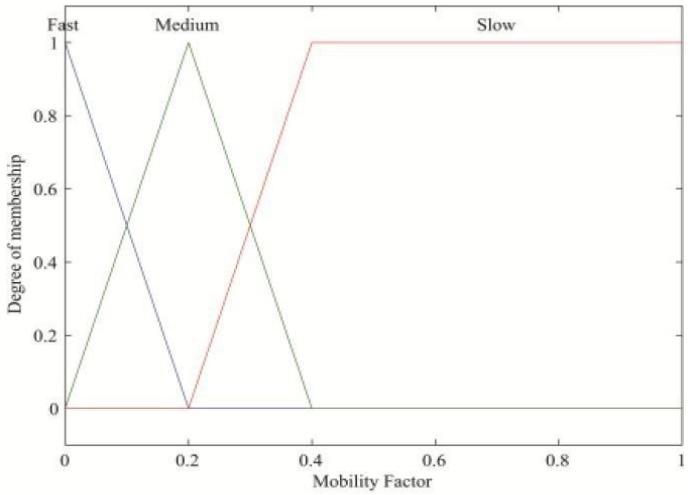


Figure 23: Fonction d'appartenance au Facteur de mobilité

2.7.5.2. Base des règles

En se basant sur les valeurs floues du facteur CBR, du facteur de mobilité et du facteur de densité locale, un nœud utilise les règles IF / THEN comme défini dans le tableau 4, pour calculer le rang de l'état de congestion des canaux. Les variables linguistiques du rang sont définies comme très faible, faible, moyen, élevé, très élevé. Nous utilisons la méthode MinMax pour combiner leurs résultats d'évaluation.

	CBR	**Local Density**	**Mobility**	**Rank**
Rule 1	Low	Small	Fast	Very High

Rule 2	Low	Small	Medium	Very High
Rule 3	Low	Small	Slow	High

Rule 4	Low	Medium	Fast	Very High
Rule 5	Low	Medium	Medium	High
Rule 6	Low	Medium	Slow	High
Rule 7	Low	Large	Fast	High
Rule 8	Low	Large	Medium	Medium
Rule 9	Low	Large	Slow	Medium
Rule 10	Medium	Small	Fast	High
Rule 11	Medium	Small	Medium	Medium
Rule 12	Medium	Small	Slow	Medium
Rule 13	Medium	Medium	Fast	Medium
Rule 14	Medium	Medium	Medium	Medium
Rule 15	Medium	Medium	Slow	Low
Rule 16	Medium	Large	Fast	Medium
Rule 17	Medium	Large	Medium	Low
Rule 18	Medium	Large	Slow	Low
Rule 19	High	Small	Fast	Medium
Rule 20	High	Small	Medium	Low
Rule 21	High	Small	Slow	Low
Rule 22	High	Medium	Fast	Low
Rule 23	High	Medium	Medium	Very Low
Rule 24	High	Medium	Slow	Very Low
Rule 25	High	Large	Fast	Very Low
Rule 26	High	Large	Fast	Very Low
Rule 27	High	Large	Slow	Very Low

Tableau 4: les règles de bases

2.7.5.3. Défuzzification

Défuzzification est le processus de production d'un résultat numérique basé sur une fonction d'appartenance de sortie et des degrés d'appartenance correspondants. La fonction d'appartenance de sortie est définie à la Figure 24. Ici nous utilisons la méthode Center of Gravity (COG) pour défuzzify le résultat flou comme suit:

$$D = \frac{\sum_{AllRules} x_i \times \beta(x_i)}{\sum_{AllRules} \beta(x_i)}, \quad (5)$$

Où R est le degré de prise de décision, *xi* est le facteur flou et *(xi)*est sa fonction d'appartenance. Sur la base de cette méthode de défuzzification, la sortie du taux de messages est changée en valeur nette.

2.7.5.4. Mécanisme de contrôle des taux

Après avoir estimé l'état de congestion par logique floue, nous utilisons le diagramme de diminution multiplicative d'augmentation additive (AIMD) pour contrôler le débit de délivrance de messages. La fréquence de messages (BR) est initialisée à 10 paquets par seconde, et à chaque intervalle d'observation OI, le taux de messages est adapté comme suit:

$$\mathrm{BR} = \begin{cases} BR/2 & 0 < R < \gamma \\ BR+1 & R \geq \gamma \end{cases}, \quad (6)$$

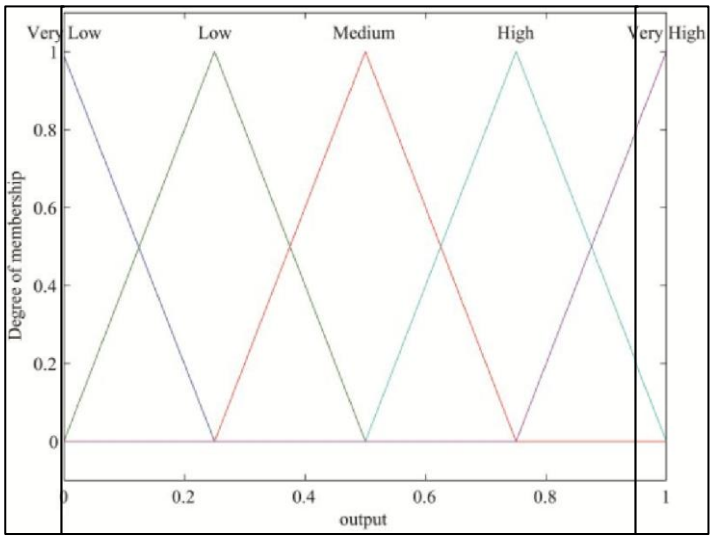


Figure 24 : Fonction d'appartenance de sortie

Où le seuil de décision, lorsque est égal à 0,6 le système de contrôle fonctionne le mieux.

2.8. Conclusion

Tout au long de ce chapitre, nous avons présenté les différents travaux connexe concernant les méthodes d'apprentissage floue utiliser dans les services multimédia adaptatifs, cette technique qui se base sur une logique floue sur des données non exacte pour obtenir des sorties de résultat exacte pour aider à la décision ,dans le chapitre suivant nous allons proposer une solution au problème des messages autre défini dans la congestion ,nous essayons d'appliquer un apprentissage floue pour trouver des priorités à ces messages on basant sur le principe cité dans l'état d'art.