الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE Dr. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE LA TECHNOLOGIE

Département de Génie Électrique

Mémoire de Fin d'Etudes

Présenté pour l'obtention du Diplôme
de Master en Génie Électrique

Spécialité : *Automatique des systèmes*

THEME

Réalisation d'un contrôleur intelligent des feux de circulation à base de la logique floue implémentée sur un API Siemens S7-300

Proposé et dirigé par,

Dr. Mounir BOUHEDDA

Préparé et présenté par,

Mr. Benyezza Hamza

Mr. Toumi Yassine

Année Universitaire 2016-2017

Travail réalisé au sein du Laboratoire des Systèmes Electroniques Avancés(LSEA) de l'Université de Médea

Remerciements

Avant tout nous tenons à remercier " Allah ". Qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons nos vifs remerciements et respectueux à notre encadreur Dr ***BOUHEDDA Mounir*** *d'avoir accepté de nos encadrer et pour son aide précieuse, son soutien et son professionnalisme.*

Nous remercions également les membres du jury qui ont acceptés d'honorés par leur présence ma soutenance afin de juger nos travail.

Nous exprimons nos profonds remerciements à tous les enseignants qui ont contribués à notre formation spécialement les enseignants d'Automatique

Et ne pas oublier de remercier tous ceux qui ont contribué d'une façon ou dune autre pour l'accomplissement de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A

L'esprit de la vie et la source de tendresse, la femme qui aimait mon cœur ... ma chère mère

A

Mon cher père qui me fait toujours le courage de continuer mes études

A

Mes frères Nassim et Abdallah

A

Mes sœurs

A

Toutes mes familles

A

Mon cher binôme TOUMI Yassine

A

Notre promoteur Dr. BOUHEDDA Mounir

A

Tous les étudiants de MASTER 2 PROMOTION 2016-2017

A

Tous mes chers amis sans exception

Hamza

Dédicaces

Il me fait le plaisir de dédier ce modeste travail qui ne sera pas réalisé sans l'aide d'Allah le tout puissant.

A la femme la plus importante du monde à celle qui hante mon cœur, mon âme, et ma raison, ma très chère mère qu'Allah la garde.

A la mémoire de mon père qui m'a fait toujours le courage de continuer mes étude qu'Allah le garde dans sans vaste paradis.

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A toute ma famille.

A mon cher binôme Hamza.

A Notre promoteur Dr. BOUHEDDA Mounir.

A tous les étudiants de MASTER 2 PROMOTION 2016-2017.

A tous mes chers amis sans exception.

Yacine

Sommaire..... VI
Liste de figures..... VI
Liste des tableaux..... VI
Nomenclature..... VII
Introduction générale.....1
Chapitre I: Etat de l'art sur la gestion de trafic routier
I.1.Introduction.....4
I.2.définitions 4
I.2.1. feux de circulation..... 4
I.2.2. circulation..... 4
I.2.3. déplacement 4
I.2.4. mobilité..... 5
I.2.5. voie 5
I.2.6. route 6
I.2.7. chaussée 6
I.3.problème de circulation routière..... 6
I.4. feux de signalisation 7
I.4.1.l'origine des feux de signalisation 7
I.4.2.principe de feux de circulation 8
I.4.3.différentes catégories de signaux lumineux de circulation 8
I.4.4.signaux lumineux d'intersection 9
I.4.4.1signal tricolore circulaire 9
I.4.4.2 signal piéton..... 9
I.4.4.3 signaux tricolores modaux..... 9
I.4.4.4signaux tricolores directionnels..... 10
I.4.4.5 signaux d'anticipation modale..... 10
I.4.4.6 signaux d'anticipation directionnelle..... 11
I.4.4.7 signal d'arrêt..... 11
I.4.4.8 signal d'arrêt pour piétons..... 12
I.4.5. pourquoi faut-il des feux de circulation ? 12
I.4.6. les feux sont-ils les réponses à tous les problèmes de circulation ?..... 13
I.4.7.objectifs et domaine d'emploi..... 13
I.5. Les différents types de feux de circulation intelligente au monde..... 13
I.5.1. des feux de circulation intelligents en Espagne 13

I.5.2. des feux de circulation intelligents en Allemagne..... 14
I.5.3.des feux de circulation intelligents en Bruxelles (Belgique) 15
I.5.4. des feux de circulation intelligents à Boucherville (Canada) 16
I.5.5. des feux de circulation intelligents en Chine 16
I.5.6. passages piétons intelligents (Grande-Bretagne) 17
I.5.7.des feux de circulation intelligents à Los Angeles (Etat Unis) 18
I.5.8. un autre exemple du feu de circulation intelligent en Los Angeles..... 18
I.5.9.feux de circulation intelligente au Texas (Etat Unis) 18
I.6.les avantage et les inconvénients de feux de circulation intelligent.....19
I.6.1. avantage 19
I.5.2. Inconvénients 20
I.6.conclusion..... 21
Chapitre II: Notion de base sur la logique floue
II.1 .introduction 23
II.2.historique de la logique floue 24
II.3.domaine d'application..... 25
II.4.théorie de la logique floue..... 26
II.4.l'ensemble flou 26
II.4.2 variable linguistique 27
II.4.3. les fonctions d'appartenance 27
II.4.4 operateurs de la logique floue 29
II.5.réglage et commande par logique floue 34
II.6. Structure d'une commande par logique floue.....34
II.6.1 interface de fuzzification 35
II.6.2 base de règles 35
II.6.3 mécanisme d'Inférence floue.....36
II.6.4 interface de défuzzification 36
II.7.avantages et inconvénients de la commande par la logique floue 39
II.8.conclusion..... 39
Chapitre III: synthèse du contrôleur floue des feux d'intersections
III.1. Introduction..... 41
III. 2.position de problème..... 41
III.3.structure du contrôleur 43
III.3.1 système floue 1.....45

III.3.1.1.fonction d'appartenance 45
III.3.1.2. variable linguistiques..... 47
III.3.1.3. les règles floues 48
III.3.2. système floue 2.....48
III.3.2.1.fonction d'appartenance 49
III.3.2.2.variable linguistiques..... 51
III.3.2.3. les règles floues 52
III.3.3.l'algorithme de contrôleur.....52
III.4.implémentation du contrôleur dans l'API..... 54
III.5.réalisation..... 59
III.6. tests de contrôleur.....60
III.7.comparaison.....64
III.8.conclusion.....65
Conclusion générale..... 67
Bibliographie 69
Annexe 74

Figure I.1 : Signal tricolore circulaire..... 9

Figure I.2 : Signal piéton.....9

Figure I.3 : Signaux tricolores modaux..... 10

Figure I.4 : Signaux tricolores directionnels..... 10

Figure I.5 : Signaux d'anticipation modaux.....11

Figure I.6 : Signaux d'anticipation directionnels.....11

Figure I.7 : Signal d'arrêt.....12

Figure I.8 : signal d'arrêt pour piétons. 12

Figure I.9 : Feu de circulation lié par des ondes Wi-Fi.....15

Figure I.10 : Feu de circulation intelligent en chine.....16

Figure I.11 : Feu de circulation lié Bluetooth et GPS..... 19

Figure II.1 : Classification des humains selon leur âge.....26

Figure II.2 : Différentes formes des fonctions d'appartenance..... 28

Figure II.3 : Fonction d'appartenance singleton.....28

Figure II.4 : Opérateur ET et OU..... 30

Figure II.5 : Opérateur ET flou réalisé par la relation (II.7).....32

Figure II.6 : Opérateur OU flou réalisé par la relation (II-8). 33

Figure II.7 : Opérateur min-max réalisé par la relation (II-9). 33

Figure II .8 : Structure interne d'un Régulateur de la logique floue..... 35

Figure II.9: Défuzzification par centre de gravité..... 37

Figure II.10: Défuzzification par valeur maximum.....38

Figure III.1 : Intersection à quatre chemins.....41

Figure III.2 : Phases de croisement à quatre voies..... 42

Figure III.3 : contrôleur intelligent des feux de circulation.....43

Figure III.4: l'organigramme de la structure de contrôleur.....44

Figure III.5 : système floue1..... 45

Figure III.6 : présentation le nombre des véhicules dans l'intersection..... 46

Figure III.7 : présentation le débit des véhicules dans l'intersection..... 46

Figure III.8 : le degré d'urgence 46

Figure III.9 : système floue 2..... 49

Figure III.10: présentation le nombre des véhicules dans l'intersection..... 50

Figure III.11 : présentation le débit des véhicules dans l'intersection..... 50

Figure III.12 : la durée de temps vert..... 50

Figure III.13 : Les formes de fonction de sortie..... 53

Figure III.14 : Bloc de la fonction triangulaire..... 55

Figure III.15: bloc de la fonction trapézoïdale..... 55

Figure III.16 : vecteurs de stockages..... 55

Figure III.17 : bloc de calcule le degré d'appartenance μ(z) 56

Figure .III.18: Blocs de centre de gravite des trois formes..... 56

Figure .III.19 : Bloc de programme de l'équation de sortie..... 57

Figure III.20 : Bloc de SF1 et SF2..... 57

Figure III.21 : bloc de calcul du maximum et leur indice..... 58

Figure III.22 : convertion réel – temps..... 58

Figure III.23 : Interface Homme Machine..... 59

Figure III.24 : maquette de l'intersection à quatre chemins..... 59

Figure III.25 : Test sur un prototype réel. 60

Figure III.26 : les étapes d'exécution de cycle 1..... 62

Figure III.27 : les étapes d'exécution de cycle 2..... 63

Figure III.28: Résultat d'exécution de délai d'attente moyen..... 65

Figure A.1: Automate Programmable Industriel *SIEMENS*..... 75

Figure A.2 : Schéma à contacts (CONT) 76

Figure A.3: schéma Logigramme (LOG) 77

Figure4: schéma SCL..... 77

Figure A.5 : Vue du portail..... 78

Figure A.6 : Vue du projet..... 79

Figure A.7: L'interface Homme/Machine dans un processus automatisé..... 79

Tableau III.1: présentation des règles floue..... 49

Tableau III.2: présentation des règles floue..... 53

Tableau III.3: paramètres de premier cycle..... 62

Tableau III.4 : Paramètres de deuxième cycle..... 64

Tableau III.5: délai d'attente moyen en fonction du débit..... 66

UMTS :Universal Mobile Télécommunications System

RLF : régulateur par logique flou

DSP : Digital Signal Processor

PC: *Personal Computer*

NV : Nombre de Véhicules

D : Débit des véhicules

SF1 : Système floue 1

SF2 : Système floue 2

API : Automate Programmable Industrielle

TIA :Totally Integrated Automation

SCL :Stuctured Control Language

IHM : Interface homme-Machine

Scoot : Split Cycle Offset Optimisation Technique

TfL : Transport of London

Wi-Fi : Wireless Fidelity

GPS: Global Positioning System

ASCAC: Association for the Study of Classical African Civilizations

DSRC: Dedicated Short Range Communication

MF_S : membreshipe fonctions

.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تنفيذ نظام ذكي يعتمد على المنطق الضبابي من أجل تنظيم إشارات المرور على مستوى مفترق الطرق من اجل تخفيض وقت انتظار السائقين،المحاكاة الرياضية الدينامكية لتدفق السيارات في مفترق الطرق محققة كخطوة أولى، أما بالنسبة للخطوة الثانية فهي عبارة عن تنفيذ الكتروني للنظام الذكي عن طريق المبرمج الآلي الصناعي s7-300 وأخيرا إجراء اختبارات ومقارنة مع أنظمة أخرى لإدارة حركة المرور على الطرق لتبين فعالية النظام المقترح.

كلمات مفتاحيه : المنطق الضبابي، المبرمج الآلي الصناعي ، إشارات المرور،نظام ذكي، مفترق الطرق، وقت انتظار السيارات .

Résumé

L'objectif de ce travail est la mise en œuvre d'un système intelligent à base de la logique floue pour la gestion des feux de circulation au niveau d'une intersection dans le but de minimiser le temps d'attente des conducteurs. Tout d'abord un contrôleur flou est modélisé et validé par Matlab. Le modèle ainsi obtenu est implémenté dans un Automate Programmable Industrielle, et enfin des tests, et comparaison sont réalisés avec d'autres systèmes de gestion de trafic routièr ont montré l'efficacité du système proposé.

Mots clé : logique floue, Automate Programmable Industrielle, feux de circulation, système intelligent, intersection, temps d'attente des véhicules.

Abstract

The aim of this work is the set-up of an intelligent system based on fuzzy logic for manage an intersection the traffic lights where the main goal is to reduce the drivers waiting time. First a dynamic mathematical model of the flow at an intersection is realized. Second, the intelligent system is implemented electronically around a Programmable Logic Controller Industrial. Finally, tests and comparison with another system of management traffic showed the performance of our proposed system.

Keywords: fuzzy logic, Programmable Logic Controller, traffic lights, intelligent system, intersection, waiting time of the car.

INTRODUCTION GENERALE

L'une des principales caractéristiques des villes modernes est la croissance permanente de la population dans un secteur relativement petit. La conséquence de ce fait est l'augmentation du nombre de voitures et aussi la nécessité du mouvement et du transport des personnes et des biens dans les réseaux urbains.

L'augmentation de la demande de trafic urbain nécessite des approches pour gérer les flux de trafic.

Il existe de nombreuses approches utilisées pour gérer le flux de trafic aux intersections. Une des premières approches était d'utiliser un Rond-point avec les règles que le conducteur doit suivre. Cette approche convient à l'état de la circulation légère et est encore largement utilisée dans de nombreux domaines. Les carrelages sont utilisés principalement pour réduire la vitesse du véhicule ainsi que pour éviter les accidents dans les intersections. Cependant, lorsque la demande de trafic augmente, cette approche entraîne un goulot d'étranglement causé par des blocages fréquents au autour de rond. Par conséquent, des feux de signalisation ont été introduits pour résoudre ce problème [1].

Fondamentalement, il existe deux types de feux de signalisation conventionnels des systèmes de commande qui sont en utilisation. Un type de contrôle utilise un temps de cycle prédéfini pour changer les lumières. L'autre type de contrôle combine le temps de cycle prédéfini de capteurs de proximité qui peut activer un changement de la durée de cycle ou les lumières.

Dans le cas d'une rue moins fréquentée qui peut ne pas avoir besoin d'un cycle régulier de feux verts, des capteurs de proximité pour activer un changement de la lumière lorsque les voitures sont présents. Ce type de contrôle dépend d'une certaine connaissance de la circulation les modèles de flux à l'intersection afin que des temps de cycle de signal et le placement des capteurs de proximité peut être personnalisé pour l'intersection [2].

Notre objectif consiste à proposer un système de contrôle des feux de circulation basé sur technique de la logique floue. Ce système proposé peut s'adapter parfaitement aux conditions de circulation selon l'intelligence humaine.

Tout au long de notre travail, on a été amené à utiliser le langage MATLAB de MATHWORKS pour faire la simulation de notre contrôleur puis implémenter les architectures obtenues sur l'API s7-300 de siemens.

Dans le cadre de la présente étude, notre mémoire a été scindé en trois parties principales:

La première partie présente la synthèse des notions étudiées. Cette partie sera abordée en chapitre I.

Dans le chapitre II on va présenter les principales architectures et principes de fonctionnement de la logique floue.

Dans le troisième chapitre on a proposé un contrôleur intelligent pour la gestion du système de signalisation, suivi par une implémentation dans un API.

A la fin notre mémoire sera achevé par une conclusion générale et des perspectives.

I.1.INTRODUCTION

Depuis que Webster et Cobbe [3] ont publié leurs recherches sur le contrôle des feux de circulation isolé, des progrès significatifs dans le contrôle du trafic de signaux ont été effectué. Avec l'introduction des technologies informatiques avancées, de contrôle et de communication dans des réseaux de circulation, des systèmes de contrôle de signal sont maintenant en mesure de recevoir plus d'informations relatives au réseau et à répondre de manière plus adéquate aux embouteillages adaptatifs.

L'objectif de ce chapitre est principalement de préciser l'environnement technique de notre problématique. Ainsi que, les acteurs du trafic routier avec leurs objectifs.

I.2.DEFINITIONS

I.2.1. feux de circulation

Un feu de circulation routière est un dispositif permettant la régulation de Trafic routière entre les usagers de la route, les véhicules et les piétons.

Les feux destinés au véhicule à montre sont généralement de types tricolores, auxquels peuvent s'ajouter des flèches directionnelles. Ceux destinés aux piétons sont bicolores et se distinguent souvent par la reproduction d'une silhouette de piétons. Les feux tricolores pour cyclistes se distinguent par la reproduction d'une bicyclette.

I.2.2. circulation

La circulation est le mouvement des véhicules sur la voirie (qui s'applique par extension aussi au mouvement des piétons ou à celui des trains sur un réseau ferré), et le terme de trafic (anglais : Traffic) n'est pas tout à fait synonyme : il désigne le volume de la circulation. On distingue la circulation interne à une agglomération, d'échange entre agglomérations et de transit à travers une agglomération. La circulation interne à une agglomération qui est spécifiquement urbaine, représente environ 60% du trafic dans une petite ville et jusqu'à 95% dans une très grande agglomération [4].

I.2.3. déplacement

C'est le mouvement d'une personne d'une origine à une destination; C'est une allée simple effectuée sur la voie publique entre deux endroits différents, chacun étant caractérisé par une activité. L'activité est appelée motif. (Ex. : déplacement scolaire, de loisir, pour achat, … etc.).Un déplacement peut se faire avec un ou plusieurs modes de transport. Seuls les déplacements des personnes de cinq ans et plus sont recensés.

I.2.4. mobilité

C'est le nombre moyen de déplacement effectué par personne et par jour. La mobilité est liée à la taille de la ville. Elle s'accorde linéairement avec le niveau de vie (mesuré par le revenu R) et le niveau de motorisation M, (lui-même lié au revenu).Différents indicateurs peuvent être utilisé pour caractériser la mobilité d'une population :

- Le nombre moyen de déplacements / jour / personne : rend compte de l'interaction sociale et la fréquence de l'échange avec autrui.
- Les distances parcourues et le type de liaisons pratiquées : rendent compte de l'attractivité relative des lieux et l'aptitude à l'échange entre ces lieux éventuellement éloignés ou même situés hors de la zone agglomérée.
- Le temps (le budget-temps du transport quotidien) et l'argent : sont des indicateurs de coût pour les familles.
- La répartition des déplacements entre modes : reflète l'état de leur désirabilité parle consommateur.
- Pour chacun de ces indicateurs, la variabilité entre type d'usage ou de ménage est caractérisé par leur localisation résidentielle, leur position dans l'échelle sociale ou encore le cycle de vie est évidemment aussi intéressant que les niveaux moyens [5].

I.2.5. voie

C'est le chemin, la route, par laquelle on se rend d'un lieu à un autre; C'est un espace aménagé pour se déplacer en ville (voie urbaine) entre les localités Ouen milieu rural (routes).

Les voies de communication sont par conséquent les moyens de liaison à travers l'espace ; la voie permet de circuler dans les deux sens, mais parfois, surtout en ville, pour accroître le débit du réseau de voirie, dans un sens unique .La voie comporte des trottoirs (1,5 m est un minimum souhaitable) éventuellement plantés d'arbres (5 m de largeur minimale) [5].

I.2.6. route

Itinéraire à suivre pour aller d'un endroit à un autre; C'est une voie carrossable destinée à la liaison entre les localités et à la desserte des zones rurales ; Elle permet à l'homme de se déplacer de chez lui pour pénétrer dans d'autres régions plus ou moins lointaines [5].

Les routes comportent, outre la chaussée, les fossés, talus, bandes d'arrêts, pistes cyclables et plantations éventuelles.

I.2.7. chaussée

Partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules.

Carrefour giratoire (rond-point) Lieu où se croisent plusieurs voies. Les carrefours réduisent la capacité des voies, sauf s'ils sont aménagés à niveaux séparés ; le giratoire a contribué à réduire sensiblement l'emprise de l'échangeur, à clarifier la perception du carrefour et améliorer la lisibilité de l'espace parcouru, tant pour l'automobile que pour le piéton; On pense en termes de réseau, les carrefours semblent effectivement participer l'organisation de l'espace urbain [6].

I.3.PROBLEME DE CIRCULATION ROUTIERE

La circulation est cause de nuisances importantes tels que bruit, pollution de l'air, accidents, coupure du tissu urbain, dégradation du paysage. La congestion de la circulation, les bouchons et la pollution continuent à augmenter dans de nombreux endroits dans le monde. Un des problèmes les plus difficiles à résoudre pour les municipalités est probablement les flux de trafic importants à travers le centre-ville.

Souvent les municipalités ne peuvent pas contrôler leurs flux de trafic et ceci engendre un grand nombre de problèmes pour tous les participants impliqués. Pour cela plusieurs entreprises ont développé une solution de gestion des véhicules pour résoudre ce problème.

Les municipalités doivent être en mesure de contrôler leurs flux de trafic grâce à un accès sélectif des véhicules suivant l'urgence, l'itinéraire, la destination et l'heure. Ceci permettra de diminuer l'intensité de la circulation ce qui contribue à un meilleur niveau de vie dans la ville [5].

Quelques-unes des applications :

- Voies de trafic prioritaire : Contrôle les feux de signalisation en fonction de la priorité du transport pour les services de transport public.
- Accès restreint des véhicules dans certaines zones urbaines : Contrôle l'accès des véhicules comme des services d'urgence, des taxis, des résidents, des fournisseurs, des personnes handicapées et des services de transport public à des zones protégées par des bornes.
- Péage : Accès automatique facile à travers les péages pour les utilisateurs sélectionnés.

- Contraventions de stationnement : Mise de contraventions efficace grâce à la surveillance de l'occupation des places de parking en rue.

I.4. FEUX DE SIGNALISATION

I.4.1.l'origine des feux de signalisation

Le feu de circulation qui fait partie de notre quotidien n'a pas toujours été ainsi, en effet habitué à le voir tricolore et automatique, on en oublie ses débuts.

Ce dispositif permettant de régler le Traffic a vu le jour à l'angle de Bridge Street et de Place Yard, Le 10 décembre 1868, les premiers feux de circulation ont été installés à l'extérieur des chambres du Parlement britannique à Londres, par l'ingénieur de chemin de fer, j. P. Chevalier. Ils ressemblent aux signaux de chemin de fer de l'époque, des armes de sémaphore et des lampes à gaz rouges et vertes pour utilisation de nuit. La lanterne de gaz a été transformée avec un levier à sa base, afin que la lumière soit appropriée face à la circulation. Malheureusement, le levier qui a explosé le 2 janvier 1869, blessant le policier qui le manipulait.

Le feu de signalisation électrique moderne est une invention américaine. Le 5 août 1914, la compagnie des signaux de circulation américaine a installé un système de signalisation au coin de la 105^{éme} rue et Euclide Avenue à Cleveland, Ohio (USA). Il avait deux couleurs, rouge, vert et une sonnette, basée sur la conception de James Hoge, de fournir un avertissement pour les changements de couleur.

La conception par James Hoge autorisait la police et les casernes de pompiers à contrôler les signaux en cas d'urgence. Le premier feu de circulation quatre voies, trois couleurs a été créé par l'agent de police William Potts à Detroit en 1920. En 1923, Garrett Morgan a breveté un dispositif de signalisation routière. C'est l'expérience Morgan volant le long des rues de Cleveland qui a conduit à l'invention d'un dispositif de signalisation. Ashville, Ohio prétend être le lieu des plus anciens feux de circulation de travail aux États-Unis, à l'intersection des routes publiques jusqu'en 1982 lorsqu'elle fut déplacée vers un musée local [7].

I.4.2.principe de feux de circulation

Le feu tricolore autorise ou non le passage des véhicules sur les voies en fonction de la couleur du feu. Il est important de bien respecter les arrêts imposés par le feu tricolore sous peine d'être en situation d'infraction ; Le feu tricolore règle la circulation selon trois

couleurs de feux: rouge, orange et le vert. Rouge : tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant. Vert : tout conducteur est autorisé à passer (ce qui ne signifie en aucun cas qu'il ne faut pas être prudent sauf pour les immortels téméraires). Jaune (dit également orange) : tout conducteur doit marquer l'arrêt devant le feu de signalisation jaune fixe sauf dans le cas où, lors de l'allumage du dit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes. Comprend qui peut. Et rien qu'en Europe, l'affaire est bien compliquée. Au Royaume-Uni, en Allemagne, en Suisse ou en Turquie, le feu de signalisation connaît, non pas trois, mais quatre étapes.

Aux trois étapes visibles, s'ajoute le jaune bref sans extinction du rouge pour permettre aux conducteurs de se préparer à démarrer. En Italie, le jaune clignote avec le vert pour prévenir du passage au rouge. Et en Autriche, comble de la simplicité, le feu connaît cinq étapes. L'état supplémentaire, vert clignotant entre le vert et le jaune, prévient de l'arrivée du vert [8].

I.4.3.différentes catégories des signaux lumineux de circulation

Les feux de circulation sont verts, jaunes ou rouges, sauf ceux spécifiquement réservés aux véhicules des services réguliers de transport en commun, qui sont blancs. Ils peuvent être groupés en signaux tricolores, bicolores ou unicolores. Ils sont généralement circulaires et, pour les feux destinés aux véhicules des services réguliers de transport en commun, peuvent comporter un pictogramme ou des signes spécifiques.

Les feux jaunes, rouges et le disque des feux pour véhicules des services réguliers de transport en commun peuvent être clignotants (c'est-à-dire alternativement allumés ou éteints chaque seconde, pendant des durées sensiblement égales).

I.4.4.signaux lumineux d'intersection

I4.4.1.signale tricolore circulaire

Il est normalement composé de trois feux circulaires vert, jaune, rouge voir figure I.1. Exceptionnellement, et sous réserve d'une étude le justifiant, le vert peut être remplacé par du jaune clignotant.

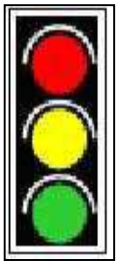


Figure I.1 : *Signal tricolore circulaire*

I.4.4.2 signal piéton

Il est constitué de deux feux vert et rouge normalement disposés dans cet ordre de droite à gauche voir la figure I.2; éventuellement ils peuvent être disposés l'un au-dessus de l'autre, le vert en bas.



Figure I.2 *: Signal piéton*

I.4.4.3 signaux tricolores modaux

Ils sont composés de trois feux vert, jaune, rouge, dans cet ordre de bas en haut, munis chacun d'un même pictogramme figure I .3.

Le feu vert peut être remplacé par un feu jaune clignotant, les signaux se dénommant alors respectivement.



Figure I.3 *: Signaux tricolores modaux*

I.4.4.4signaux tricolores directionnels

Ils sont destinés chacun à l'ensemble des véhicules qui ont pour destination la direction indiquée par la flèche, ou l'une des directions indiquées comme voir sur la figure I.4.
En aucun cas le feu vert ne peut être remplacé par un feu jaune clignotant.

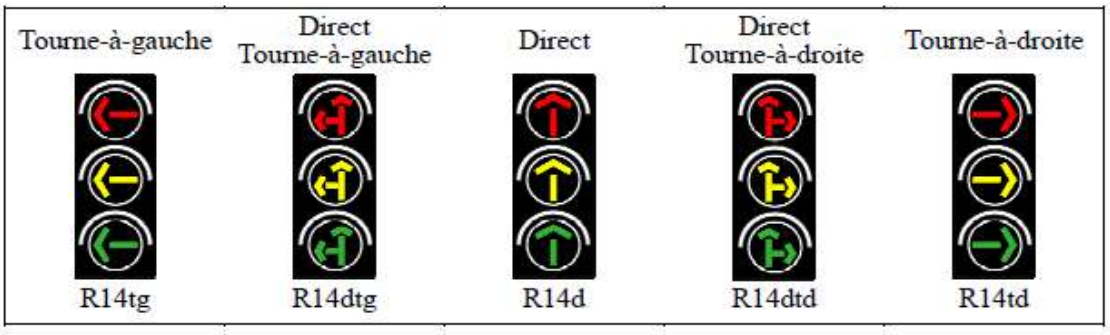


Figure I.4 *: Signaux tricolores directionnels*

I.4.4.5 signaux d'anticipation modale

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires du type (vert sur le feu du bas) comme indique la figure I.5.

Ils sont munis d'un pictogramme.

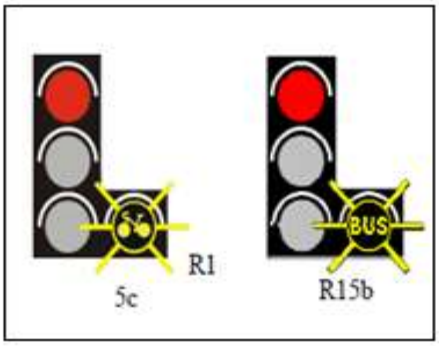


Figure I.5 *: Signaux d'anticipation modaux*

I.4.4.6 signaux d'anticipation directionnels

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires (vert sur le feu du bas). II est recommandé de les associer aux signaux comme indiqué figure I.6. Ils sont munis d'un pictogramme en forme d'une ou deux flèches.

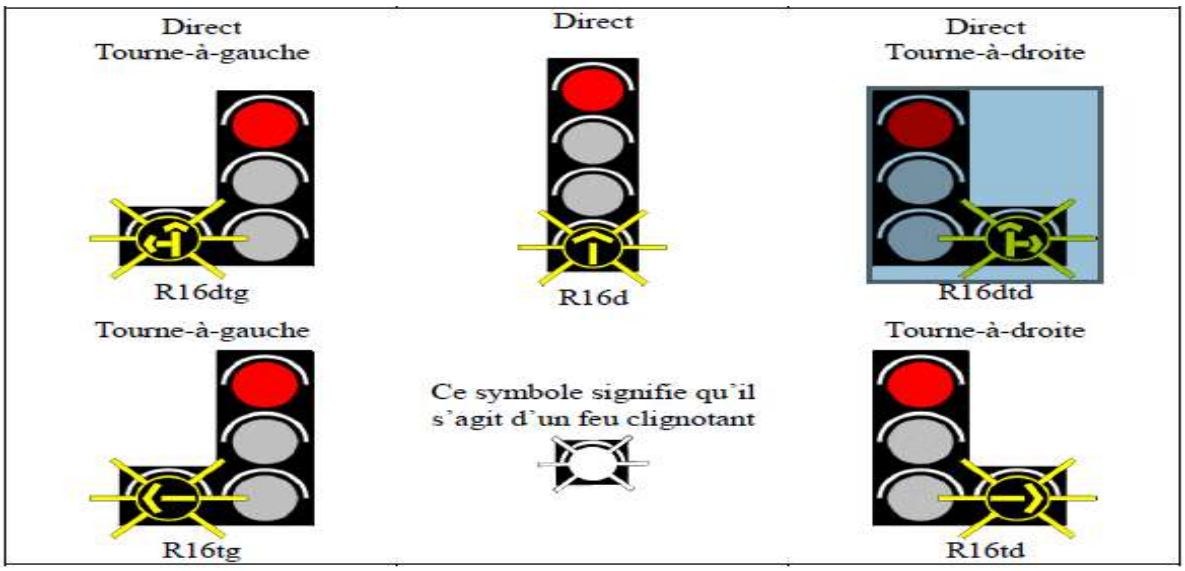


Figure I.6 *: Signaux d'anticipation directionnels*

I.4.4.7 signal d'arrêt

Il est composé d'un feu circulaire rouge clignotant comme voir sur la figure I.7. Eventuellement, deux de ces signaux peuvent être assemblés ou rappelés, et clignoter en synchronisme ou en alternance.

Il est destiné à interdire momentanément la circulation à tout véhicule routier, devant un obstacle ou un danger particulier (passage à niveau, traversée de voies exclusivement

réservées aux véhicules des services réguliers de transport en commun, pont mobile, avalanche…).

Il peut être employé pour favoriser le débouché sur la voie publique des véhicules prioritaires des pompiers [9].

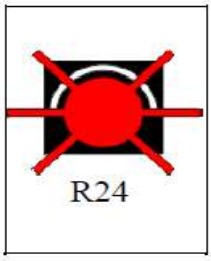


Figure I.7 : *Signal d'arrêt*

I.4.4.8 signal d'arrêt pour piétons

Il est composé d'un pictogramme rouge fixe figurant un piéton surmontant un pictogramme rouge clignotant portant la mention STOP comme indique sur la figure I.8.

Il est destiné à interdire la traversée par les piétons des sites exclusivement réservés aux véhicules des services réguliers de transport en commun.



Figure I.8 *: signal d'arrêt pour piétons.*

I.4.5. pourquoi faut-il des feux de circulation ?

Lorsque le volume de la circulation excède la capacité d'un carrefour à quatre panneaux d'arrêts, il faut songer à installer des feux. Le critère qui gouvernent l'installation de feux sont basse sur le volume totale des voiture et des pitons traversent un carrefour, les délais subis par les véhicules et les piétons venant des rues transversales et le nombre de collision à ce carrefour [10].

I.4.6. les feux sont-ils les réponses à tous les problèmes de circulation ?

Les feux de signalisation ont comme fonction de partager la priorité de passage entre deux ou plusieurs voies a un carrefour .un système de feu bien ajuster ou augmenter considérablement le nombre de véhicule traversant un carrefour ou améliorer la sécurité des piétons aussi bien que des voitures[10].

I.4.7.objectifs et domaine d'emploi

L'emploi des feux de circulation a pour but d'assurer la sécurité de tous les usagers de la voirie, piétons conducteurs, et de faciliter l'écoulement des flux de circulation denses. On peut citer comme exemples d'emploi:

- la gestion du trafic aux intersections.
- la traversée des piétons, autour des intersections gérées par des feux et où le moment de trafic est élevé ou le sentiment d'insécurité des piétons important.
- l'exploitation par sens uniques alternés d'une section où le croisement est impossible ou dangereux (ouvrage d'art étroit, emprise de travaux, etc.).
- l'affectation de certaines voies d'une chaussée à un sens de circulation en fonction des besoins, ou leur condamnation momentanée.
- le contrôle d'accès à certaines voies rapides.
- la gestion d'un point de contrôle des personnes ou des véhicules nécessitant leur arrêt (péage).
- la protection d'obstacles intermittents (passages à niveau, traversées de voies de tramways, ponts mobiles, passages d'avions, avalanches, etc.).

I.5 LES DIFFERENTS TYPES SE FEUX DE CIRCULATION INTELLIGENTS AU MONDE

I.5.1. des feux de circulation intelligents en Espagne

Le département LISITT de l'Institut de Robotique de Valence s'intéresse aux problèmes de circulation dus au trafic urbain. Un de leur projet consiste à établir un système intelligent de surveillance des conditions de circulation qui interviendrait de manière autonome en cas de besoin.

Le dispositif se base sur un jeu de caméras judicieusement placées pour observer les conditions de circulation. Ces caméras sont capables d'analyser les événements qu'elles enregistrent et peuvent ainsi différencier les divers types d'arrêt d'un véhicule (feu rouge, panne ou stationnement) ou encore repérer un véhicule circulant en sens contraire.... Ainsi, il n'y a besoin de personne pour suivre la retransmission du trafic par caméras puisque ces dernières signalent automatiquement tout type d'anomalie par une alarme. Ensuite ces alarmes devraient agir sur le fonctionnement des feux tricolores et ainsi tenter de résoudre automatiquement les problèmes rencontrés [10].

I.5.2. des feux de circulation intelligents en Allemagne

Problème de feux de circulation en Allemagne c'est :

Quoi de plus pénible en ville que de devoir sans cesse s'arrêter au feu rouge, puis redémarrer pour s'arrêter à nouveau quelques dizaines de mètres plus loin ?

L'objectif est de communiquer avec la ville ! Plus exactement avec les feux rouges. Testé à Ingolstadt, fief d'Audi en Allemagne, le système vise à optimiser le flux de circulation en évitant ou en réduisant les temps d'arrêts inutiles.

Donc la solution pour faire un feu de circulation intelligent c'est :

Un logiciel algorithmique contrôle les feux de circulation de la ville allemande. Les véhicules et le système de gestion des feux sont liés par ondes Wi-Fi et UMTS (3G). Actuellement une vingtaine de voitures et près de 50 feux sont équipés de cette technologie expérimentale.



Figure I.9 : *Feu de circulation lié par des ondes Wi-Fi.*

Concrètement la voiture identifie en temps réelle l'état actuel et futur des feux tricolores de la ville d'Ingolstadt. Le véhicule peut alors conseiller une vitesse pour passer tous les feux au vert.

Pour un meilleur confort, le dispositif est couplé au régulateur de vitesse et permet d'adapter automatiquement la vitesse requise à l'approche du feu (si désiré).

Si l'arrêt est inévitable le conducteur est informé à l'approche d'un feu rouge via son ordinateur de bord et le Start & Stop coupe le moteur automatiquement, ou réduit sa puissance sur un court laps de temps. Le conducteur voit sur son écran le temps restant avant le passage au vert [11].

I.5.3.des feux de circulation intelligents en Bruxelles (Belgique)

La Région bruxelloise investit dans une centrale de gestion des feux de circulation. Les feux rouges pourront bientôt être commandés à distance par des êtres intelligents en fonction de la densité du trafic.

Prolonger la durée du feu vert pour fluidifier le trafic durant les heures de pointe, voilà une des possibilités de ces feux dit intelligents. En fonction de la densité du trafic, des accidents ou des chantiers, ils s'adapteront. Grace aux caméras de surveillance déjà installées aux principaux carrefours de la capitale, les experts pourront intervenir en temps réel sur les feux de signalisation [12].

I.5.4. des feux de circulation intelligents à Boucherville (Canada)

Le système Opticom fonctionne par signal infrarouge ou GPS, qui est envoyé du camion de pompier vers un détecteur installé sur le feu de circulation. La technologie fait passer le feu du rouge au vert lorsqu'un camion de pompier avec les gyrophares allumés arrive tout près. La circulation est alors stoppée dans l'autre sens et permet aux véhicules devant le camion de pompier de circuler et de libérer la route plus facilement. Le Service de sécurité incendie a demandé aux municipalités de son territoire d'inclure ce système dans leurs futurs travaux de réfection d'intersection. Une vingtaine de villes au Québec utilisent ce système. Selon Thierry Lamoureux, de la compagnie Électroméga, le seul distributeur de ce service au Québec, le système existe depuis plusieurs années et est de plus en plus abordable. Il est notamment utilisé à Montréal et Longueuil pour la flotte d'autobus [13].

I.5.5. des feux de circulation intelligents en Chine

En Chine, il existe de nombreux types de feux tricolores.
Celui-ci regroupe sur un même groupe trois ensembles de feux différents :

- Pour les automobilistes désirant aller tout droit.
- Pour les automobilistes désirant aller à gauche.
- Pour les cyclistes allant à gauche.



Figure I.10 : *Feu de circulation intelligent en chine.*

Il permet un gain de place et offre un aspect esthétique dans les quartiers modernes. Ce type de feux tricolores est placé après le carrefour.

Chacune des lampes de ce feu change de couleur de façon indépendante [14].

- Les lumières soi-disant trafic plein intelligent, en fait, un feu de signalisation communs, plus un affichage électronique, le contenu de l'écran peut varier en fonction de la situation du trafic dans les options du programme pré-établis, tels

que la nécessité de contrôler l'intersection de la circulation, tourner à droite, l'écran invites affichera "en face de l'intersection pour permettre seul bus grand tourisme, taxi, tourner à droite." A cette époque, la voie dans les mêmes cartes de direction sera également affichée simultanément. "En plus de l'autobus de passagers grande, taxi, tourner à droite à interdire" l'écran de message texte invite à deux participants sur les routes suggèrent que tandis que les lumières sont synchronisés en conséquence l'ajustement. Par exemple, dans la période la fête nationale, le conducteur a conduit dans l'intersection, vous pouvez voir le mot «interdire les véhicules à moteur droite" ou "En plus de le taxi de bus de bus externe interdite virage à gauche" signes sur la route, vous pouvez suivre les instructions sur le panneau d'affichage conduite.

- Contrôle de passe du véhicule d'urgence : Véhicules d'urgence véhicule communication No d'urgence interrupteur commandé by-pass. Éclairage de secours de voiture sans le contrôle de synchronisation normale. Il y a des véhicules d'urgence sont arrivés, le commutateur passe de véhicule d'urgence est activé, indépendamment de l'état du signal d'origine, ne peut être contraint de permettre aux véhicules d'urgence pour conduire la direction de la lumière verte, afin que les véhicules d'urgence être libérés jusqu'à ce que le véhicule d'urgence de loin. [15]

I.5.6. passages piétons intelligents (Grande-Bretagne)

Le système Scoot pour piétons (Split Cycle Offset Optimisation Technique) est un outil de gestion et de contrôle déjà en vigueur pour les feux de circulation dans les zones urbaines à Londres. Il s'agit d'un système qui répond automatiquement aux fluctuations du trafic à travers l'utilisation de détecteurs dans la rue à proximité de la chaussée. Des caméras déterminent combien de personnes attendent pour traverser, le but étant de sécuriser et de fluidifier le transit des piétons. Si un grand nombre de personnes est détecté dans cette zone, Scoot ajuste la durée du feu vert pour les piétons afin d'en faire circuler le plus possible.

Concernant les passages piétons, le projet est une extension du système Scoot actuel déjà opérationnel sur 3.000 intersections londoniennes. Un bouton d'appel sur les nouveaux feux sera présent grâce auquel un piéton peut demander le passage pour traverser. TfL (Transport of London) veut pouvoir détecter si une personne qui a appuyé sur ce bouton s'est engagée sur le passage piéton avant d'avoir reçu le feu vert, ou si elle a changé d'avis et a poursuivi son chemin sans traverser, auquel cas la procédure d'appel sera annulée. [16]

I.5.7.des feux de circulation intelligents à Los Angeles (Etat Unis)

Les améliorations apportées à Système de surveillance automatisé de la circulation et de contrôle de Los Angeles (ASCAC), a noté dans l'article de M. Berry, sont la première preuve que nous avons localisé d'un système de gestion des véhicules importants mis en œuvre par une entité publique avec l'intelligence de périphérique requis, et Interface homme-Machine (IHM) pour vraiment changer la façon dont les véhicules naviguer zones densément peuplées. Nous pensons que le système d'ASCAC produira des avantages substantiels pour l'ensemble de la communauté du comté de Los Angeles.

Le système est intelligent en ce qu'il peut automatiquement ajuster le délai entre les changements de lumière à chaque fois que des problèmes se posent. Ainsi, par exemple, se il y a un accident qui provoque une ou plusieurs voies à être fermées sur une route dans la ville (provoquant ainsi un goulot d'étranglement), il peut ajuster les lumières et donner plus de temps pour laisser les voitures pris dans tout traversent. Alternativement, il peut également être utilisé pour aider à garder les transports publics en cours d'exécution sur le temps - si les autobus sont en retard, le système peut les aider à passer à travers les lumières plus rapides et à se remettre su le calendrier. [17]

I.5.8. un autre exemple du feu de circulation intelligent en Los Angeles

Ils ont fait de capteurs magnétiques dans la route à chaque intersection enverrons en temps réel sur la circulation par des câbles à fibres optiques à un bunker sous le centre de Los Angeles, où Edward Yu gère le réseau. Le système informatique, qui exécute un logiciel développé la ville elle-même, analyse les données et effectue automatiquement les ajustements seconde par seconde, l'adaptation à l'évolution des conditions et avec un trésor de données antérieures pour prédire où le trafic pourrait gronder, le tout sans intervention humaine.

I.5.9.feux de circulation intelligente au Texas (Etat Unis)

Siemens trafic Intelligent Solutions développe une technologie de transport intelligent pour l'évacuation rapide et ordonnée des citoyens. Dans ce projet, les systèmes de chronométrage de feu n'estiment que le nombre de véhicules en enregistrant les signaux.



Figure I.11. *Feu de circulation lié Bluetooth et GPS.*

Bluetooth émis par les téléphones cellulaires des pilotes et ajuster les phases de la lumière rouge et vert en conséquence. Le logiciel associé est fourni par l'unité de recherche mondiale de Siemens.

Les adresses anonymes des appareils Bluetooth à proximité sont détectées et transmis de chaque intersection au centre de gestion du trafic, qui calcule le temps de Voyage entre les intersections.

Les données de densité de trafic collectées par les systèmes sont également incorporées dans les cartes routières numériques, les pilotes peuvent télécharger sur leurs Smartphones ou des systèmes de navigation afin de trouver les voies les plus rapides hors de la ville. En cas d'urgence, le système peut contrôler de manière centralisée tous les feux de circulation.

Avec Bluetooth, les installations comprennent GPS et de communication à courte portée (DSRC) antennes dédiées. Véhicules d'urgence à bord l'équipement envoie la localisation GPS via DSRC à un logiciel dans le contrôleur indiquant que le véhicule approche devrait être une priorité. L'application est capable de lire direction d'approche et la vitesse permettant la synchronisation du signal d'initier un vert indépendamment de la vitesse en sens inverse du véhicule d'urgence approche. Cela signifie que la priorité peut être appliquée spécifiquement à la route à suivre, que ce soit tout droit à l'intersection ou tourner à gauche [18] .

I.6.LES AVENTAGE ET LES INCONVENIONTS DE FEUX DE CIRCULATION INTELLIGENT

I.6.1. avantage

En imposant l'arrêt total aux usagers susceptibles de croiser leur trajectoire, les feux de circulation permettent aux usagers observant le feu vert de franchir en toute sécurité et à la vitesse maximale autorisée les intersections de voirie. Idéalement, la synchronisation adéquate des feux sur un axe de circulation permet de créer des « ondes vertes » qui facilitent la traversée rapide de zones urbaines. La réduction des cycles freinage (- arrêt) - accélération améliore le confort de conduite et réduit la consommation de carburant.

Sur des axes rapides à fort trafic, ils facilitent et sécurisent l'insertion des véhicules provenant d'axes secondaires et la traversée des piétons. Les feux tricolores peuvent également réguler l'affluence à des intersections régies par d'autres régimes de priorité. Couplés à des détecteurs de vitesse, ils peuvent forcer un ralentissement important sur un axe de transit qui traverse une petite agglomération ou un quartier, pour la tranquillité et la sécurité des riverains.

Les feux tricolores sont particulièrement adaptés à la gestion du trafic dense et rapide engendré par les véhicules motorisés sur des axes importants en agglomération. Ils sont très rarement pertinents en rase campagne ou dans les zones à trafic apaisé (zones 30, zones de rencontre), où d'autres régimes de priorité sont plus efficaces.

I.6.2. Inconvénients

La multiplicité des usages de la voirie (piétons, cyclistes, motorisés, transports en commun…) peut rendre le réglage et la synchronisation des feux de circulation d'un axe ou d'un quartier très complexe, et parfois insatisfaisante pour tout ou partie d'entre eux. Par exemple, une voirie urbaine sur laquelle les feux sont synchronisés en onde verte à 40 km/h est bien adaptée au trafic motorisé privé, mais porte préjudice aux autobus urbains qui ont des arrêts fréquents et aux cyclistes qui circulent moins vite.

Pour être efficace, le réglage des phases doit être adapté à la variation de la circulation, en particulier aux heures de trafic réduit où le caractère régulateur du système de feux tricolores disparaît, et l'arrêt imposé ressenti comme injustifié, en plus de parfois causer une surconsommation d'énergie. Une solution souvent retenue est d'installer des détecteurs de véhicules pour actionner certains feux au débouché de branches secondaires ou à des heures de faible trafic, ou des boutons déclencheurs pour les piétons et, éventuellement, les

cyclistes. Certains feux tricolores peuvent être donc sous arrêt momentané de quelques heures au maximum en cas de circulation inactive.

Les feux de circulation sécurisent le franchissement d'une intersection à plus de 30 km/h, et des accidents graves peuvent survenir s'ils ne sont pas observés correctement. De plus, les feux en phase verte incitent les usagers à rouler en survitesse pour franchir l'intersection avant la fin de la phase verte, ce qui accroît l'insécurité des usagers plus lents (ex. cyclistes), les nuisances sonores et la consommation d'énergie.

L'emploi des feux de circulation doit donc être limité à la régulation de trafic et, sur certains axes, au confort de conduite des usagers. D'après plusieurs études, les feux de circulation seraient responsables de la moitié des files et donc de la moitié de la pollution, et des feux mal réglés peuvent entraîner le triplement de la consommation de carburant, donc les émissions de CO_2, lorsque la circulation est encombrée ou trop peu dense.

I.7.CONCLUSION

Il y’a plusieurs aspects de la gestion du trafic routier urbain. Les feux de circulation constituent le moyen le plus répandu de gérer le flux des automobiles aux carrefours routiers. Plusieurs feux de circulation ont été utilisés dans différents pays mais restent limités à certaines conditions.

II.1 .INTRODUCTION

La conception et la mise en ouvre des systèmes d'informations avancés, de logiciels d'aide à la décision, de postes de supervisions de procédés industriels (avec les problèmes de communications homme machine qui les accompagnent) se caractérisent par la constante manipulation d'informations dont beaucoup sont subjectives, imprécises, vagues, incertaines.

Mener à bien cette intégration de l'homme dans son environnement informatique, exploiter correctement les savoirs, automatiser certaines taches, tout cela requiert la formalisation et la mécanisation de méthodes humaines pour de raisonnement empiriques ou naturel, la rationalisation de procédures de choix [20].

De façon générale, on est confronté à la nécessité de modéliser la connaissance problématique qui se trouve en rupture avec la tradition des sciences dites objectives, lesquelles se préoccupent essentiellement de la modélisation de l'univers physique.

Les problèmes de représentation et d'utilisation des connaissances sont au centre d'une discipline scientifique relativement nouvelle et en tout cas controversée, qu'on appelle l'intelligence artificielle. Cette discipline a eu un impact limité jusqu'a une date récente, sur les applications industrielles, parce qu'elle a mis l'accent, de façon exclusive, sur le traitement symbolique de la connaissance, par opposition à la modélisation numérique utilisée traditionnellement dans les sciences de l'ingénieur. Plus récemment, on a assisté à un retour du numérique dans ces problèmes d'intelligence artificielle, avec les réseaux neurones et la logique floue. Alors que les réseaux neurones proposent une approche implicite de type (boite noir) de la représentation des connaissances, très analogue à la démarche de l'identification des systèmes en automatique, la logique floue est plus conforme à l'intelligence artificielle symbolique, qui met en avant la notion de raisonnement, et ou les connaissances sont codées explicitement, Néanmoins [21], la logique floue permet de faire le lien entre modélisation numérique et modélisation symbolique, ce qui a permis des développements industriels spectaculaires à partir d'algorithmes très simple de traduction de connaissances symboliques en entité numérique et inversement. La théorie des ensembles flous a également donné naissance à un traitement original de l'incertitude, fondée sur l'idée d'ordre, et qui permet de formaliser le traitement de l'ignorance partielle et de l'inconsistance dans les systèmes d'informations avancés.

Les ensembles flous ont également eu un impact sur les techniques de classification automatique, et ont contribué à un certains renouvellement des approches existantes de l'aide à la décision [20].

On conçoit l'intérêt de faire entrer l'approche floue dans la régulation ou l'asservissement des processus industriels, pour lesquels les informations disponibles sont souvent imprécises, incertaines et parfois qualitatives, dans des boucles de régulation parfois incomplètes. Le savoir faire de l'opérateur, constitué entre autres souvent des règles simples, lui permet de conduire chaque machine plus correctement parfois qu'un algorithme classique.

La logique floue est une logique qui substitue à la logique binaire une logique fondée sur des variables pouvant prendre, outre les valeurs (vrai) ou (faux), les valeurs intermédiaires «vrai» ou «faux» avec un certain degré. Ce qui caractérise le raisonnement humain qui est basé sur des données imprécises ou incomplètes. Bien que dans l'esprit de tout le monde le mot (flou) soit de connotation négative, il n'en est rien en réalité. Venant à l'origine du mot (duvet) (en anglais (fuzzy), c'est-à-dire le duvet qui couvre le corps des poussins), le terme (fuzzy) signifie (indistinct, brouillé, mal défini ou mal focalisé), qui se traduit par (flou) en français. Dans le monde universitaire et technologique, le mot (flou) est un terme technique représentant l'ambiguïté ou le caractère vague des intuitions humaines plutôt que la probabilité. Donc, la commande floue sert à prendre une décision même si l'on ne peut pas estimer les entrées/sorties qu'à partir de prédicats vagues ou lorsque ses entrée/sorties sont entachées d'erreurs que l'on peut évaluer que grossièrement.

II.2.HISTORIQUE DE LA LOGIQUE FLOUE

La logique floue (en anglais fuzzy logic*)* est de grande actualité aujourd'hui. En réalité elle existe déjà depuis longtemps et nous pouvons diviser son histoire de développement en trois étapes. Ce sont les paradoxes logiques et les principes de l'incertitude d'Heisenberg qui ont conduit au développement de la ″logique à valeurs multiples″ ou ″logique floue" dans les années 1920 et 1930. En 1937, le philosophe Max Black a appliqué la logique continue, qui se base sur l'échelle des valeurs vraies {0, 1/2, 1} pour classer les éléments ou symboles [22].

Les bases théoriques de la logique floue ont été établies en 1965 par le professeur Lofti Zadeh. A cette époque, la théorie de la logique floue n'a pas été prise au sérieux. En effet,

les ordinateurs, avec leur fonctionnement exact par tout ou rien (1 ou 0), ont commencé à se répandre sur une grande échelle. Par contre, la logique floue permettait de traiter des variables non exactes dont la valeur peut varier entre 1 et 0. Initialement, cette théorie a été appliquée dans des domaines non techniques, comme le commerce, la jurisprudence ou la médecine, dans le but de compléter les systèmes experts et afin de leur donner l'aptitude de prise de décision.

En 1973, le professeur Zadeh publie un article, il y mentionne pour la première fois le terme de variables linguistiques (dont la valeur est un mot et non un nombre). En 1974, Mamdani (Université de Londres) réalise un contrôleur flou expérimental pour commander un moteur à vapeur. En 1980, Smidth et Co. A.S (au Danemark), mettent en application la théorie de la logique floue dans le contrôle d'un four à ciment. C'est la première mise en œuvre pratique de cette nouvelle théorie. En 1987, 'explosion du flou' au Japon (avec le contrôle du métro de Sendaï), qui atteint son apogée en 1990. Tout récemment, en Europe et en Amérique du Nord, une intense activité de recherche a débuté afin de développer de nouveaux produits, même pour des objets de la vie courante à une étiquette 'produit flou' [23].

II.3. DOMAINE D'APPLICATION

Les systèmes flous ont été utilisés dans une large variété d'applications industrielles, gestionnaires et médicales. Parmi ses applications on peut citer [24] :

- Systèmes audio-visuels (appareils de photos autofocus, caméscope à stabilisateur d'images, photocopieurs, ...).
- Appareils électroménagers (lave-linge, aspirateurs, autocuiseurs, ...etc.).
- Systèmes autonomes mobiles.
- Systèmes de transport (train, métro, ascenseur, ...).
- Systèmes de contrôle/commande dans la plupart des domaines industriels de production, transformation, traitement de produit et déchet.
- Systèmes d'autoroute automatisés : direction automatique, freinage et contrôle de la manette des gaz pour les véhicules.
- Robotique : Contrôle de la place et organisation de chemin.

II.4.THEORIE DE LA LOGIQUE FLOUE

II.4.l'ensemble flou

Dans la théorie des ensembles conventionnels, une chose appartient ou n'appartient pas à un certain ensemble. Toutefois, dans la réalité, il est rare de rencontrer des choses dont le statut est précisément défini. Par exemple, où est exactement la différence entre une personne grande et une autre de grandeur moyenne? C'est partir de ce genre de constatation que Zadeh a développé sa théorie. Il a défini les ensembles flous comme étant des termes Linguistiques du genre: zéro, grand, négatif, petit ... Ces termes existent aussi dans les ensembles conventionnels.

Cependant, ce qui différencie ces deux théories sur les ensembles provient des limites des ensembles. Dans les ensembles flous, il est permis qu'une chose appartienne partiellement à un certain ensemble; ceci s'appelle le degré d'appartenance. Dans les ensembles conventionnels, le degré d'appartenance est 0 ou 1 alors que dans la théorie des ensembles flous, le degré d'appartenance peut varier entre 0 et 1 (on parle alors de fonction d'appartenance μ) [22].Un exemple simple d'ensembles flous est la classification des personnes selon leur âge en trois ensembles: jeune, moyen et vieux. La façon d'établir cette classification est présentée à la figure :

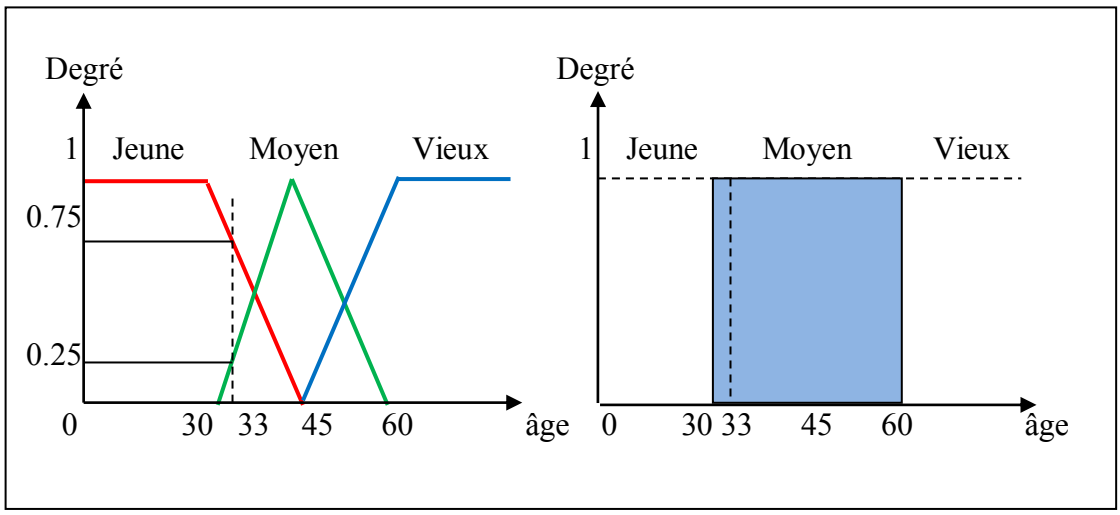


Figure II.1 : *Classification des humains selon leur âge*

Cette figure montre que les trinités entre ces trois groupes ne varient pas soudainement, mais progressivement. Par exemple, une personne de 33 ans appartient h l'ensemble "jeune" avec une valeur μ=0.75 de la fonction d'appartenance et à l'ensemble "moyens" avec une valeur μ =0.25. La figure II.1 donne donc le degré d'appartenance d'une personne, selon son

âge, à un certain ensemble flou**.** Pour cette raison, ce type de figure s'appelle une fonction d'appartenance. On peut ainsi résumer la terminologie dans l'illustration suivante :

- Variable linguistique : Âge

- Valeur d'une variable linguistique : Jeune, Moyen, Vieux, ...

- Ensembles flous : "jeune", "moyen", “Vieux", ...

- Plage de valeurs : **(0,** 30,45, 60, ...)

- Fonction d'appartenance : $\mu_E(x) = a \quad (\mathbf{0} \leq a \leq 1)$

- Degré d'appartenance : a

II.4.2 variable linguistique

Une variable linguistique est une variable dont les valeurs sont des mots ou des phrases exprimées dans une langue naturelle ou dans un langage artificiel .elle est représentée par triplet suivant : (V,X,T_V) ou V représente la variable du problème ,X l’univers de discours et $T_V=\{A_1, A_2, A_3, \ldots\ldots\ldots\ldots, A_n\}$ un ensemble fini ou non de sous-ensembles flous de X, qui caractérise la variable V.

II.4.3. les fonctions d’appartenance

Les fonctions d’appartenance peuvent théoriquement prendre n’importe quelle forme, mais en général, les fonctions d’appartenance les plus utilisées sont définies par des formes géométriques ou des fonctions.

Les fonctions d’appartenance sont le plus souvent représentées par les fonctions triangulaire et trapézoïdale, donc par des segments de droite, les fonctions sont alors dites linéaires par morceaux. Dans la plupart des cas, et en particulier pour le réglage par la logique floue, ces deux formes sont suffisantes pour délimiter des ensembles flous [26].

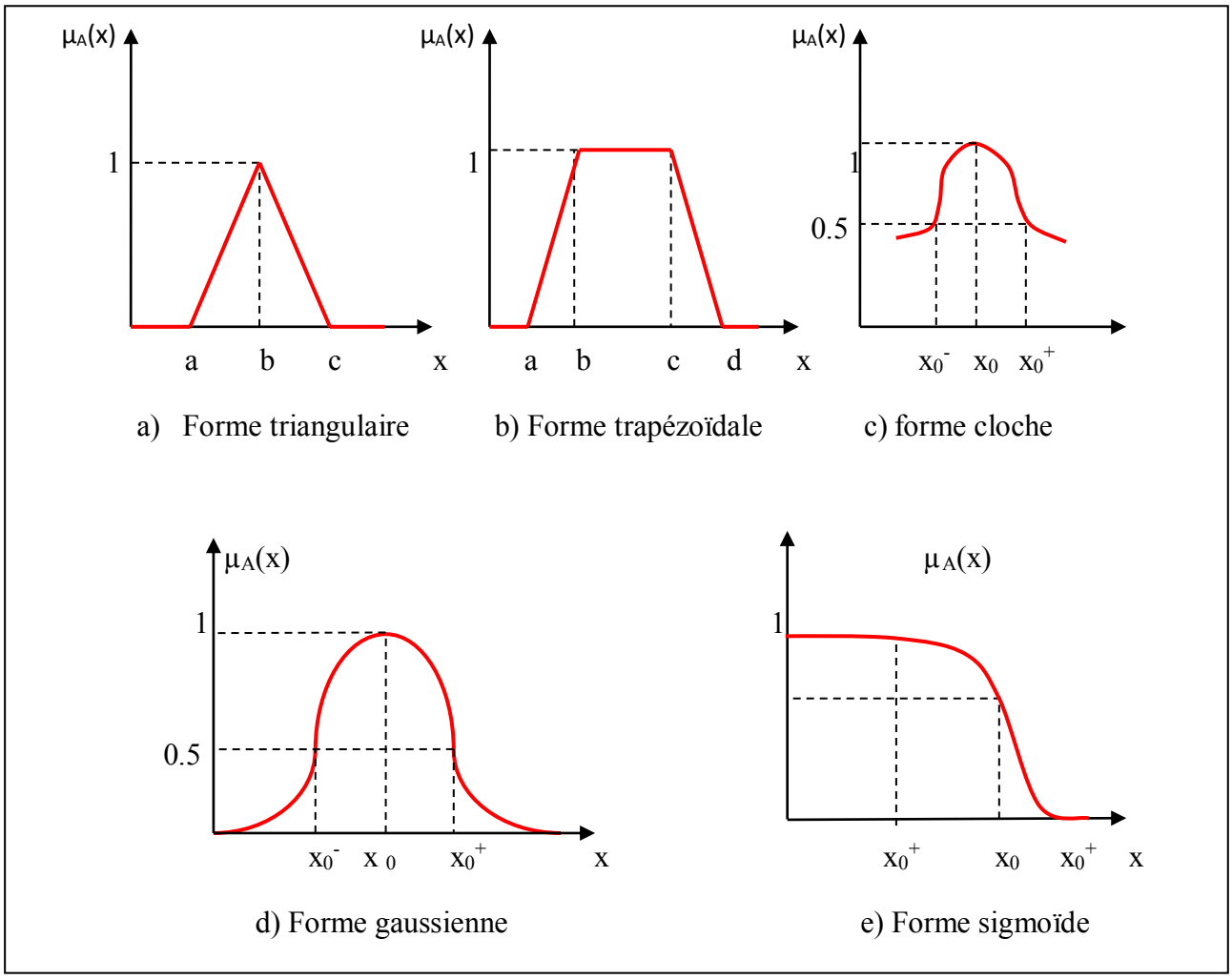


Figure II.2 : *Différentes formes des fonctions d'appartenance.*

Pour certaines situations, les fonctions d'appartenance sont égales à l'unité pour une seule valeur de la variable et égale à 0 pour les autres comme le montre la figure (II.3).Elles prennent alors le nom de « fonction d'appartenance singleton ». Elle correspond dans le domaine flou à une valeur particulière de cette variable [27].

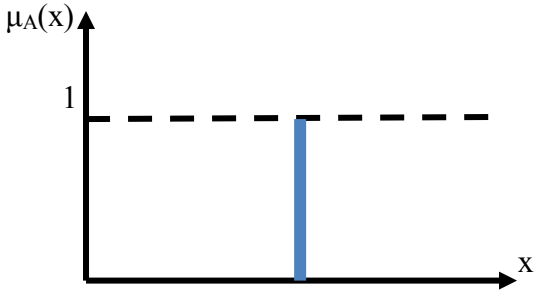


Figure II.3 : *Fonction d'appartenance singleton.*

II.4.4 operateurs de la logique floue

Une fois les ensembles flous définis, des mathématiques concernant ce type d'ensemble ont été développées. Les méthaniques élaborées ressemblent beaucoup à celles reliées à la théorie des ensembles conventionnels. Les opérateurs d'union, d'intersection et de négation existent pour les deux types d'ensemble. Les opérateurs habituels, soit l'addition, la soustraction, la division et la multiplication de deux ou plusieurs ensembles flous existent aussi. Toutefois, ce sont les deux opérateurs d'union et d'intersection qu'on utilise le plus souvent dans la commande par la logique floue.

- **Opérateur NON**

$$c = \bar{a} = NON(a) \qquad \text{(II.1)}$$

$$\mu_c(x) = 1 - \mu_a(x) \qquad \text{(II.2)}$$

- **Opérateur ET**

L'opérateur ET correspond à l'intersection de deux ensembles a et b et on écrit :

$$c = a \cap b \qquad \text{(II.3)}$$

Dans le cas de la Logique floue, l'opérateur ET est réalisé dans la plupart des cas par la formation du minimum, qui est appliquée aux fonctions d'appartenance $\mu_a(x)$et $\mu_b(x)$des ensembles a et b, à savoir :

$$\mu_c = \min\{\mu_a, \mu_b\} \qquad \text{(II.4)}$$

Où $\mu_a, \mu_b et \mu_c$ signifient respectivement le degré d'appartenance à l'ensemble a, b et c.

On parle alors d'opérateur minimum.

- **Opérateur OU**

L'opérateur OU correspond à l'union de deux ensembles a et b et on écrit :

$$c = a \cup b \qquad \text{(II.5)}$$

Il faut maintenant calculer le degré d'appartenance à l'ensemble c selon les degrés des ensembles a et b. Cela se réalise par la formation du maximum. On a donc l'opérateur maximum.

$$\mu_c = \max\{\mu_a, \mu_b\} \qquad \text{(II.6)}$$

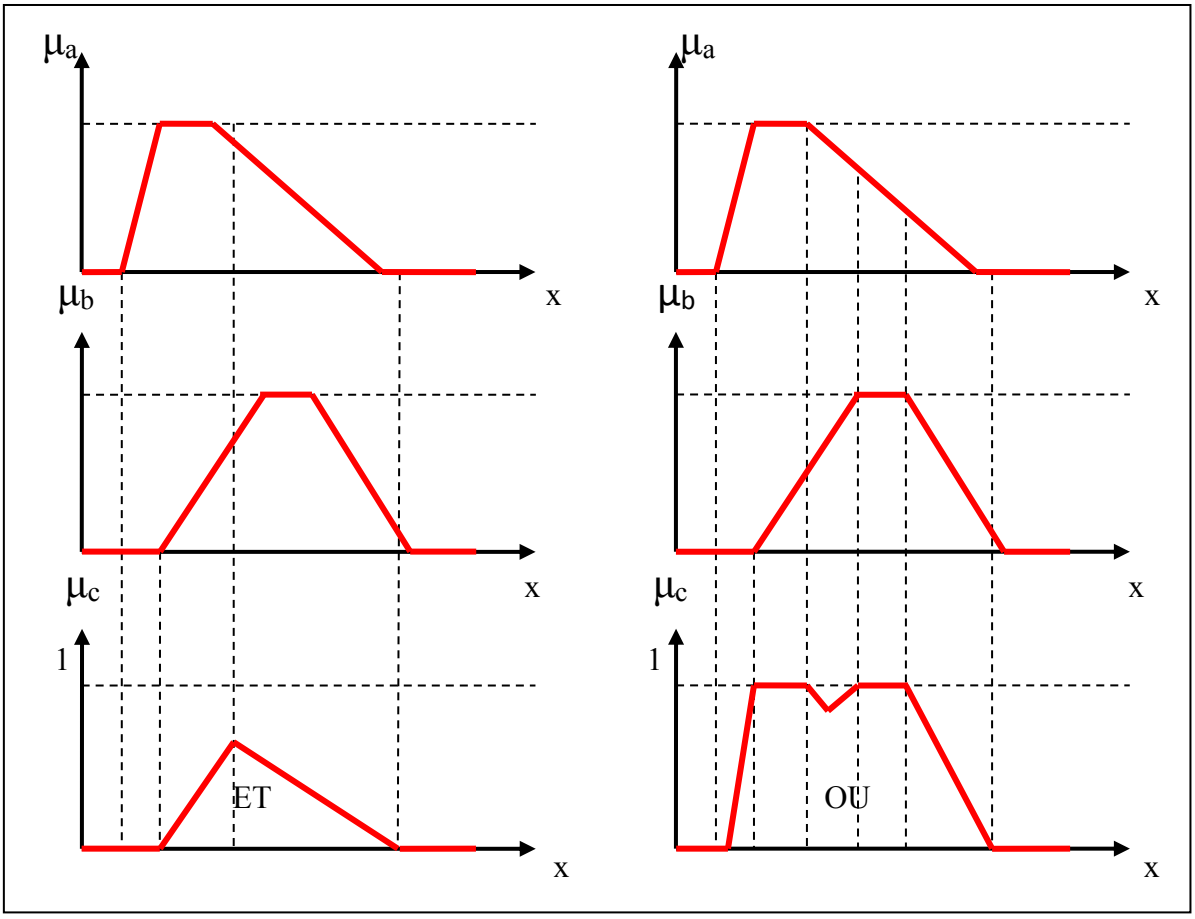


Figure II.4 : *opérateur ET et OU*

- **Autres réalisations pour les opérateurs ET et OU**

❖ **Opérateurs ET et OU, réalisés par opérateurs arithmétiques**

Souvent, l'opérateur ET est réalisé par la formation du produit appliqué aux fonctions d'appartenance, selon la relation :

$$\mu_c(x) = \mu_{a\ ET\ b}(x) = \mu_a(x).\mu_b(x) \qquad \text{(II.7)}$$

Il s'agit de l'opérateur produit. La fonction d'appartenance résultante est toujours inférieure ou égale à 1. Elle reste donc à l'intérieur de l'intervalle défini par $\mu \in [0,1]$. La règle de calcul (II.7) peut être étendue à plus de deux termes dans le produit lorsqu'il faut combiner trois ou plusieurs ensembles. L'opérateur produit est souvent utilisé dans le domaine de réglage et de commande par logique floue comme alternative à l'opérateur minimum.

Par analogie, on peut réaliser l'opérateur OU par la formation de la somme des fonctions d'appartenances ou plus précisément par la valeur moyenne, à savoir:

$$\mu_c(x) = \mu_{a\ OU\ b}(x) = \frac{1}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad \text{(II.8)}$$

On parle alors de l'opérateur somme. La somme est divisée par 2. En effet, il est fort possible que la somme [μ_a (x) +μ_b (x)] dépasse le domaine admissible [0,1]. Afin que cette somme reste dans le domaine défini, on peut l'écrêter ou la normaliser, comme effectuer dans la définition(II.8). Dans ce cas aussi, il est possible d'étendre la règle de calcul (II-8) à plusieurs termes. Il faut alors diviser la somme par le nombre de termes, afin d'obtenir une normalisation simple.

- **Opérateurs ET flou et OU flou**

Les opérateurs ET flou et OU flou sont des opérateurs combinés entre l'opérateur minimum et la moyenne arithmétique.

L'opérateur ET flou est défini par :

$$\mu_c(\mathrm{x}) = \gamma \min[\mu_a(x), \mu_b(x)] + \frac{1-\gamma}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad \text{(II.9)}$$

Et l'opérateur OU flou par :

$$\mu_c(\mathrm{x}) = \gamma \max[\mu_a(x), \mu_b(x)] + \frac{1-\gamma}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad \text{(II.10)}$$

Avec le facteur $\gamma \epsilon[0,1]$, il est possible de pondérer l'influence des deux termes. Pour γ =1, on aboutit respectivement à l'opérateur minimal ou maximal. Par contre, pour γ =0, on obtient pour les deux opérateurs la moyenne arithmétique correspondant à l'opérateur somme selon (II.8). Dans ce cas, le ET flou et le OU flou se confondent. On peut étendre les deux opérateurs ET flou et le OU flou à trois ou à plusieurs termes. La somme qui apparaît entre crochets doit alors être divisée par le nombre de termes de la somme. La figure II.4 représente l'opérateur ET flou et montre l'influence du facteur γ sur l'allure de la fonction d'appartenance μc(x).

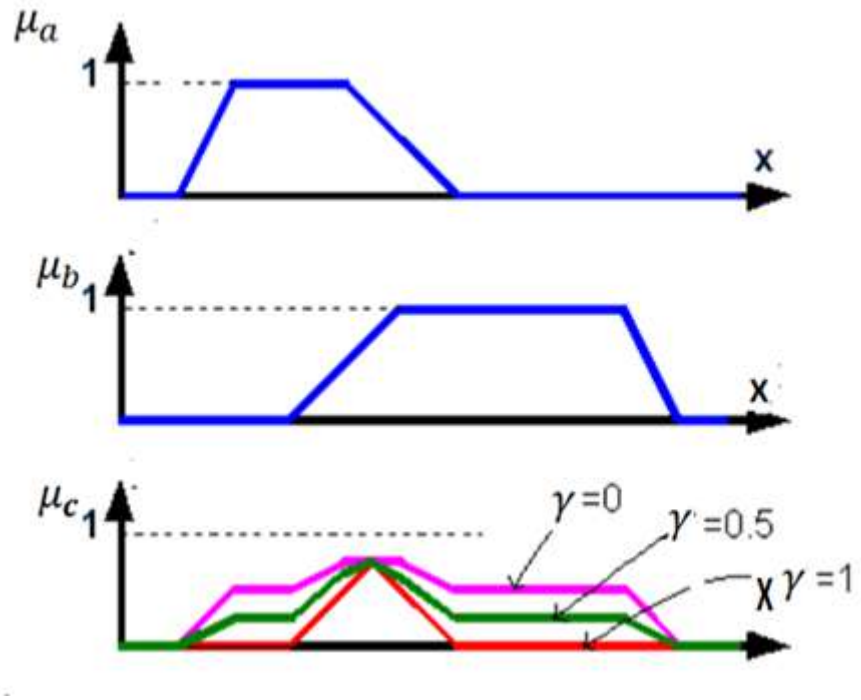


Figure II.5 : *Opérateur ET flou réalisé par la relation (II.9).*

L'influence du facteur γ sur la fonction d'appartenance résultante pour l'opérateur OU flou est mise en évidence par la figure II.5.

- **Opérateurs min-max et opérateur γ**

L'opérateur min-max est défini par la combinaison des opérateurs minimum et maximum selon l'équation suivante:

$$\mu_c(\mathrm{x}) = \gamma \min[\mu_a(x), \mu_b(x)] + (1-\gamma) max[\mu_a(x), \mu_b(x)] \qquad \text{(II.11)}$$

Le facteur $\gamma \epsilon[0,1]$, permet de pondérer les deux opérateurs. Pour γ =1, on obtient l'opérateur ET, réalisé par la formation du minimum, tandis que pour γ =0, on aboutit à l'opérateur OU, réalisé par la formation du maximum.

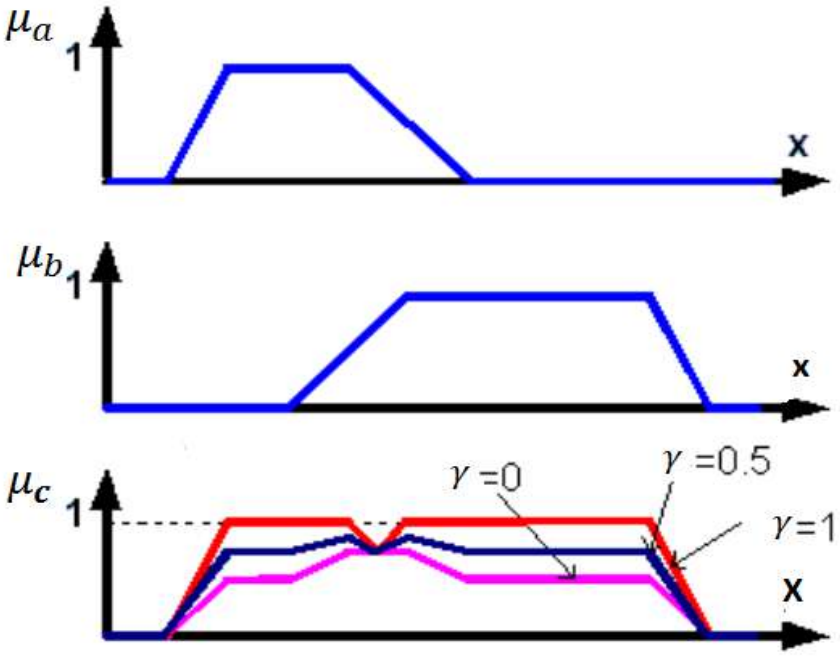


Figure II.6 : *Opérateur OU flou réalisé par la relation* (*II-10).*

Par contre, γ =0,5conduit à l'opérateur OU, réalisé par la formation de la somme. La figure (II.9) montre de l'effet de l'opérateur min-max en fonction du facteur γ . On constate bien la grande variation de l'allure de la fonction d'appartenance résultante.

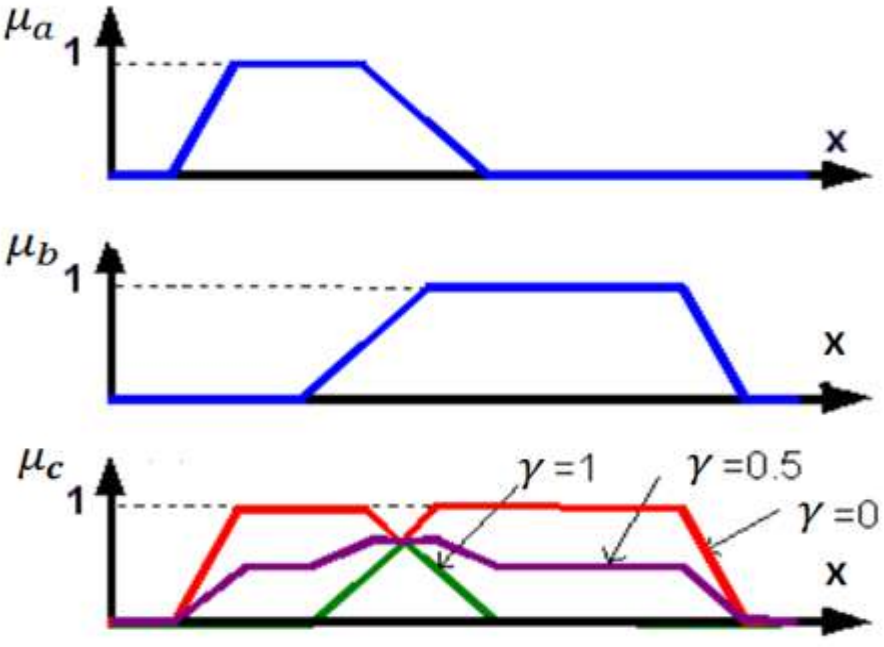


Figure II.7 *: Opérateur min-max réalisé par la relation* (*II-11).*

II.5.REGLAGE ET COMMANDE PAR LOGIQUE FLOUE

Des expériences ont montré que, dans de nombreux cas, les résultats obtenus avec un régulateur flou (technique non conventionnelle) sont meilleurs que ceux obtenus avec des algorithmes de contrôle conventionnels. Ainsi, le contrôle par la logique floue peut être vu comme un pas vers un rapprochement entre le contrôle mathématique précis et la prise de décision humaine. La commande par logique floue est en pleine expansion. En effet, cette méthode permet d'obtenir une loi de réglage souvent très efficace sans devoir faire des modélisations approfondies. Par opposition à un régulateur standard ou à un régulateur à contre-réaction d'état, le régulateur par logique flou (RLF) ne traite pas une relation mathématique bien définie, mais utilise des inférences avec plusieurs règles, se basant sur des variables linguistiques. Par des inférences avec plusieurs règles, il est possible de tenir compte des expériences acquises par les opérateurs d'un processus technique.

II.6. STRUCTURE D'UNE COMMANDE PAR LOGIQUE FLOUE

On peut distinguer trois parties principales constituant la structure d'un régulateur floue:

- une interface de fuzzification,
- un mécanisme d'inférence,
- une interface de Defuzzification.

La figure (II.8) représente, à titre d'illustration la structure d'un régulateur flou à deux entrées et une sortie : ou X1et X2 représentent les variables d'entrée, et Xr celle de sortie ou la commande [28].

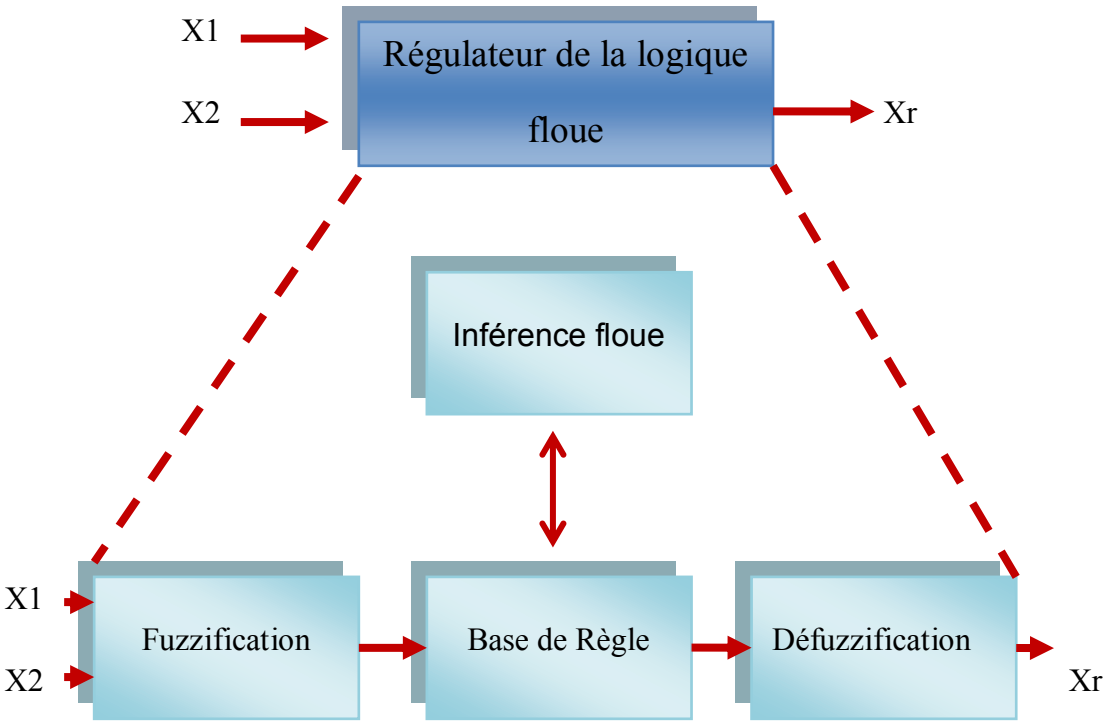


Figure II .8 : *Structure interne d'un Régulateur de la logique floue.*

II.6.1 interface de fuzzification

Le bloc de fuzzification effectue les fonctions suivantes :

- établit les plages de valeurs pour les fonctions d'appartenance à partir des valeurs des variables d'entrées ;
- effectue une fonction de fuzzification qui convertit les données d'entrée en valeurs linguistiques convenables qui peuvent être considérées comme l'étiquette de l'ensemble flou. Cette opération doit être effectuée dans un domaine normalisé généralement par l'intervalle [1 ,1] afin de faciliter le calcul.

II.6.2 base de règles

Le bloc base de connaissance comporte une connaissance dans le domaine d'application et le résultat de commande prévu. Il consiste en « base de données » et en « base de règles linguistiques (floues) de commande » :

- La base de données effectue des définitions qui sont nécessaires pour établir les règles de commande et manipuler les données floues dans un RLF.

- La base de règles représente la stratégie de commande et le but désiré par le biais des règles de commande linguistiques.

II.6.3 mécanisme d'Inférence floue

Le bloc inférence est le cœur d'un RLF**,** il possède la capacité de simuler les décisions humaines et de déduire les actions de commande floue à l'aide de l'implication floue et des règles d'inférence dans la logique floue. Le traitement numérique des règles d'inférence qui permet d'obtenir la sortie linguistique ou floue du régulateur se fait par différentes méthodes, on cite principalement [20]:

- **Méthode d'inférence max-min (méthode de Mamdani)**

  La méthode d'inférence max-min est réalisée, au niveau de la condition l'opérateur « *ET* » par la formulation du minimum. La conclusion dans chaque règle, introduite par « *ALORS* », lie le facteur d'appartenance de la prémisse avec la fonction d'appartenance de la variable de sortie est réalisé par la formation du minimum. Enfin l'opérateur «*OU*» qui lie les différentes règles est réalisé par la formation du maximum.

- **Méthode d'inférence max-produit (méthode de 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.

- **Méthode de Sugeno**

  L'opérateur «*ET*» est réalisé par la formation du minimum, la conclusion de chaque règle floue a une forme polynomiale. La sortie est égale à la moyenne pondérée de la sortie de chaque règle floue.

II.6.4 interface de défuzzification

Les méthodes d'inférences fournissent une fonction d'appartenance résultante $\mu_{res}\ (X_r)$ pour la variable de sortie X_r. Il s'agit donc d'une information floue. Les actionneurs actuels, utilisées dans les boucles de commande ne s'accompagnent pas de ce genre de décision, il convient de la transformer en une grandeur de commande précise, il faut prévoir une transformation de cette information floue en une information déterminée. Cette

transformation est appelée défuzzification. Les méthodes de défuzzification les plus couramment utilisées sont :

- **La méthode de centre de gravité**

La méthode de défuzzification la plus utilisée est celle de la détermination du centre de gravité de la fonction d'appartenance résultante $\mu_{res}\ (X_r)$.Dans ce contexte, il suffit de calculer l'abscisse (X_r)

La figure(II.9) montre le principe de défuzzification

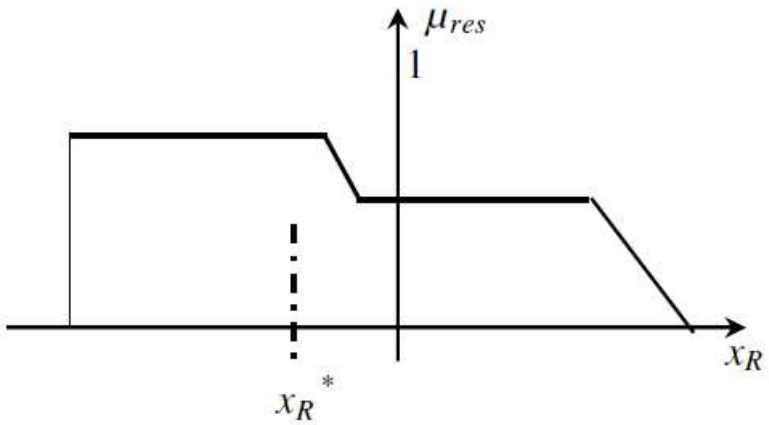


***Figure II.9**: Défuzzification par centre de gravité.*

L'abscisse de centre de gravité peut être déterminée à l'aide de la relation générale:

$$x_R^* = \frac{\int_{-1}^{1} x_R . \mu_{res} .(x_R).dx_R}{\int_{-1}^{1} \mu_{res} .(x_R).dx_R} \qquad \text{(II.11)}$$

- **La méthode de maximum**

La défuzzification par centre de gravité exige en général une envergure de calcul assez importante. Par conséquent, il sera utile de disposer d'une méthode de défuzzification plus simple. Quelquefois, on fait appel à la méthode par valeur maximum. Comme signal de sortie x_R^*, on choisit l'abscisse de la valeur maximale de la fonction d'appartenance résultante μ_{res} (x_R) comme le montre la figure II.10.a.

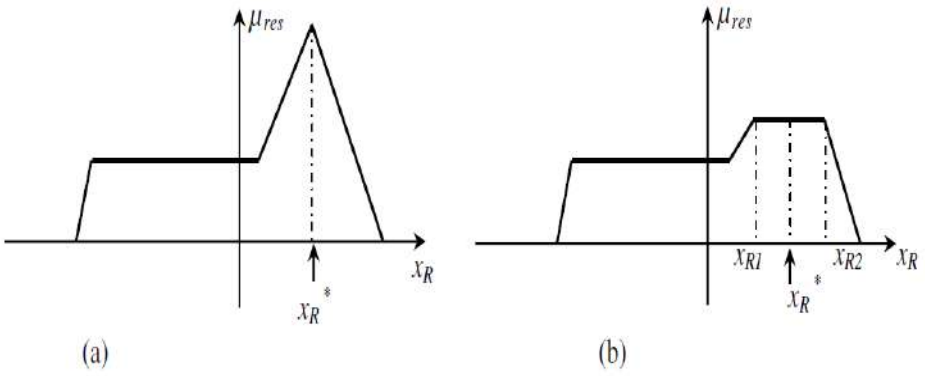


***Figure II.10**: Défuzzification par valeur maximum*

Lorsque μ_{res} (x_R) est écrêtée, toutes valeurs entre x_{R1} et x_{R2} peuvent être utilisées. Afin d'éviter cette indétermination, on prend la moyenne des abscisses du maximum (la figure II.10.b).Cependant cette méthode présente un grand inconvénient c'est que le signal de sortie x_R^*, saute si la dominance change d'une fonction partielle à une autre**.**

- **Méthode de la moyenne des maxima**

Cette méthode génère un signal de commande qui représente la valeur moyenne de tous les maximums, dans le cas où il existe plusieurs valeurs pour lesquelles la fonction d'appartenance résultante est maximale**.**

II.7.AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA COMMANDE PAR LA LOGIQUE FLOUE

La commande par logique floue réunit un certain nombre d'avantages et de désavantages.

- Les avantages essentiels sont :
  - la non-nécessité d'une modélisation (cependant, il peut être utile de disposer d'un modèle convenable).
  - la possibilité d'implanter des connaissances (linguistiques) de l'opérateur de processus.
  - la maîtrise du procédé avec un comportement complexe (fortement non-Linéaire et difficile à modéliser).
  - l'obtention fréquente de meilleures prestations dynamiques (régulateur non-linéaire).

- ❖ deux solutions sont possibles: solution par logiciels (par microprocesseur DSP et PC**)** ou solution matérielle (par fuzzy processeurs).

➢ Les inconvénients de la commande par logique floue sont :

- ❖ le manque de directives précises pour la conception d'un réglage (choix de grandeur à mesurer, détermination de la fuzzification, des inférences et de la défuzification).
- ❖ l'approche artisanale et non systématique (implantation des connaissances des opérateurs souvent difficile).
- ❖ l'impossibilité de la démonstration de la stabilité du circuit de réglage en toute généralité (en l'absence d'un modèle valable).
- ❖ la possibilité d'apparition de cycles limites à cause de fonctionnement non linéaire.
- ❖ la cohérence des inférences non garantie a priori (apparition de règles d'inférence contradictoires possible).

En tout cas, on peut confirmer que le réglage par logique floue présente une solution valable par rapport aux réglages conventionnels. Cela est confirmé non seulement par un fort développement. Dans beaucoup de domaines d'application, mais aussi par des travaux de recherche sur le plan théorique. Ainsi, il est possible de combler quelques lacunes actuelles, comme le manque de directives pour la conception et l'impossibilité de la démonstration de la stabilité en l'absence d'un modèle valable.

II.8.CONCLUSION

Nous avons présenté dans ce chapitre une synthèse sur les théories des ensembles flous, ainsi que les outils mathématique nécessaire à leur manipulation. Nous avons ainsi montré l'intérêt de cette théorie pour formaliser le traitement de l'inconsistance et de l'incertitude sur le modèle d'un système et pour en interpréter le comportement dynamique par un ensemble des règles linguistiques, traduit en langage simple et interprétable. La commande des systèmes complexes constitue un domaine d'application intéressant pour l'application de cette théorie. Dans ce cadre nous avons présenté et analyser la structure interne d'un système d'inférence flou, ainsi que les différents types de contrôleur existants.

III.1. INTRODUCTION

La logique floue s'avère une alternative très prometteuse pour le contrôle des feux de circulation d'une intersection. Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse d'un modèle flou ainsi que son implémentation tout d'abord en utilisant Matlab pour les tests et validation. Ensuite, la conception du contrôleur intelligent est réalisée autour d'un API S7-300 de Siemens.

III. 2.POSITION DE PROBLEME

Considérons une intersection isolée avec quatre chemins figure(III.1).

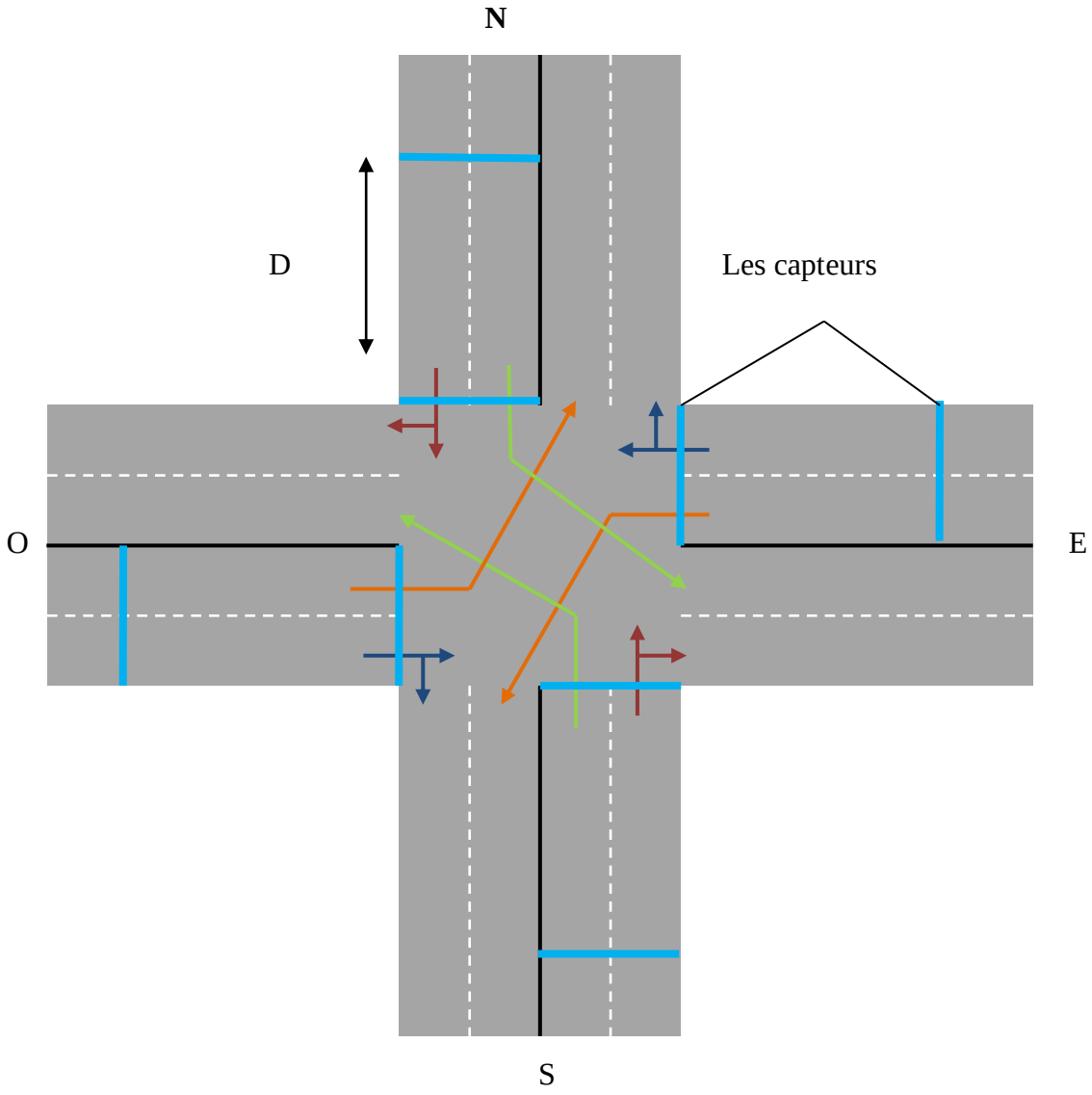


Figure III.1 : *Intersection à quatre chemins*

Chaque chemin comporte deux voies entrantes et deux voies sortantes. Les véhicules droits et tournants sont considérés dans ce modèle. Cependant, à l'heure actuelle, le passage de piétons à ce niveau n'est pas considéré à ce moment. Quatre phases sont considérées dans ce modèle. La première phase est le transport de véhicules du nord au sud (droit), du nord à l'ouest (tournant), du sud Au nord (droit) et au sud à l'est (tournant). La deuxième Phase: les véhicules circulent d'ouest en est (droit), l'ouest Vers le sud (tournant), d'est en ouest (droit) et d'est en nord (tournant). La troisième phase est celle des véhicules qui se déplacent du nord vers l'est (tournant) et du sud à l'ouest (tournant). Enfin, le quatrième Phase est des véhicules qui circulent d'ouest en nord (tournant) et de l'est au sud (tournant). Comme l'illustre la figure (III.2).

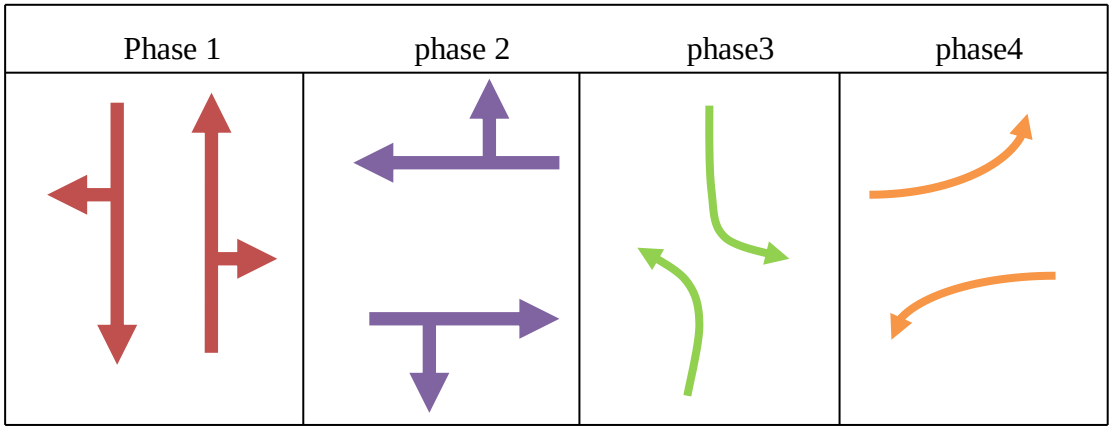


Figure III.2 : *Phases de croisement à quatre voies*

Typiquement, les phases sont gérées par l'utilisation de feu rouge classique, qui est basé sur une durée fixe pour chaque couleur.

Dans ce cas plusieurs problèmes peuvent être rencontrés :

- La durée de rouge plus grande par rapport au vert implique un problème de la circulation.
- Ces valeurs sont fixes alors il y a des cas qui ne sont pas pris en considération, par exemple s'il y a un nombre de voitures assez grand dans la rue principale par rapport à la rue secondaire, ou par exemple la phase 3 attend la fin de la phase 1 et 2 pour lancer et ce malgré qu'il n'y pas de véhicule dans les deux phases.

A cet effet, on a proposé un contrôleur intelligent, permettant de gérer les phases d'une façon intelligente, telle que la durée de la file d'attente de chaque phase sont minimale et la priorité est donnée à la phase la plus surchargée et la durée de feu vert est variable selon le nombre des véhicules.

Notre contrôleur est basé sur deux paramètres :

a) Le nombre des véhicules dans l'intersection : Il y a deux capteurs placés sur la route pour chaque voie. Le premier capteur derrière chaque feu de signalisation compte le nombre de véhicule passant par les feux et le deuxième capteur situé derrière le premier capteur compte le nombre de véhicules arrivant à l'intersection à la distance D des feux tricolores. Le nombre de véhicules (NV) dans une voie est déterminé par la différence de lecture entre les deux capteurs (figure III.1).

b) Le débit des véhicules (D) : est déterminé en allant à l'intersection et ce en calculant le taux d'arrivé des véhicules pour chaque voie.

Le schéma synoptique du notre contrôleur est donné par la figure III.3 :

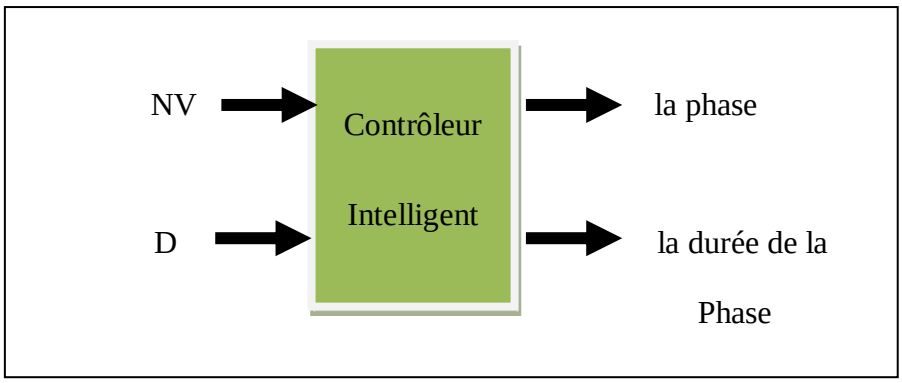


***Figure III.3** : contrôleur intelligent des feux de circulation*

III.3.STRUCTURE DU CONTROLEUR

Notre contrôleur est un contrôleur flou composé de deux systèmes flous (SF1, SF2), le système flou1 permet de calculer le degré d'urgence de chaque phase et le deuxième détermine la durée de feu vert.

Le contrôleur reçoit les informations des paramètres de chaque voie (à travers les capteurs et les informations de débit) et calculer les paramètres de chaque phase (la valeur moyenne entre deux voies), et après le degré d'urgence est calculé pour chaque phase (à travers SF1)

et l'indice du degré maximal représente la phase suivante, Le SF2 détermine la durée de la phase sélectionnée.

La figure III.4 donne l'organigramme de la structure de notre contrôleur.

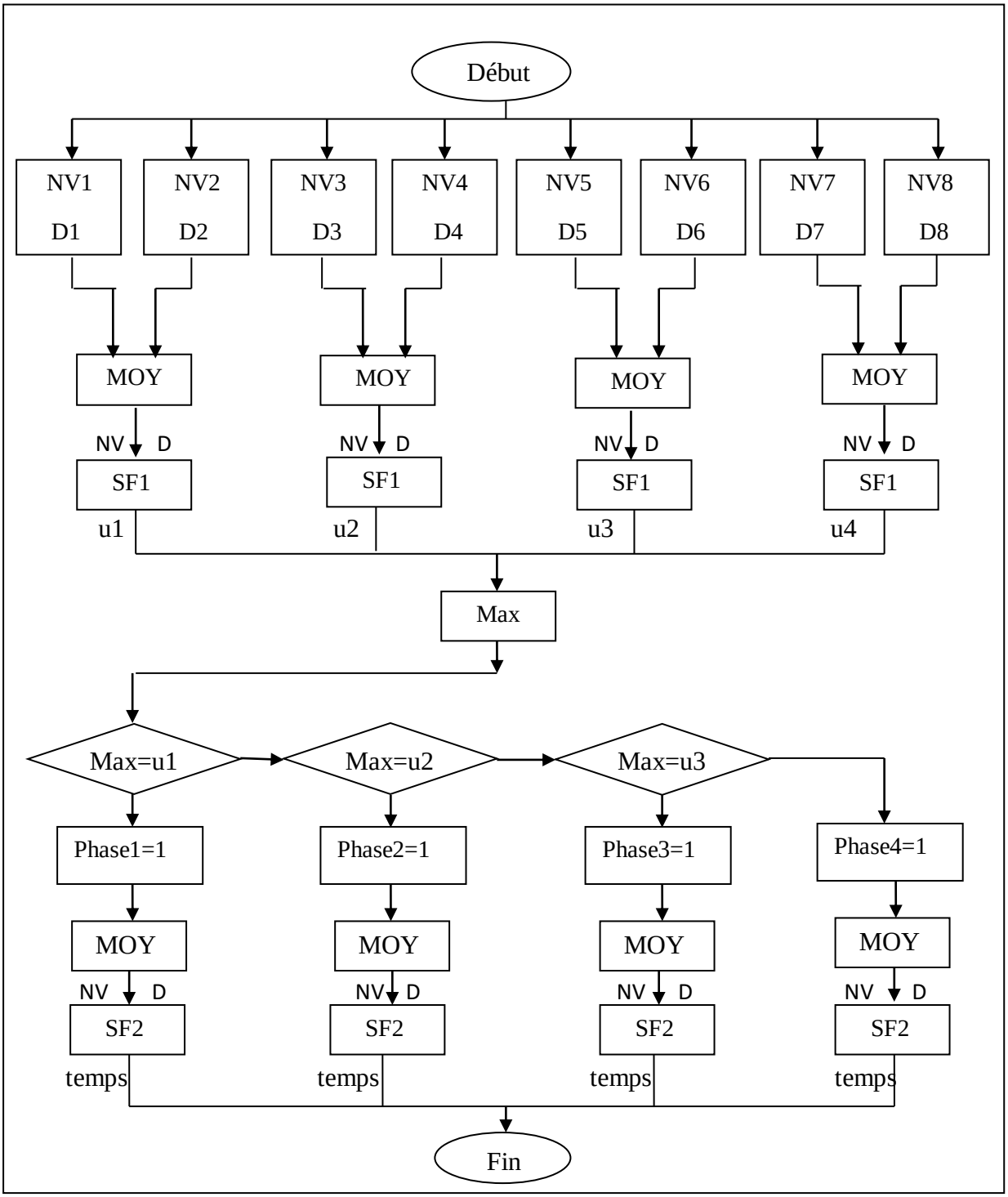


Figure III.4 :*l'organigramme de la structure de contrôleur*

III.3.1 système floue 1

Le système floue 1 permet de calculer le degré d'urgence de chaque phase, il possède deux entrées (nombre des véhicules, débit (véh/min)) et une seul sortie (urgence) (figure III.5).

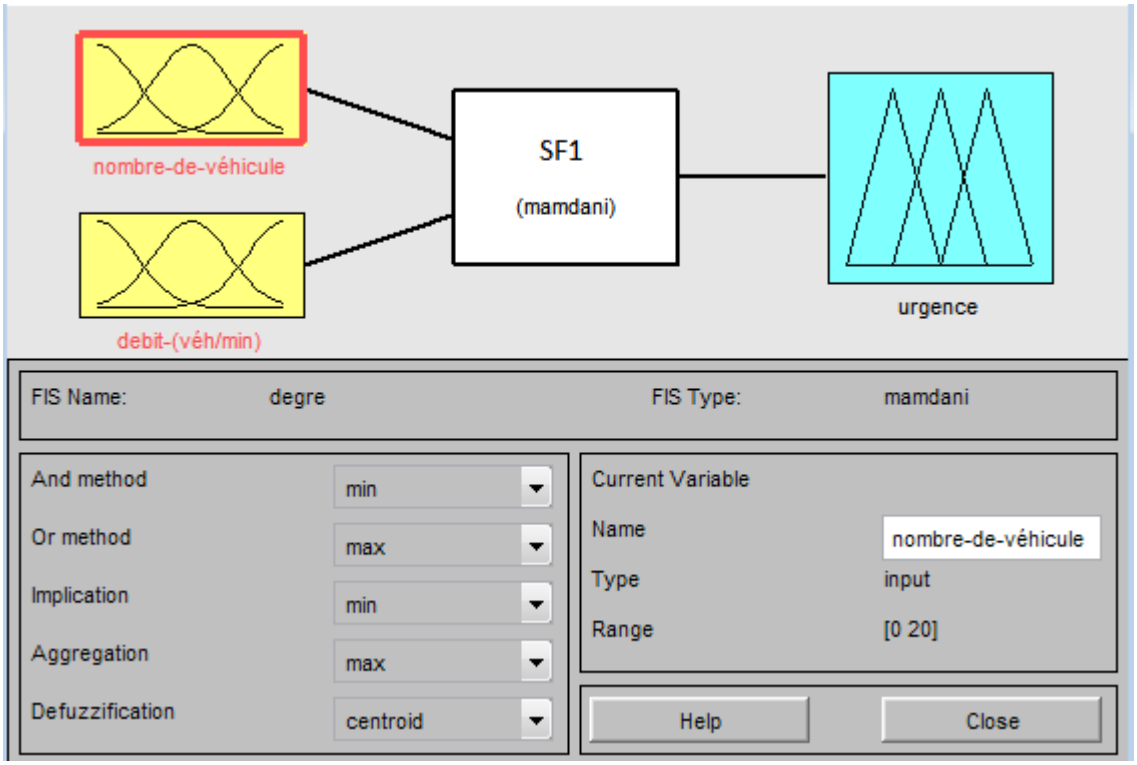


***Figure III.5** : système floue1*

III.3.1.1.fonction d'appartenance

En premier lieu il faut définir l'univers de discours de chaque entrée,

- Nombre-de-véhicule (NV): Input1 : cinq classes.
- Débit (véh/min) (D) : Input2 : cinq classes.
- Urgence (U) : Output : cinq classes.

Les figures (III.6, III.7) représentent les fonctions d'appartenance de la variable d'entrée.

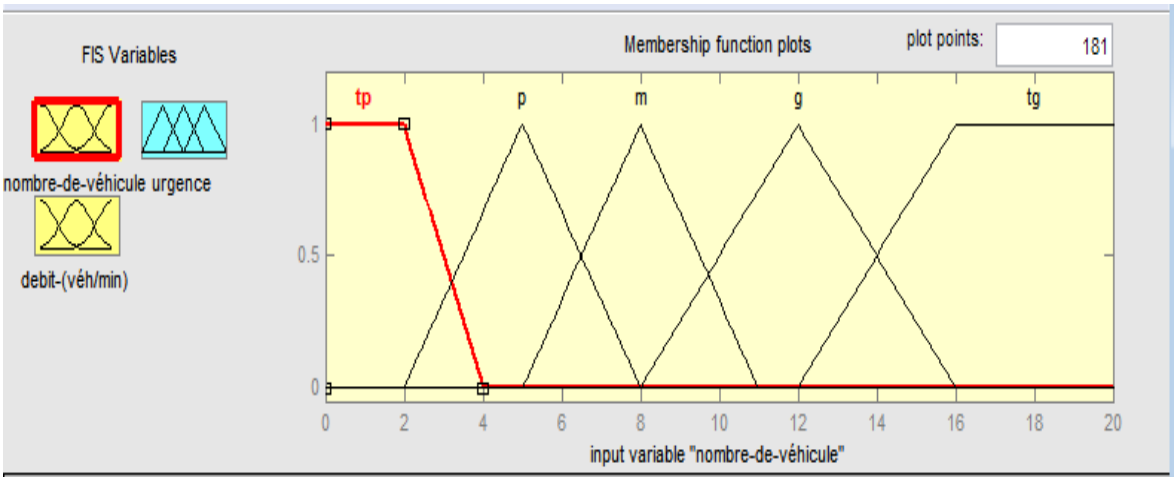


Figure III.6 : *présentation le nombre des véhicules dans l'intersection*

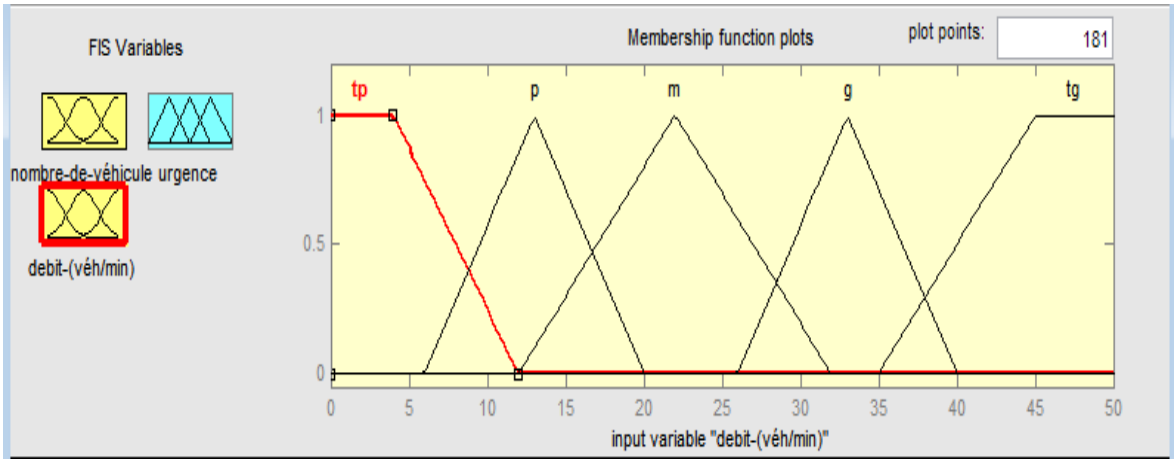


Figure III.7 : *présentation le débit des véhicules dans l'intersection*

La figure III.8 représente les fonctions d'appartenance de la variable de sortie.

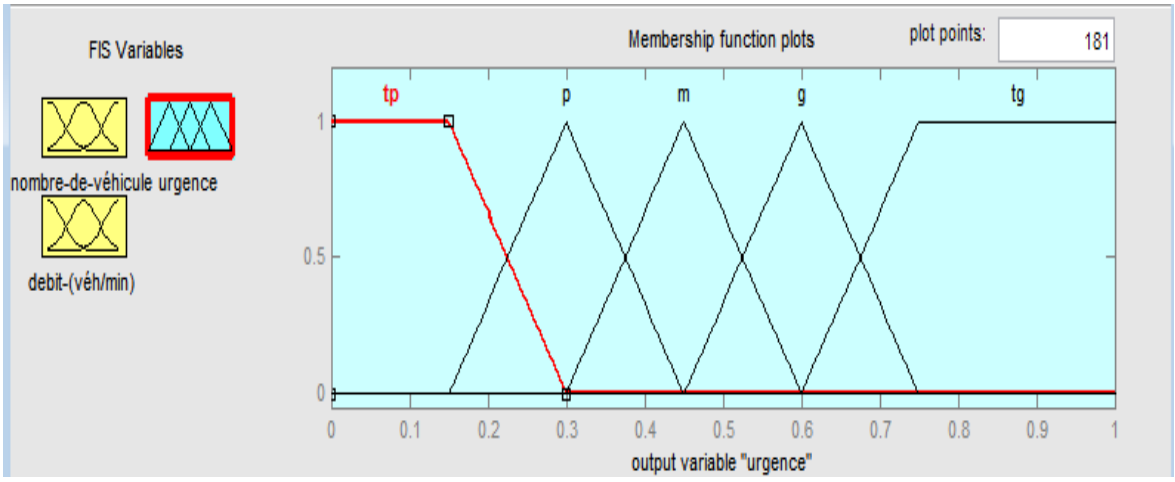


Figure III.8 : *le degré d'urgence*

III.3.1.2. variable linguistiques

La logique floue basée sur des variables linguistiques à valeurs linguistiques dans un univers du discours, chaque valeur linguistique constitue alors un ensemble flou de l'univers du discours.

❖ **input 1 : nombre des véhicules**

- nombre-de-véhicule : [0 20]
- nombre-de-véhicule : {TP, P, M, G, TG}

  TP : très petit

  P : petit

  M : moyen

  G : grand

  TG : très grand

❖ **input 2 : le débit (véh/min)**

- débit (véh/min) : [0 50]
- débit (véh/min) : {TP, P, M, G, TG}

  TP : très petit

  P : petit

  M : moyen

  G : grand

  TG : très grand

❖ **output: degré d'urgence**

- urgence : [0 1]
- urgence : {TP, P, M, G, TG}

  TP : très petit

  P : petit

  M : moyen

  G : grand

TG : très grand

III.3.1.3. les règles floues

Les systèmes à logique floue traitent de variable d'entrée floues et fournissent de résultats sur des variables de sorties elle-même floues.

Le tableau III.3 donne les règles flous qui régissant le système flou1 (SF1).

Tableau III.1 présentation des règles floue

		Débit (véh/min)				
		TP	P	M	G	TG
Nombre-de-véhicule	TP	TP	TP	TP	P	M
	P	TP	TP	P	P	M
	M	TP	P	M	G	TG
	G	P	M	G	G	TG
	TG	M	G	G	TG	TG

III.3.2. système floue 2

Le système floue 2 détermine la durée de temps vert de la phase sélectionnée par le système floue 1 .Il possède deux entrées le nombre de véhicule de la phase sélectionnée et leur débit et une seule sortie qui est la durée de temps vert (temps) comme voire sur la figure III.9.

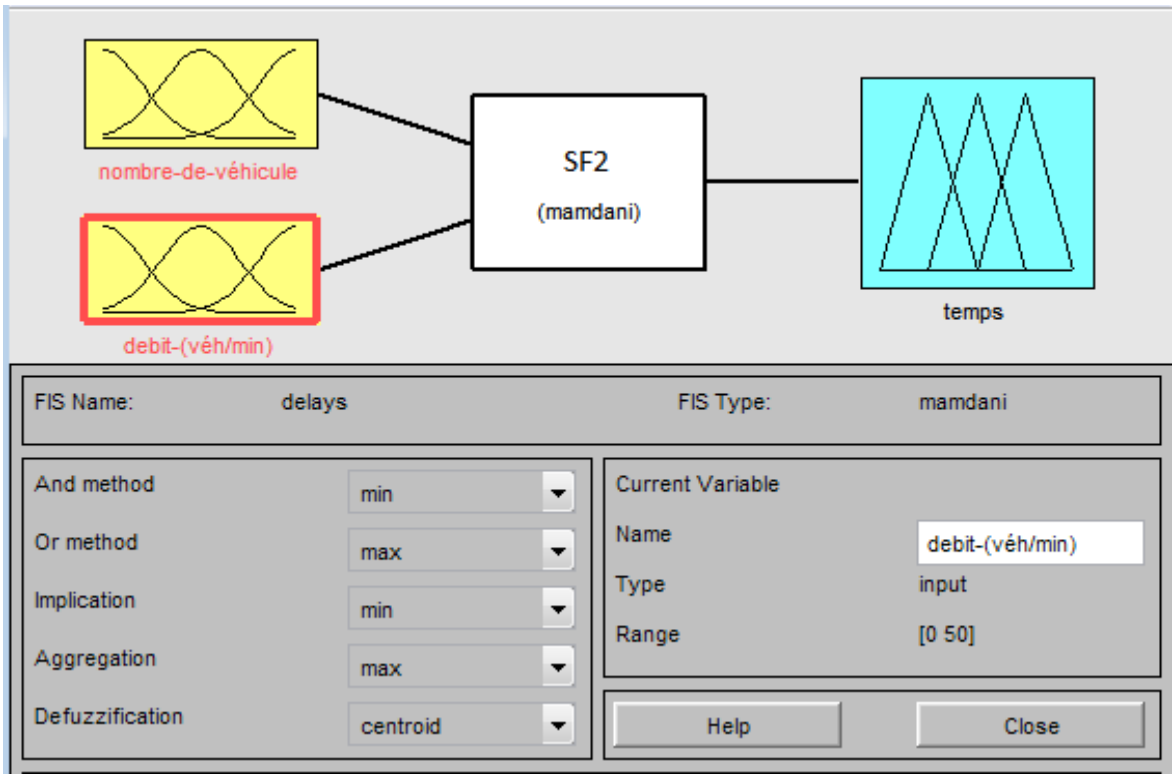


***Figure III.9** : système floue 2*

III.3.2.1.fonction d'appartenance

En premier lieu il faut définir l'univers de discours de chaque entrée,

- Nombre de véhicule: Input1 : cinq classes.
- débit/min (D) : Input2 : cinq classes.
- temps : Output : cinq classes

Les figures (III.10, III.11) représentent les fonctions d'appartenance de la variable d'entrée.

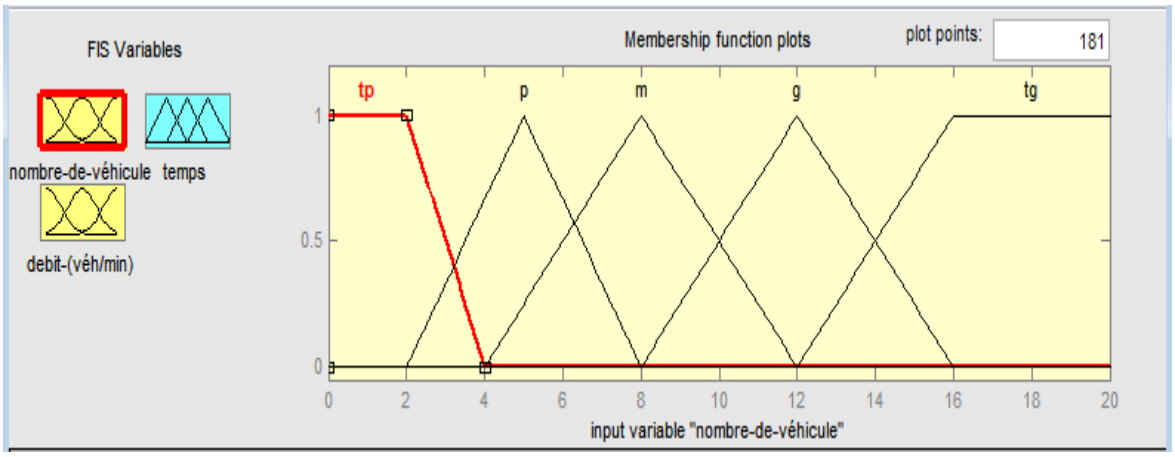


Figure III.10: *présentation le nombre des véhicules dans l'intersection*

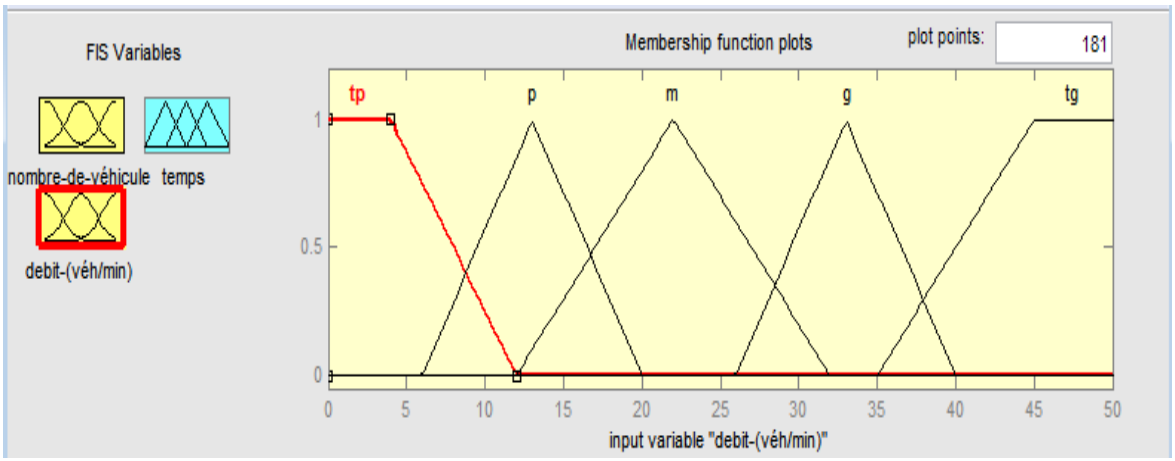


Figure III.11 : *présentation le débit des véhicules dans l'intersection*

La figure III.12 représente les fonctions d'appartenance de la variable de sortie de SF2.

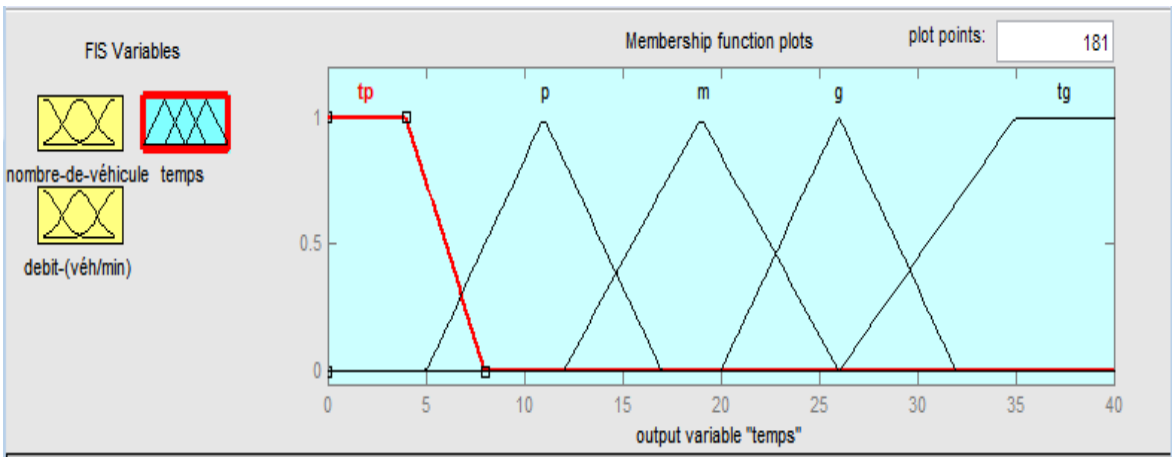


Figure III.12 : *la durée de temps vert*

III.3.1.2.variable linguistiques

❖ **input 1 : nombre de véhicule**

- nombre-de-véhicule : [0 20]
- nombre-de-véhicule : {TP, P, M, G, TG}

TP : très petit

P : petit

M : moyen

G : grand

TG : très grand

❖ **input 2 : le débit**

- débit (véh/min) : [0 50]
- débit (véh/min) : {TP, P, M, G, TG}

TP : très petit

P : petit

M : moyen

G : grand

TG : très grand

❖ **output: la durée de temps vert**

- temps : [0 40]
- temps : {TP, P, M, G, TG}

TP : très petit

P : petit

M : moyen

G : grand

TG : très grand

III.3.1.3. les règles floues

Le tableau III.4represente les règles flous qui régissant le SF2.

Tableau III.2 présentation des règles floue

		Débit (véh/min)				
		TP	P	M	G	TG
Nombre–de-véhicule	TP	TP	TP	TP	P	M
	P	TP	TP	P	P	M
	M	TP	P	M	G	TG
	G	P	M	G	G	TG
	TG	M	G	G	TG	TG

III.3.3.l'algorithme de contrôleur

Dans notre travaille nos n'utilise pas la toolbox de la logique floue dans MATLAB, on a essayé de programmer leur structure a travers des équations mathématiques en utilisant la méthode d'inférence max-min **(**méthode de Mamdani**)** comme suite :

- On utilisant l'équation (III.1) pour définit la forme triangulaire et l'équation (III.2) pour la forme trapézoïdale et on remplace les variable linguistique par des indices.

$$\boldsymbol{Tri}(\boldsymbol{x}) = \begin{cases} 0 & pour \quad x \le a \\ \frac{x-a}{b-a} & pour\ a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b} & pour\ b \le x \le c \\ 0 & pour \quad c \le x \end{cases} \qquad \text{(III.1)}$$

$$\boldsymbol{Tra}(\boldsymbol{x}) = \begin{cases} 0 & pour \quad x \le a \\ \frac{x-a}{b-a} & pour \quad a \le x \le b \\ \mathbf{1} & pour \quad b \le x \le c \\ \frac{c-x}{c-b} & pour \quad c \le x \le d \\ 0 & pour \quad d \ge x \end{cases} \qquad \text{(III.2)}$$

- On calcul le degré d'appartenance de notre paramètres d'entrée (μ(x) et μ(y) dans chaque variable l'linguistique et on met les résultats dans un vecteur (dans notre cas on a deux paramètres d'entrée et cinq variable linguistique donc on trouve deux vecteurs de taille (1,5)).
- une matrice est utilisée pour déclarer notre table des règles.
- On multiplie les deux vecteurs pour trouve les règles actives (μ(x) * μ(y) ≠ 0).
- le minimum est calculé entre les deux degré d'une règle active.
- ces règles sont comparées avec une matrice des règles pour trouver l'indice de la fonction de sortie et le maximum entre les degrés qui est le même indice de sortie, Nous pouvons aussi obtenir trois formes géométriques dans la fonction de sortie comme illustré par figure (III.13).

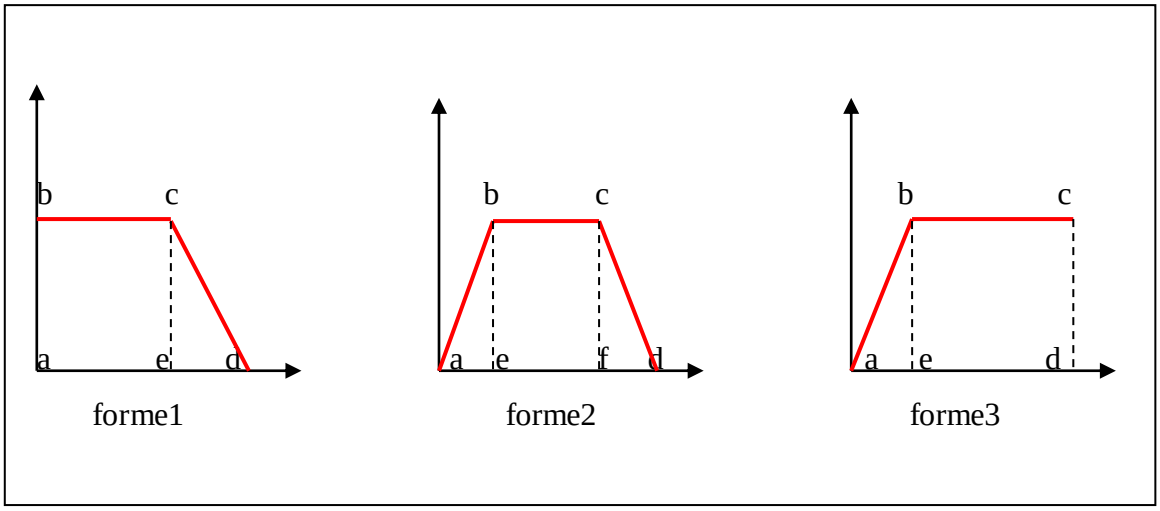


Figure III.13. *Les formes de fonction de sortie*

- On calcule la surface et le centre de gravité de chaque forme (on a besoin juste de la valeur de l'abscisse du centre de gravite de chaque forme) comme le montre les relations suivantes.

$$Cg(forme1) = Cg(rectangle).S(rectangle) + Cg(triangle).S(triangle) \quad \text{(III.3)}$$

Avec : $Cg(rectangle) = \frac{1}{2} * e$ (III.4)

$$Cg(rectangle) = \begin{cases} \frac{2}{3} * (d-e)\ pour\ c < (d-e) \\ \frac{1}{3} * (d-e)\ \ pour\ (d-e) < c \end{cases} \quad \text{(III.5)}$$

$$Cg(forme2) = \frac{1}{2} * (f-e) \quad \text{(III.6)}$$

$$Cg(forme3) = Cg(triangle).S(triangle) + Cg(rectangle).S(rectangle) \quad \text{(III.7)}$$

Avec : $Cg(rectangle) = \frac{1}{2} * (d-e)$ (III.8)

$$Cg(rectangle) = \begin{cases} \frac{2}{3} * e\ \ pour\ c < (d-e) \\ \frac{1}{3} * e\ \ \ pour\ (d-e) < c \end{cases} \quad \text{(III.9)}$$

- On utilise la méthode de centre de gravité pour déterminer la sortie telle que :

$$sortie = \frac{\sum_{i=1}^{5} S(i) * Cg(i)}{\sum_{j=1}^{5} S(j)} \quad \text{(III.10)}$$

III.4.IMPLEMENTATION DU CONTROLEUR DANS L'API

On utilise la programmation avancé du langage ladder ainsi que le SCL (Structured Control Language) dans logiciel TIA portal de Siemens pour implémenter l'algorithme de notre contrôleur dans l'API (CPU 312).

- Un sous programme (fonction) est crée pour chacune des deux formes des fonctions d'appartenance et en utilise les instructions mathématiques pour transformer les équations (III.1, III.2) à un programme ladder.

Les figures(III.14) et (III.15) représente le bloc de deux formes des fonctions d'appartenances.



Figure III.14. *Bloc de la fonction triangulaire*



Figure III.15.*bloc de la fonction trapézoïdale*

- On utilise le bloc de données (DB) pour créer les vecteurs (registres) pour stocker les degrés d'appartenance de chaque entrée (μ(x) et μ(y)) comme la figure (III.16).



Figure III.16 *:* vecteurs de stockages

- On multiplie les deux vecteurs (on trouve matrice 5*5) pour trouver les postions des règles actives et en calculant les minimums entre chaque deux règles actives, d'après les tables des règles (III.1 et III.2) on stocke le minimum dans un vecteur et en prend le maximum entre chaque deux minimums dans la même case pour déterminer le degré d'appartenanceμ(z) dans chaque zone de sortie (le langage SCL est utilisée pour cet effet) .Le bloc de la figure III .17 permet de réaliser tous ces opérations.

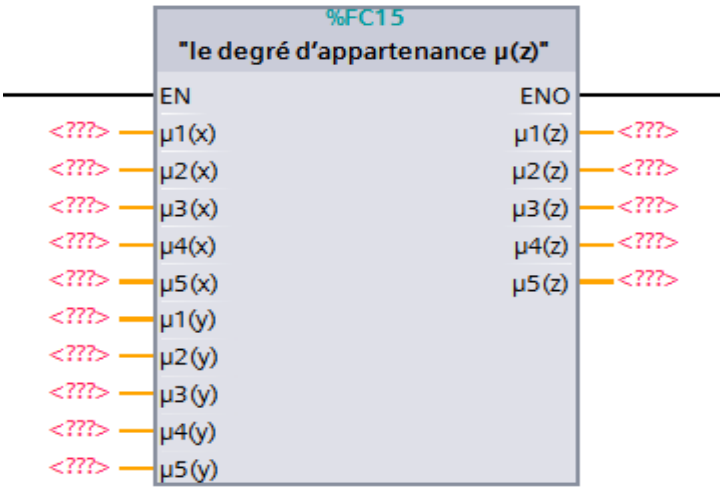


Figure III.17 : *bloc de calcule le degré d'appartenance μ(z)*

- Dans un sous programme et à l'aide les fonctions mathématique on transforme les équations (III.3 à III.9) à un programme ladder.

La figure (III. 18) représente les différents blocs pour calcul du centre de gravite et la surface de chaque forme de sortie.

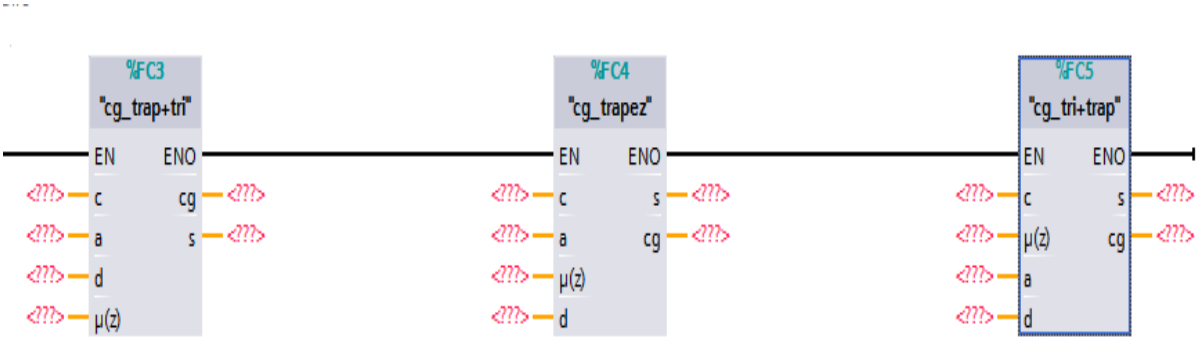


Figure .III.18 : *Blocs de centre de gravite des trois formes*

- Dans un sous programme on va transformer l'équation III.10 en langage ladder pour calculer la sortie de notre système flou.

La figure III.19 représente le bloc de programme de l'équation III.10.Il possède dix entrées (surface et centre de gravite de chaque forme) et une sortie (la sortie de système flou).

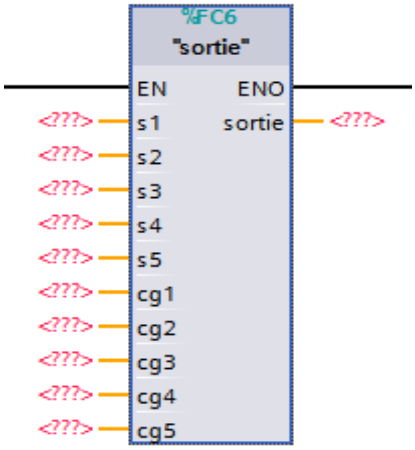


Figure .III.19 **:** *Bloc de programme de l'équation de sortie*

- On utilise les sous programmes précédents dans un seul bloc pour trouver le bloc final du système flou1(SF1) et système flou2(SF2).

La figure III.20 représente le bloc de SF1 et SF2.

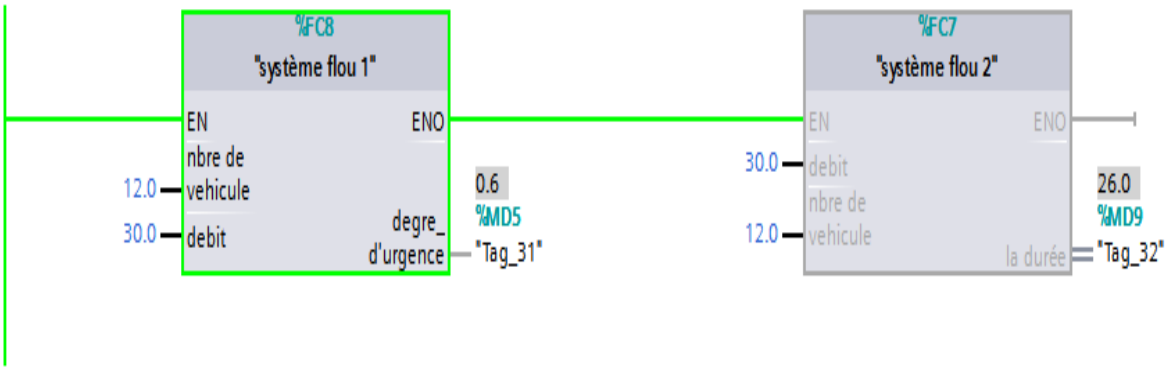


Figure III.20 *: Bloc de SF1 et SF2.*

- Pour des fins de tests, Dans notre projet le nombre de véhicule et le débit sont enregistrés dans une mémoire.
- En utilisant langage SCL pour créer un bloc permettant pour le calcul du maximum entre les quatre degrés d'urgence et leur indice (figure III.21). Le S7-300 ne possède pas une instruction Ladder qui permet de donné le maximum entre plus de 4 valeurs.

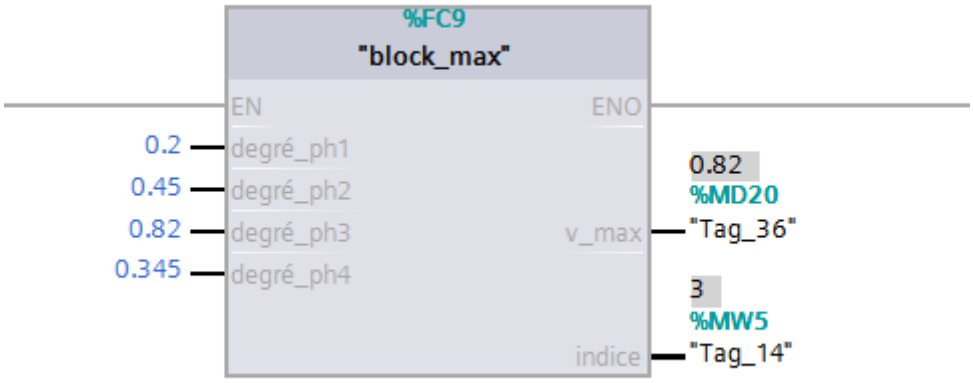


Figure III.21 : *bloc de calcul du maximum et leur indice*

- D'après la figure (III.18) en remarque que la sortie de système floue 2 est un nombre réel donc on a besoin de convertir cette valeur en temps, le S7-300 ne contient pas le bloc qui faire la conversion réel – temps directement contrairement s7-1200 et s7-1500. donc on va adopter les étapes suivantes (figure III.22).

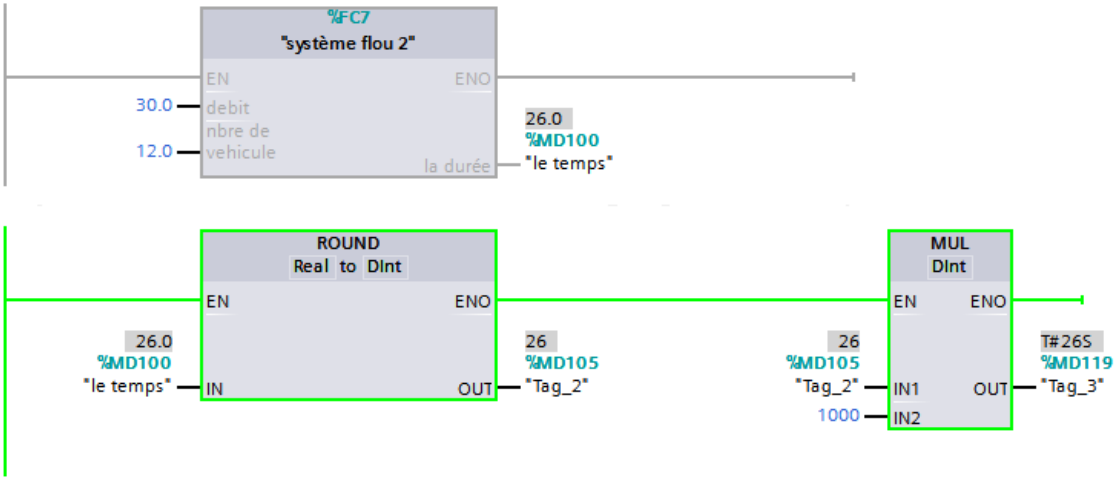


Figure III.22 :*convertion réel – temps*

- Pour visualiser ce qui ce passe à l'intersection, une IHM est créée (figure III.23).

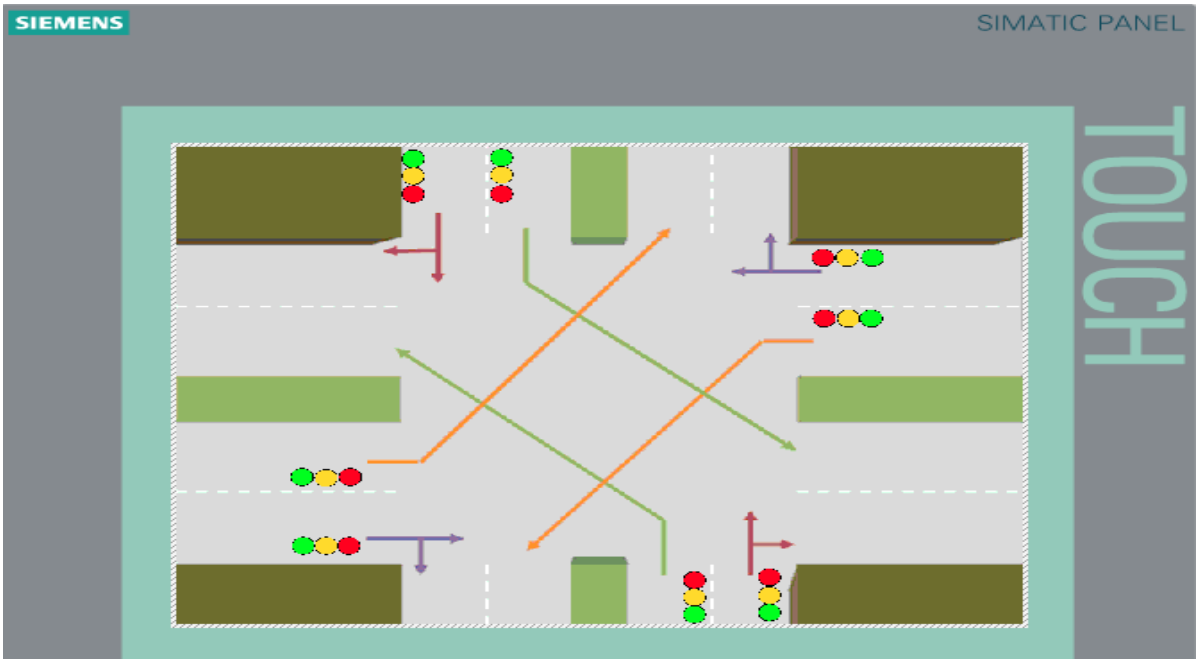


Figure III.23 : *Interface Homme Machine*

III.5.REALISATION

Sur une maquette de 30 cm /30cm on a représenté un modèle d'une intersection à quatre chemins comme le montre la figure III.24.

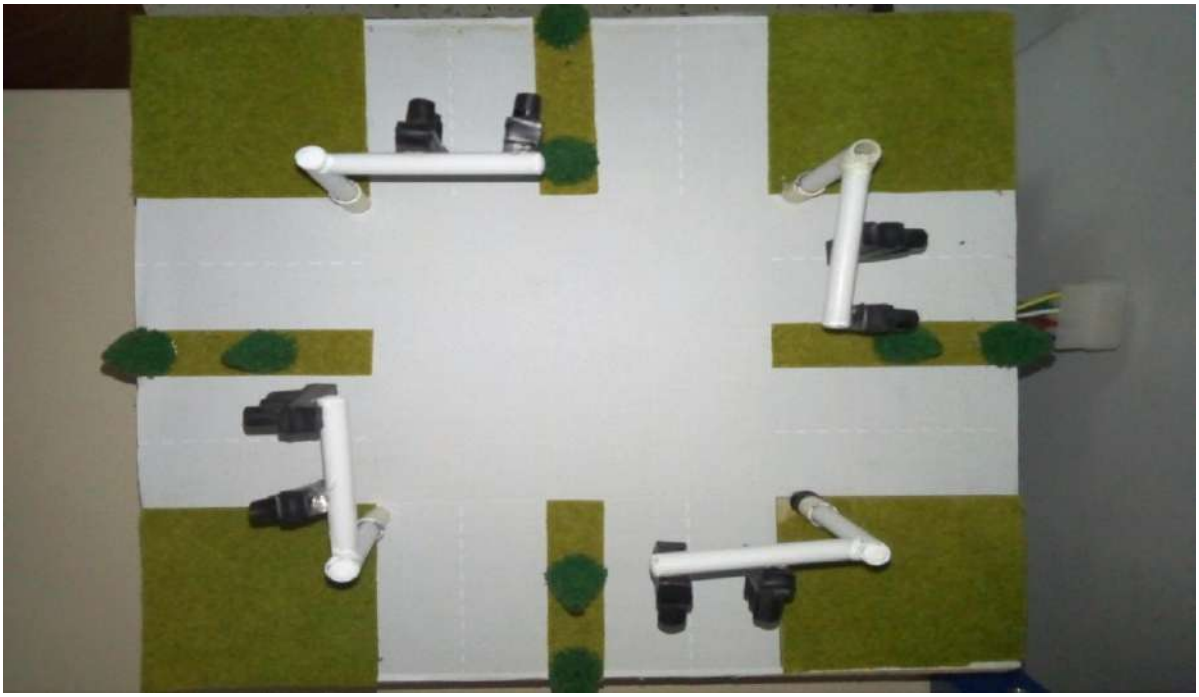


Figure III.24 *: maquette de l'intersection à quatre chemins*

On connecte la maquette avec l'API S312 de siemens (à travers le câblage entre les feux de l'intersection et les sorties analogique de l'API et en utilisant une PC Adapter USB, pour faire la communication entre l'API et le PC) pour bien visualiser le changement du classement d'exécution des phases et la durée de feux vert de chaque phase quand les entrées du notre contrôleur changent. La figure III.25.Illustre un exemple de test



Figure III.25 : *Test sur un prototype réel.*

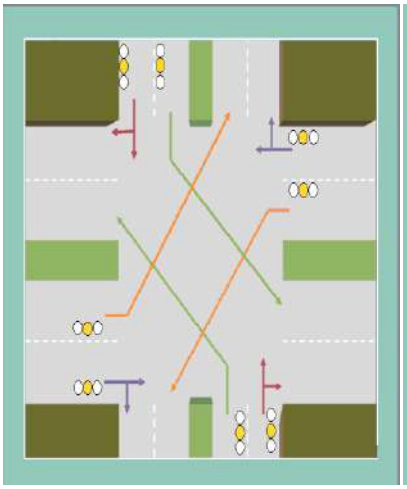
III.6. TESTS DE CONTROLEUR

En utilisant IHM pour visualiser les résultats de notre contrôleur, le tableau (IV.3) représente les paramètres d'entrée de premier cycle. Notre contrôleur donne la priorité à la phase la plus urgence et la durée de temps vert dépend aux nombre de véhicules (NV) et le débit (D).

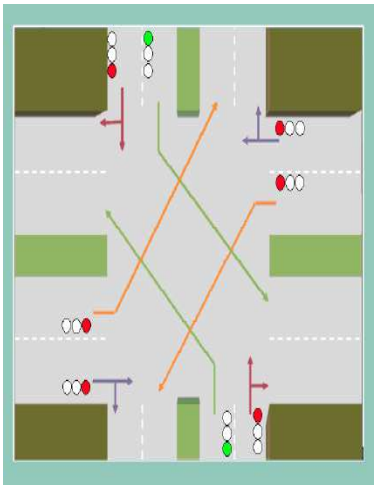
Tableau III.3 paramètres de premier cycle

	Voie1	Voie2	Voie3	Voie 4	Voie 5	Voie 6	Voie 7	Voie8
NV	7	5	6	5	11	9	4	3
D	20	18	15	14	25	20	17	15

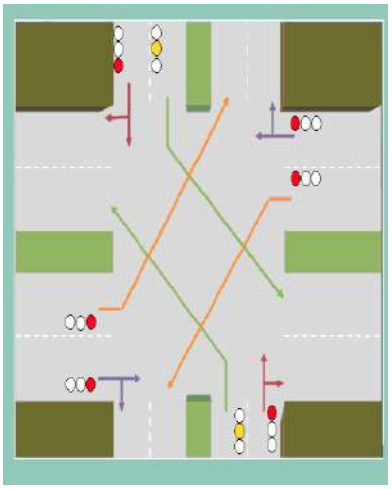
Premièrement(l'état initial) les feux des quatre phases sont orange pendant 3 secondes, après l'état initiale notre contrôleur choisit la phase3 avec une durée de 22 secondes , quand la durée de temps vert est terminé l'orange de la phase 3 est allumé pendant trois secondes ,la phase1 est la prochaine phase avec une durée de 13 secondes ,la phase 2 est la troisième phase de cycle avec une durée de 10 secondes, à la fin notre contrôleur exécute la dernière phase de cycle (phase 4) avec une durée de 6 secondes. La figure (III.26) représente les étapes de premier cycle.



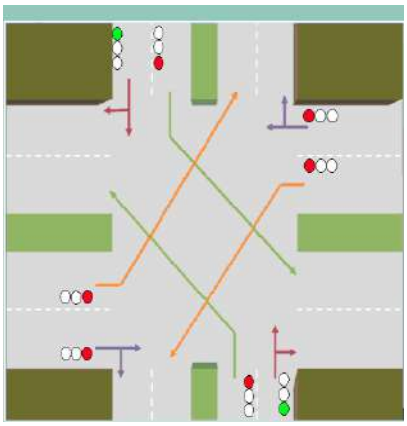
Etat initial (t=0s)



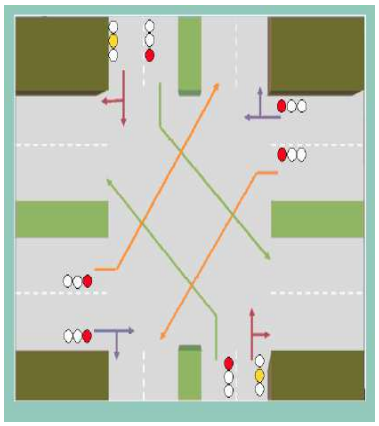
t=(3s)



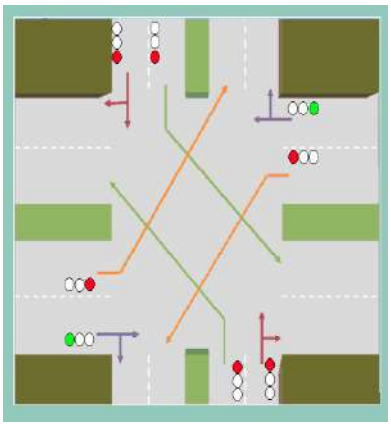
t= (25s)



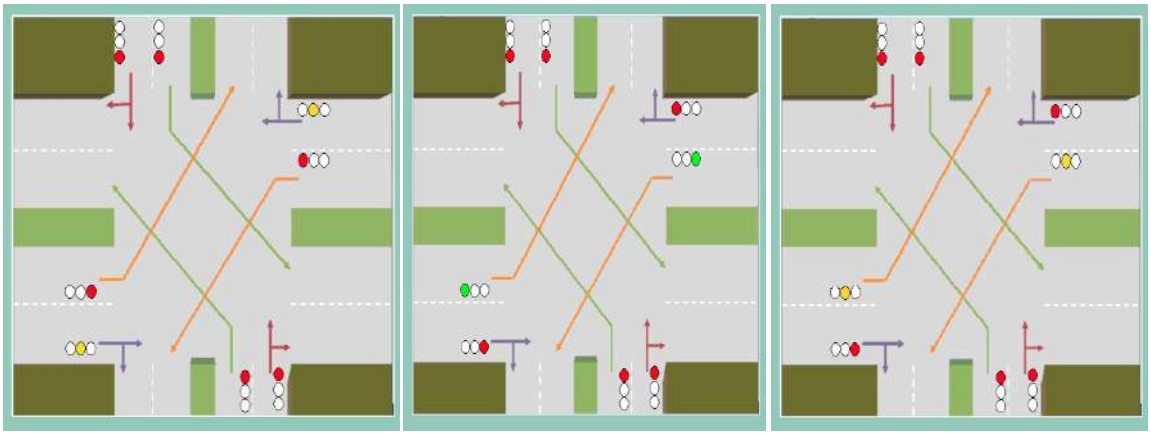
(t= 28s)



(t=41s)



(t=44s)



(t=54s) *(t=57s)* *(t=63s)*

Figure III.26 : *les étapes d'exécution de cycle 1*

Dans le deuxiememe cycle,on va changer notre paramètres d'entrée pour voir le changement qui se produit sur l'execution des phases. Les nouveaux parametres sont representés sur le tableau (III.4).

Tableau III.4 paramètres de deuxième cycle

	Voie1	**Voie2**	**Voie3**	**Voie 4**	**Voie 5**	**Voie 6**	**Voie 7**	**Voie8**
NV	7	5	13	14	3	4	10	12
D	20	18	40	35	12	13	36	35

D'après le tableaux (III.4) on remarque que les voies 3 et 4 (phase2) sont les voies les plus chargées **,**donc le deuxieme cycle commence par l'execution de la phase 2 avec une durée de 33s, la deuxieme phase de cycle est la phase 4 avec une durée de 31 secondes -après ca notre controleur execute la phase 1 avec une durée de 13 secondes et a la fin la phase 3 est la dernière phase de cycles avec 6 secondes .

La figure (III.27) représente les etapes d'execution de la deuxième cycle.

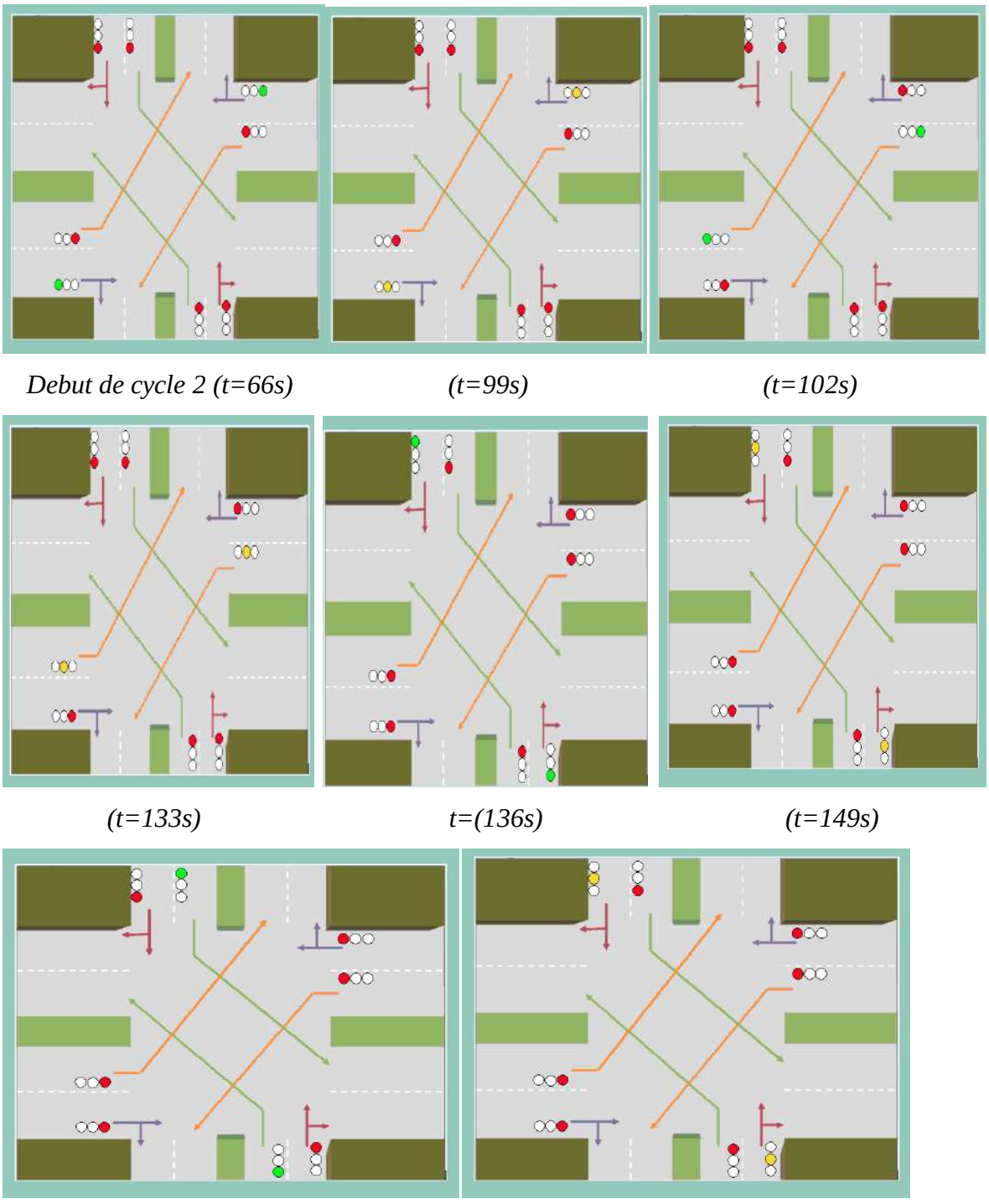


Figure III.27 : *les étapes d'exécution de cycle 2*

Les résultats de ces tests montrent que la durée du vert ainsi que le choix de la phase se font selon les données de l'intersection en favorisant un délai d'attente moyen minimal.

III.7.COMPARAISON

Pour valider notre contrôleur intelligent, une comparaison est faite avec un contrôleur des feux de circulation classique (la durée de temps vert est fixe (30 secondes pour chaque phase)), pour ce que nous utilisons une programme Matlab permet de gérer le temps d'arrivée de chaque véhicule à l'intersection (pour chaque voie), et on calcule le délai d'attente moyen au niveau de l'intersection

Le délai d'attente moyen peut être donné par l'équation (III.11)

$$\text{délai d'attente moyen} = \frac{\sum \text{durée d'attente de chaque véhicule}}{\text{nombre des véhicules}} \qquad \text{(III.11)}$$

Les résultats de comparaison entre l'algorithme classique et l'algorithme intelligent synthétisé sont donnés par le tableau III-5.

Tableau III.5.délai d'attente moyen en fonction du débit

Débit	400	600	800	1000	1200	1600
délaid'attentemoyen par le feu de circulation classique	25.60	31.04	37.07	39.8095	42.3492	44.82
délai d'attente moyen par le contrôleur intelligent	2.67	4.52	12.72	21.99	34.1599	41.13

Le graphe de figure (III.28) donne le délai d'attente moyen en fonction du débit pour les deux feux de circulation.

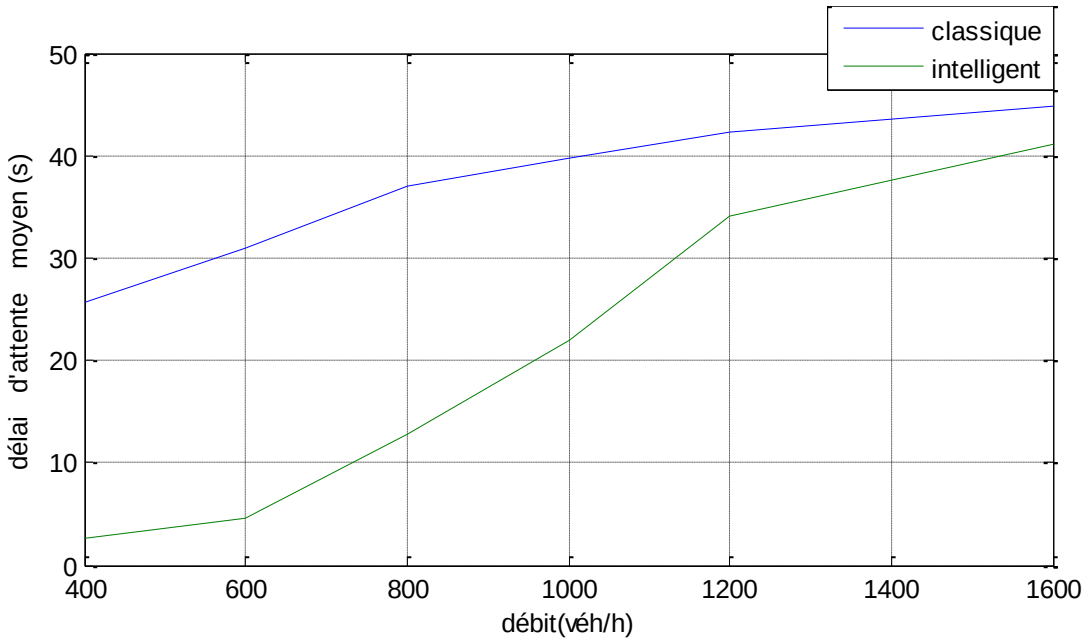


Figure III.28*: *Résultat d'exécution de délai d'attente moyen

Les résultats de la figure (III.28) montrent l'avantage de notre contrôleur intelligent dans la gestion des feux d'intersection ou le délai d'attente moyen est largement meilleur.

III.8.CONCLUSION

En utilisant la programmation avancée des API, le contrôleur flou a été implémenté avec succès sur une API S7-312 de SIEMENS pour la gestion d'une intersection.

Une étude de comparaison a montré que le feu de circulation intelligent peut être une bonne solution alternative aux contrôleurs classiques. Le feu de circulation intelligent est une bonne solution en matière d'intégration, fiabilité et sécurisé pour les grandes villes.

CONCLUSION GENERALE

Un contrôleur intelligent basé sur la logique floue a été appliqué pour la résolution de notre problématique qui s'agit rendre le contrôle des feux d'intersection d'une manière intelligente avec prise en compte des paramètres du trafic routier tels que : le nombre de véhicules existants dans une voie ainsi que le débit.

Pour arriver à cette fin, une étude théorique sur les feux de circulation et leur gestion était nécessaire. Ensuite l'adaptation de la théorie du contrôle flou à notre problématique.

Ce travail ne s'est pas fait sans difficultés. En effet, il a fallu prendre connaissance de l'étendue des différents domaines qui font l'objet de cette étude. Tout d'abord, le domaine de gestion de trafic routier ensuite la proposition d'un algorithme qui nous a permis de minimiser le temps d'attente moyen dans une intersection et enfin faire la conception et l'implémentation.

Un contrôleur intelligent est synthétisé et implémenté avec succès a autour d'un API ou une comparaison est faite entre le contrôleur intelligent et classique, on a conclu que le premier est plus pratique dans les intersections car il minimise le temps d'attente mieux que le deuxième.

L'adoption de notre solution présente beaucoup d'avantages dont les plus importants sont énumérés comme suit :

- Allègement de la circulation.
- Réduction du taux d'émission du CO_2.
- Disposition de plus de confort pour le conducteur.
- Modularité du système conçu ou il peut être applique à n'importe quelle autre intersection.

Comme perspectives à notre travail, on propose d'étendre notre contrôle à un contrôle coopératif entre plusieurs intersections dans un réseau routier urbain et appliquer notre solution sur une intersection réelle.

[1 B. M. Nair and J. Cai, “A fuzzy Logic Controller for Isolated Signalized Intersection with Traffic Abnormality Considered,” in *2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2007, pp. 1229–1233.

[2] F. Boillot, J. M. Blosseville, J. B. Lesort, V. Motyka, M. Papageorgiou, and S. Sellam, “Optimal signal control of urban traffic networks.,” in *Road Traffic Monitoring, 1992 (IEE Conf. Pub. 355)*, 1992, p. 75-.

[3] “Methodology for Timing and Impact Analysis of Signalized Intersections - ScienceDirect.”[Online].Available:http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516305361. –(2017).

[4] Mr SAADi Ahmed. « Le problème de la circulation et du stationnement dans le centre-ville de Constantine ». mémoire de magister. Universite Mentouri,2005

[5] “Dictionnaire de l’urbanisme et de l’aménagement.” [Online]. Available: https://www.puf.com/content/Dictionnaire_de_lurbanisme_et_de_lam%C3%A9nagement. (2017).

[6] “Renouvellement urbain.” [Online]. Available: http://www.aguram.org/etudes-productions/urbanisme/projet-urbain/renouvellement-urbain. (2017).

Historique du Métier

[7] “Historique du Métier.” [Online]. Available: http://www.emes.info/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=14. [Accessed: 06-Jun-2017].

[8] “LES FEUX ROUGES,” *Evene.fr*. [Online]. Available: http://evene.lefigaro.fr/lieux/actualite/invention-feu-rouge-signalisation-routiere-1814.php. (2017).

[9]“IISR_6ePARTIE_vc20120402_cle573dda.pdf.” .

[10] “Les feux de signalisation - Grand Sudbury.” [Online]. Available: https://www.grandsudbury.ca/habitants/routes-/aperc3a7u/les-feux-de-signalisation/. (2017).

[11] «Audi Travolution : un système pour éviter les arrêts au feu rouge,» [Online]. Available: http://blog.economie-numerique.net/2011/02/10/audi-travolution-un-systeme-pour-eviter-les-arrets-au-feu-rouge/. (2017).

[12] R. T. L. Newmedia, "Bruxelles se dote de feux humainement intelligents," *RTL Info*. [Online]. Available: http://www.rtl.be/info/regions/bruxelles/bruxelles-se-dote-de-feux-humainement-intelligents-381920.aspx. (2017).

[13] "Nouvelle technologie aux feux de circulation à Boucherville," *Electromega*, 17-Jan-2014. .

[14] «mis en place tous les premiers feux de circulation intelligents,» sohu, [Online]. Avalable: http://auto.sohu.com/20071008/n252513593.shtml. (2017).

[15] «Conception et mise en oeuvre du système de contrôle de la lumière intelligente du trafic,»TRANBBS,[Online].Available:http://www.tranbbs.com/Solution/control/Solution_96243_2.shtml. (2017).

[16] "Londres va tester des passages piétons « intelligents »." [Online]. Available: http://www.futura-sciences.com/tech/actualites/technologie-londres-va-tester-passages-pietons-intelligents-52795/. (2017).

[17]M. Wheatley, «Big Data Traffic Jam: Smarter Lights, Happy Drivers,» SiliconANGLEMedia,[Enligne].Available:http://siliconangle.com/blog/2013/04/03/big-data-traffic-jam-smarter-lights-happy-drivers/. [Accès le 3 Avril 2013].

[18] "Transportation - Communications for industries - Siemens." [Online]. Available: http://w3.siemens.com/topics/global/en/industrial-networks/communication-industries/transportation-rugged/pages/mobility-transportation.aspx. (2017).

[19] A. Zadeh, "Fuzzy set", Infornzution and Control, vol. 8, pp. 338-354, 1965.

[20**]** "M.T. Benchouia, Commande vectorielle de la machine asynchrone par logique floue Thèse de Magister, Université de Biskra, 1998. - Recherche Google." [Online].

[21] M. G. Simoes, B. K. Bose, and R. J. Spiegel, “Fuzzy logic based intelligent control of a variable speed cage machine wind generation system,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 12, no. 1, pp. 87–95, Jan. 1997.

[22]“Commande floue d’un convertisseur AC-DC à UPF en cascade avec un convertisseur DC-DC double étage alimentant un système de biberonnage par super capacités d’un véhicule électrique,” *ResearchGate*. [Online]. Available:

[23] T.C. Minh, “ Commande numérique de la machines asynchrone par logique floue ”, Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada, 1998

[24] M. Khami, "Amélioration des performances de régulation d’une machine asynchrone à double alimentation par la technique Neuro-flou", Mémoire de master, université de ouargla, 2013.

[25] A. Mechernene, " Commande Neuro-Floue Adaptative pour la Régulation de Vitesse d’un Moteur Asynchrone ", Mémoire de Magister, Ecole Normale Supérieure d’Enseignement Technique d’Oran, Algérie, 2008.

[26] M.Latreche, " Commande Floue de la Machine Synchrone à Aimant Permanant (MSAP) utilisé dans un système éolien ", Mémoire de Magister, université de Setif,2012.

[27] L. Baghli, ″Contribution à la Commande de la Machine Asynchrone, Utilisation de la Logique Floue, des Réseaux de Neurones et des Algorithmes Génétiques″, Thèse de Doctorat, Université de Henri Poincaré, Nancy-I, France, 1999.

[28] B. Toual " Modélisation et Commande Floue Optimisée d’une Génératrice à Double Alimentation, Application à un Système Eolien à Vitesse Variable ", Mémoire de magister, Université de Batna, 2010.

I. PRESENTATION D'UN API

I.1.Historique

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

I.2 .Définition

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

I.3.Domaine d'application

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

I.4 .Architecteur d'un API

De forme compacte ou modulaire, les automates sont organisés suivant l'architecture suivante :

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaires pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.
- Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues + /- 5V, +/-12V ou +/-15V.

- Un ou plusieurs modules d'entrées `Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).
- Un ou plusieurs modules de sorties `Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- Un ou plusieurs modules de communication comprenant :
- Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 ;
- Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain ;
- Interface d'accès à un réseau Ethernet.

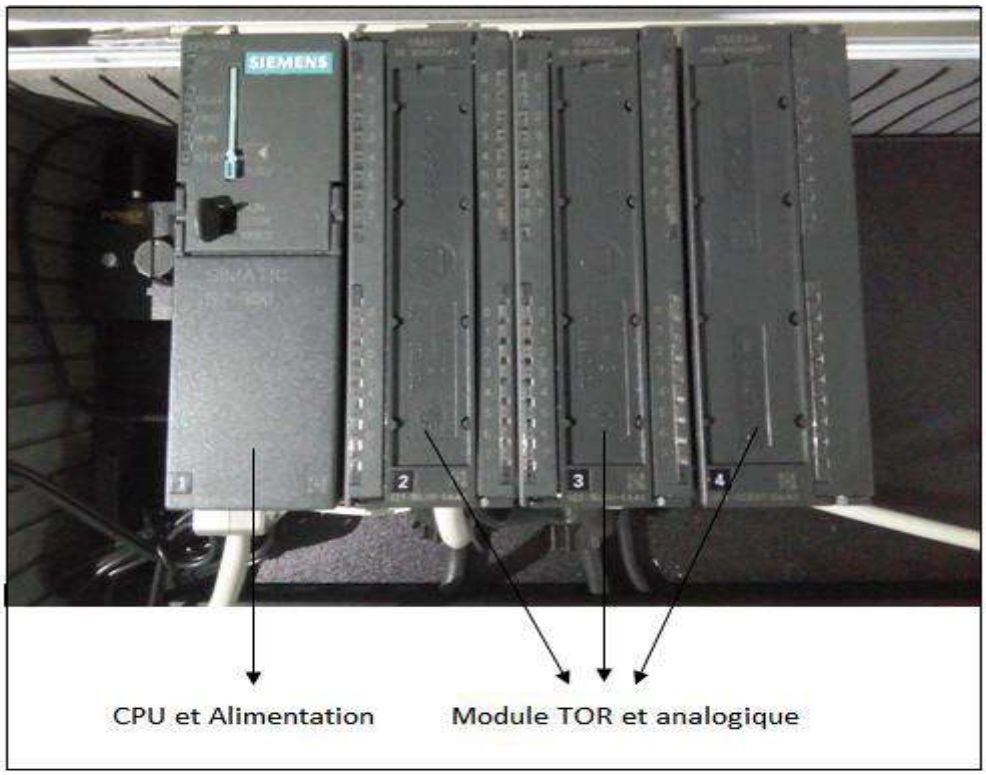


***Figure A.1**: Automate Programmable Industriel* SIEMENS

II. PRESENTATION DE TIA PORTAL

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) est le logiciel de configuration, programmation, vérification et diagnostic de tous les automates SIMATIC, il fournit un environnement convivial pour concevoir, éditer et surveiller la logique nécessaire à la commande de votre application, et notamment les outils pour gérer et configurer tous les appareils dans votre projet, tels que des automates et appareils IHM.

Pour vous aider à trouver les informations dont vous avez besoin, TIA portal fournit un système d'aide en ligne complet.

TIA portal comprend des langages de programmation standard, ce qui s'avère très pratique et efficace pour la mise au point du programme de commande de votre application :

- CONT (schéma à contacts) est un langage de programmation graphique. Sa représentation se base sur des schémas de circuit. Les éléments d'un schéma de circuit, contacts à ouverture et à fermeture et bobines par exemple, sont reliés pour former des réseaux.



***Figure A.2** : Schéma à contacts (CONT)*

- LOG (logigramme) est un langage de programmation se fondant sur les symboles logiques graphiques utilisés en algèbre (Page 153) booléenne. Comme CONT, LOG est un langage de programmation graphique. La représentation de la logique repose sur les symboles logiques graphiques utilisés en algèbre booléenne.

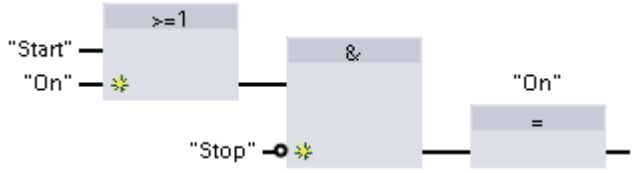


Figure A.3: *schéma Logigramme (LOG)*

- SCL (structured control language) : langage de haut niveau, sa syntaxe est proche du Pascal, permet de réaliser des opérations de calculs complexes .Il permet ainsi d'effectuer des calculs arithmétiques complexes facilement de par sa facilité à prendre en main.

La figure (11) présente un exemple avec SCL.



Figure A.4: *schéma SCL*

TIA portal offre un environnement convivial pour développer la logique du contrôleur, configurer la visualisation IHM et établir la communication réseau. Pour permettre d'augmenter votre productivité, TIA portal offre deux vues différentes du projet : un ensemble orienté tâche de portails qui sont organisés selon la fonctionnalité des outils (vue du portail (figure5)) et une vue orientée projet des éléments dans le projet (vue du projet

(figure6)). Choisissez la vue qui permet un travail le plus efficace possible. Avec un simple clic, vous pouvez faire le va et vient entre la vue du portail et la vue du projet.

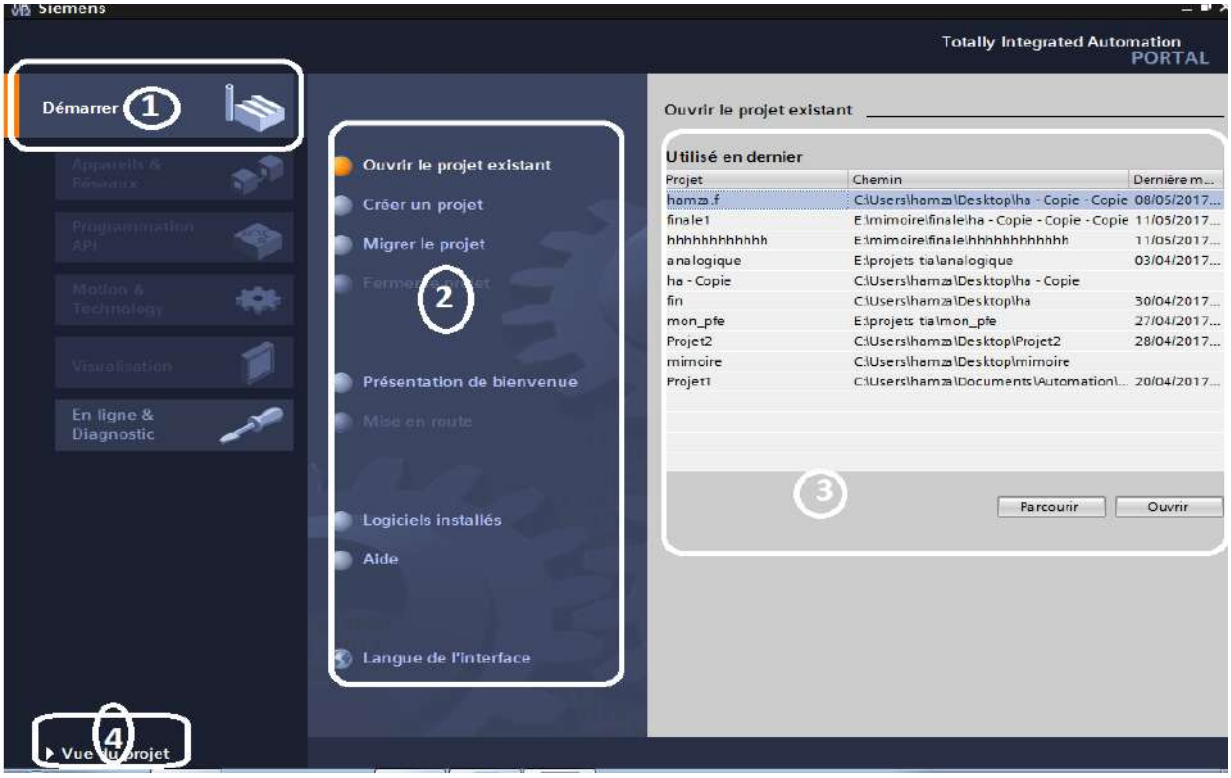


***Figure A.5** : Vue du portail*

Avec :

1. Portails des différentes tâches
2. Tâches du portail sélectionné
3. Panneau de sélection de l'action
4. Bascule dans la vue du projet

La figure (6) représente la vue de projet.



***Figure A.6** : Vue du projet*

Avec :

1. Menus et barre d'outils
2. Navigateur du projet
3. Zone de travail
4. Task Cards
5. Fenêtre d'inspection
6. Fenêtre d'inspection
7. Barre d'édition

III. Interface Homme Machine

Le système d'interface homme-machine (IHM) constitue l'interface entre l'opérateur et le processus. Le déroulement du processus est commandé par la CPU. L'opérateur peut visualiser le processus ou intervenir dans le processus en cours par le biais d'un pupitre opérateur (figure 7).

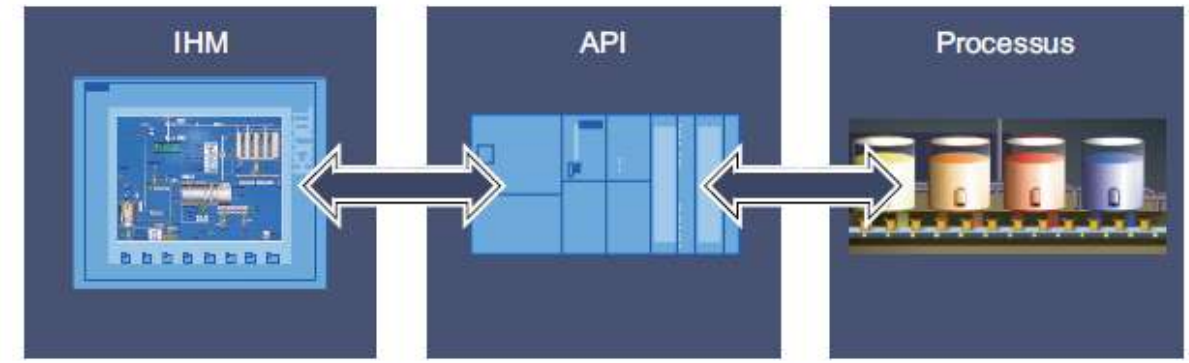


***Figure A.7**: L'interface Homme/Machine dans un processus automatisé*