

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 8 Mai 1945 – Guelma  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'études  
pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

Domaine : **Sciences et Technologie**  
Filière : **Electronique**  
Spécialité : **Instrumentation**

---

**Implantation de feux de signalisation au niveau d'un multi-  
carrefour au centre-ville de Guelma**

---

Présenté par :

-----  
**Serigne Babacar MBAYE**  
-----

Sous la direction de :

**A. YOUNSI**

Juillet 2019

# REMERCIEMENT

*Je voudrais remercier DIEU de nous avoir permis d'accomplir ce travail.*

*Je voudrais dans un premier temps remercier, mon directeur de mémoire Pr.A.A. YOUNSI, professeur d'électronique à l'université de Guelma, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Guelma et surtout ceux du département d'électronique, pour avoir assuré ma formation tout au long de mon cursus universitaire.*

*En dernier lieu je remercie mes parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements, ma famille et mes amis.*

# **DEDICACES**

*Je dédie ce travail modeste à :*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,  
leur amour, leur soutien et leurs prières tout au  
long de mes études,*

*A mes frères et sœurs,*

*A mes amis.*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

## Résumé

Les embouteillages sont devenus une fatalité partout dans le monde. Pratiquement, les villes du monde entier sont devenues encombrées. Les usagers de la route ainsi que les riverains n'arrêtent pas de se plaindre régulièrement. Selon un chauffeur de taxi d'une grande ville, qui à 30 ans de service à son actif à raison de huit heures par jour au volant : "Conduire est devenu une corvée quotidienne !!".

Trouver une solution pour les problèmes de la route est l'affaire de tous. En effet, la route est fréquentée par de nombreux usagers aux profils et aux besoins complètement différents. On y trouve le conducteur de la voiture, les piétons, les conducteurs de bus, de camions et d'ambulances, ...

Pour remédier aux problèmes d'embouteillages, l'on peut avancer certaines idées :

- ✓ Développer la culture du bus serait très favorable. En effet, un seul bus peut remplacer jusqu'à 30 véhicules légers ;
- ✓ Délocaliser les stations de service et les administrations ;
- ✓ Créer des lignes de trains reliant les villes métropolitaines ;
- ✓ Créer et/ou étendre les lignes de tramway jusqu'aux quartiers périphériques de la ville ...

Comme l'on peut le remarquer, le chantier est énorme et fait appel à des budgets très colossaux. Si l'on veut une solution moins coûteuse et parer toutefois aux difficultés de la circulation, l'implantation de feux de carrefours pourrait constituer une solution immédiate et idoine.

C'est dans cet esprit que nous nous sommes fixés pour objectif d'apporter une contribution aux problèmes d'embouteillage constatés au niveau de la ville de Guelma. Notre étude porte sur un carrefour, situé au centre de la ville.

La présence de nombreuses administrations et institutions aux alentours immédiats de cette avenue sont source d'une congestion pénible de la circulation dans cette partie de la ville. La présence de trois établissements scolaires vient compliquer encore un plus cette situation. En effet, les élèves empruntent plusieurs fois par jour cette zone ce qui peut engendrer éventuellement des conséquences dramatiques pour les usagers. Ajouter à cela, la circulation des adolescents à bord de vélomoteurs, ce qui les rend vulnérables face aux dangers des véhicules de tout type.

Afin de réduire les risques d'accidents et améliorer en même temps la fluidité de la circulation, nous envisageons l'implantation de feux de carrefour au niveau de plusieurs intersections. La gestion de ces feux serait complètement automatique et serait dévolue à un système programmable commandé par un microprocesseur.

## ملخص

أصبحت الاختناقات المرورية مزعجة في جميع أنحاء العالم حيث لا يتوقف مستخدمي الطرق والسكان بجانبها عن الشكوى بانتظام من تبعات هذه المشكلة. وفقاً لأقوال سائق سيارة أجرة في مدينة كبيرة ، يشتغل في هذه المهنة 8 ساعات يومياً منذ 30 عامًا : "لقد أصبحت القيادة مهمة محبطة نفسياً !" لعلاج مشاكل الاختناقات المرورية ، يمكننا طرح بعض الأفكار:

تطوير ثقافة النقل الجماعي حيث يمكن للحافلة الواحدة أن تعوض ما يصل إلى 30 مركبة خفيفة . نقل محطات البنزين والإدارات إلى خارج المدينة. إنشاء خطوط قطارات تربط بين المدن الكبرى . إنشاء أو تمديد خطوط الترام إلى المناطق الشبه الحضرية . كل هذه الحلول تتضمن ميزانيات كبيرة جداً. يوجد هناك حلاً فورياً ، ملائماً وأقل تكلفةً يجنب صعوبات تنقل السيارات و يتمثل في تركيب إشارات ضوئية للمرور.

ارتأينا ان نساهم في حل مشاكل الازدحام التي لوحظت في مدينة قالمة لتقليل من مخاطر الحوادث وفي نفس الوقت تحسين تدفق حركة المرور. و في هذا الإطار، تركز دراستنا على مفترق طريق يقع في وسط المدينة.

نفكر في تثبيت مصابيح التقاطع في عدة اماكن . ستكون إدارة هذه المصابيح تلقائية تمامًا تحت مسؤولية نظام قابل للبرمجة يتم التحكم فيه بواسطة معالج دقيق.

# TABLE DES MATIERES

## Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## Chapitre 1 : Réseau routier et trafic routier

1 Le réseau routier.....	6
1.1 Introduction.....	6
1.2 Le trafic routier : Définition.....	6
1.3 Le trafic routier : Contraintes et Normes de circulation.....	8
2 Les différents types de voies terrestres.....	8
2.1 Les autoroutes.....	8
2.2 Les intersections.....	10
2.3 Différents types de carrefours.....	10
2.3.1 Carrefour en T.....	10
2.3.2 Carrefour en X.....	11
2.4 Configuration du carrefour étudié.....	11
3 Généralités sur les feux de circulation.....	13
3.1 Définition.....	13
3.2 Objectifs et domaines d'utilisation.....	13
3.3 Principe de fonctionnement des feux de carrefour.....	15
3.3.1 Différents types feux.....	15
3.4 Conception des carrefours.....	18
3.4.1 Données à prendre en considération pour l'étude des carrefours.....	18
3.4.2 Notions de conflits.....	19
3.4.3 Découpage en phases.....	19
3.4.4 Principales règles à respecter pour la conception d'un carrefour à feu.....	20
3.5 Les problèmes de la route.....	21
3.5.1 Augmentation du parc automobile algérien.....	21
3.5.3 Bilan des accidents de l'année 2018.....	22
3.6 Conclusion.....	22

## Chapitre 2 : Les systèmes a microprocesseurs

1 Le système à microprocesseurs.....	24
1.1 Définition.....	24
1.2 Les différents éléments d'un système à microprocesseur.....	24
1.2.1 Le microprocesseur.....	24
1.2.2 Les circuits mémoires.....	24
1.2.3 Unités d'entrées-sorties.....	25
1.2.4 Bus du système.....	26
2 Interruptions.....	27
3 Description du microprocesseur 8086.....	27
3.1 Architecture externe.....	27
3.2 Architecture interne.....	28
3.3 Les registres du 8086.....	29
3.3.1 Les registres généraux.....	29
3.3.2 Les registres d'index et de base.....	29
3.3.3 Les registres segments.....	30
3.3.4 Les registres spéciaux.....	30
4 Interface parallèle 8255 .....	30

## Chapitre 3 : Aspect pratique

1 Introduction.....	35
2 Présentation du carrefour.....	36
3 Les conflits du carrefour.....	37
4 Installation d'un feu de carrefour.....	38
5 Choix de l'unité de programmation pour la gestion du feu de carrefour.....	39
6 Organisation des séquences d'allumage et d'extinction des feux de carrefour :.....	39
7. Interfaçage des feux de carrefour avec le circuit 8255.....	41
9 Programme du 8086 :.....	46

## Conclusion et perspectives

Conclusions et perspectives.....	49
----------------------------------	----

# INTRODUCTION GENERALE



## Introduction générale

Les embouteillages sont devenus une fatalité partout dans le monde. Pratiquement, les villes du monde entier sont devenues encombrées. La situation a empiré avec l'essor formidable de l'industrie automobile entraînant une forte augmentation du nombre de véhicules en circulation. Les usagers de la route ainsi que les riverains n'arrêtent pas de se plaindre régulièrement. Selon un taxieur de la ville d'Alger, qui à 30 ans de service à son actif, à raison de huit heures par jour au volant, interrogé par un journaliste : "Conduire est devenu une corvée quotidienne". Ce qui le rend encore plus nerveux, ce sont les entrées des villes où "Les véhicules avancent pare-chocs contre pare-chocs". Ce chauffeur de taxi se promet qu'il ne va pas tarder à abandonner son métier car il constate que "la situation deviendrait ingérable d'ici quelques années". Pour échapper aux nombreux bouchons, d'autres usagers de la route sont obligés de se lever très tôt.

Dans le même contexte et selon un responsable de la Police, "Les embouteillages sont dus aux goulots d'étranglement" qui sont les lieux de rencontre de plusieurs voix. "Ainsi, une baisse du flux de circulation de quelques secondes seulement suffit pour provoquer un embouteillage". Il faut préciser que le ralentissement des véhicules peut avoir plusieurs raisons pour origine, tels que : "Les travaux sur les chaussées ou les trottoirs, les accidents de la circulation, les barrages de sécurité, l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence gênant le passage des véhicules prioritaires, les sorties des voies rapides qui ralentissent considérablement la circulation". Parmi les autres causes des embouteillages, on peut citer le manque de civisme de certains piétons qui traversent la route en dehors des passages qui leur sont réservés ou font semblant d'ignorer les feux de circulation, le mauvais comportement de certains conducteurs qui ne conduisent mal en ne respectant pas le code de la route, à savoir principalement le non-respect des règles de priorité. L'on peut également ajouter le nombre important de camions en circulation, la croissance quasi-continue du parc automobile et l'utilisation massive du véhicule (une voiture pour un seul passager, en l'occurrence le conducteur de cette voiture !). Le policier interrogé, poursuivant son analyse du problème de l'embouteillage, se demande "Est-il normal que les travailleurs, les écoliers et les fonctionnaires se trouvent, tous, en même temps sur la route?" Il ajoute que "La centralisation des services dans un même endroit joue un rôle important dans les causes des embouteillages".

A la suite de ce constat, trouver une solution pour les problèmes de la route est l'affaire de tous. En effet, la route est le théâtre où se côtoient de nombreux acteurs aux profils et aux besoins complètement différents ... voire contradictoires !! En effet, on y trouve le conducteur de la voiture, le piéton, les riverains de la route constitués par les commerçants et les habitants de tout âge, les conducteurs de bus, de camions et d'ambulances, l'agent de circulation, ... Tous ces acteurs ont des objectifs différents quant à l'utilisation de la route. Dans le même ordre d'idées, les moyens de transport utilisés par ces acteurs de la route présentent tous les gabarits possibles et circulent à des vitesses fort différentes (marcheur à pied, bicyclette, voiture, ambulance, bus de transport, camion, ...). Par voie de conséquence, il n'y a pas une solution unique mais des solutions multi-dimensions. Pour remédier aux problèmes d'embouteillages, ce fléau des temps modernes, l'on peut avancer certaines idées :

- ✓ Développer la culture du bus serait très favorable. En effet, un seul bus peut remplacer jusqu'à 30 véhicules légers ;
- ✓ Inculquer l'esprit de covoiturage ;
- ✓ Créer à l'intérieur des agglomérations, lorsque c'est possible, des voies spécialement aménagées pour le transport en commun et les ambulances ;
- ✓ Réadapter les ralentisseurs aux normes standards ;
- ✓ Délocaliser les stations de service et les administrations ;
- ✓ Poster des agents de police au niveau de tous les carrefours importants ;
- ✓ Instaurer un centre de régulation du trafic pour chaque ville. Celui-ci permettrait de fournir des informations adéquates, en temps réel, du trafic afin que l'utilisateur puisse choisir son itinéraire via internet ;
- ✓ Créer des lignes de trains reliant les villes métropolitaines ;
- ✓ Créer et/ou étendre les lignes de tramway jusqu'aux quartiers périphériques de la ville ;
- ✓ ...

Cette liste est loin d'être exhaustive !

Comme l'on peut le remarquer, le chantier est énorme et fait appel à des budgets très colossaux et fait intervenir les services de plusieurs ministères.

Si l'on veut une solution moins coûteuse et parer toutefois aux difficultés de la circulation, l'implantation de feux de carrefours pourrait constituer une solution immédiate et idoine. Selon le Directeur du Transport routier de la ville d'Alger, l'installation de 500 feux permettrait d'améliorer nettement les problèmes de circulation dans la capitale.

C'est dans cet esprit que nous nous sommes fixés pour objectif d'apporter une contribution aux problèmes d'embouteillage constatés au niveau de la ville de Guelma. Notre étude porte sur un carrefour, situé au centre de la ville, qui est constitué d'une avenue principale (la rue Zouaoui Mohamed Salah, en l'occurrence) sur laquelle débouchent plusieurs voies. La présence de nombreuses administrations et institutions aux alentours immédiats de cette avenue sont source d'une congestion pénible de la circulation dans cette partie de la ville. Pour compliquer encore plus cette situation, qui est déjà déplorable, la présence de trois établissements scolaires. En effet, le va et vient important, dans cette zone, des élèves pendant les horaires d'ouverture et fermeture des classes peut être éventuellement dramatique pour les usagers de la route. Ajouter à cela, la vulnérabilité des adolescents présents en grand nombre, et circulant à bord de vélomoteurs, face aux véhicules de tout type.

Afin de réduire les risques d'accidents et améliorer en même temps la fluidité de la circulation, nous envisageons l'implantation de feux de carrefour au niveau de plusieurs intersections. La gestion de ces feux serait complètement automatique et serait dévolue à un système programmable commandé par un microprocesseur.

Ce rapport est organisé en cinq chapitres. Après une introduction générale, le deuxième chapitre aborde des aspects théoriques relatifs au réseau routier et au trafic routier. Il est suivi d'un chapitre qui traite succinctement les systèmes à microprocesseur. Le quatrième chapitre s'attèle, à proprement parler, au cœur de ce projet. Nous expliquerons avec le plus de détails

possibles l'analyse de la problématique et le développement d'une solution la plus adéquate à notre sens. Nous paracheverons ce rapport avec une conclusion et perspectives à envisager.

# **CHAPITRE 1 :**

# **LE RESEAU ROUTIER ET**

# **LE TRAFIC ROUTIER**

## Chapitre 1 : **Le réseau routier et le trafic routier**

### **1 Le réseau routier**

#### **1.1 Introduction**

De manière simple, une route est une voie terrestre aménagée pour permettre la circulation des véhicules à roue.

Du point de vue étymologique, le mot "route" vient du latin '*rupta*' qui signifie rompre. C'est donc une "voie rompue" ou encore une "voie ouverte" par l'homme.

Depuis la nuit des temps, l'homme a emprunté, à pied ou sur le dos des animaux, des chemins naturels ou tracés par lui-même à force de bras pour voyager ou partir à la chasse, il y a de cela 10 000 ans, à l'époque de la sédentarisation de l'homme, figures 1.1 (a et b)

Les premières routes dataient de la création de la roue, figure 1.1 (c et d). En Chine, on comptait de nombreuses routes qui s'étendaient d'Est en Ouest et qui servaient principalement au commerce de la soie. Les Celtes et les Gaulois, eux, possédaient des routes faites en pierres. Les romains, de leur côté, recouvraient leurs chaussées de dalles qui étaient posées sur des fondations très rigides. Ces routes sont toujours présentes aujourd'hui, figure 1.1 (e et f). Elles servent de modèle aux routes contemporaines.

Beaucoup plus tard, en Grande Bretagne cette fois-ci, on notait des avancées notables en matière de routes. Ainsi, un ouvrage destiné à la construction des routes a été édité où il y été expliqué comment traiter plus de 300 km de routes. A cet égard, les techniques romaines de fondation ont été changées et remplacées par une nouvelle technique : des cailloux, mélangés avec du sable et de l'eau, sont déposés sur un sol rendu sec et lisse. Le poids des véhicules s'occuperait ensuite de les tasser et de les agglomérer, figure 1.1 (g). Ainsi naquit la toute première route au sens contemporain du terme. Les techniques anglaises ont été alors adoptées partout dans le monde.

Avec l'essor du trafic automobile et le développement de la bicyclette, les routes sont recouvertes de pavés bitumeux et d'asphalte. Les premières routes en goudron voient le jour entre les deux guerres, figure 1.1 (h) [1].

#### **1.2 Le trafic routier : Définition**

Le réseau routier a été développé pour répondre aux demandes de déplacements des personnes d'une part et pour le transport des marchandises d'autre part. Il fait intervenir un ensemble très hétéroclite d'utilisateurs de la route, à savoir les automobilistes, les piétons, les cyclistes, l'agent de circulation, le conducteur de l'ambulance, ... Tous ces acteurs interagissent ensemble, avec une obligation de respecter une réglementation routière, dans le but de rendre fluide la circulation et réduire au maximum les risques d'accidents.

**Figure 1.1 : Les routes à travers l'histoire (source Wikipédia).**

(a)



(b)



(c)



(d)

(a) L'ancienne piste Natchez, aux Etats-Unis. (b) Exemple de sentier, à Whitewater State Park, au Minnesota (Etats-Unis). (c) Roue primitive, fabriquée à partir d'un tronc d'arbre. (d) Représentation sumérienne d'un char, tiré par quatre chevaux, Ur, IIIe millénaire av. J.-C.



(e)



(f)

(e) Une ancienne voie romaine, en Gaule, près de Roan-lès-Leau. (f) La voie Appienne, ou *Via Appia*, première des voies romaines, elle fut construite en 312 av. J.-C.



**Figure 1.1 (suite) : Les routes à travers l'histoire. (Source Wikipédia).**

(g)



(h)

(g) Construction de la première route macadamisée aux Etats-Unis (1823). Au premier plan, les travailleurs cassent les pierres "afin qu'elles ne dépassent pas 6 onces de poids ou passent un anneau de deux pouces" (h) Effet de la lumière sur une route australienne.

### 1.3 Le trafic routier : Contraintes et Normes de circulation

En ville, les réseaux routiers sont établis en respectant un certain nombre de normes pour le bon fonctionnement en milieu urbain. Pour ce faire, il est important de veiller à respecter :

- Les caractéristiques géométriques des routes. En effet, celles-ci doivent être adaptées à la vitesse des voitures et à la densité éventuelle des véhicules en ces endroits.
- Les panneaux de signalisation destinés aux automobilistes portent un message. Toute information ambiguë ou une mauvaise interprétation de la part de l'utilisateur (tel qu'une vitesse inadaptée ou une mauvaise interaction avec les piétons) sont susceptibles de générer un comportement dangereux et en conséquence un drame de la route.

A partir de ces constats, il est évident que cela fait apparaître deux types de voies pour la circulation des véhicules :

- i) Les autoroutes et
- ii) Les intersections ou les carrefours.

La distinction entre ces deux voies de circulation se fait essentiellement à partir de leur longueur et de la capacité maximale que peut absorber ces voies. En outre, le trafic routier est également caractérisé par son aspect très dynamique, c'est à dire que le nombre d'utilisateurs varie très fortement dans le temps. [2]

## 2 Les différents types de voies terrestres

### 2.1 Les autoroutes

Du fait de leurs aspects multivoies et de leurs grandes longueurs, les autoroutes sont toujours fluides, hormis les périodes de vacances. Elles sont traversées par un très grand nombre de

véhicules à très grandes vitesses. La densité n'influe pas sur cette dernière contrairement aux routes urbaines où le trafic dépend fortement de la densité.

**Figure 1.2 : Les autoroutes et les intersections : (a) et (b) Exemples d'autoroutes. (c) et (d) Exemples d'intersections.**



(a)



(b)



(c)



(d)

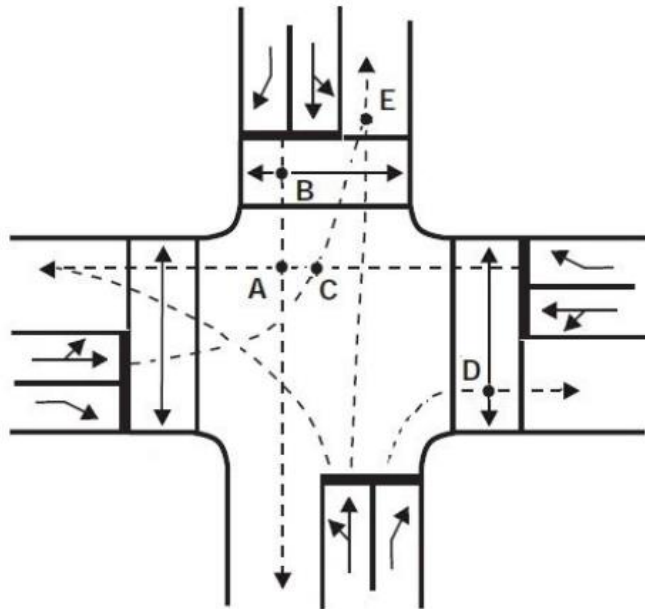


## 2.2 Les intersections

Une intersection est le point de rencontre de plusieurs rues. Chaque rue contient deux couloirs (deux sens) : un couloir réservé pour le passage des véhicules dans un sens : couloir d'entrée et l'autre couloir étant réservé pour le sens inverse : couloir de sortie. Les couloirs se distinguent par leur largeur et leur nombre de voies, figure 1.3.

Dans le même registre, ces couloirs sont eux-mêmes constitués de deux ou trois allées : une allée menant à des flux de mouvement tout droit, ou bien à gauche, ou bien à droite.

**Figure 1.3 : Les couloirs et Les allées**

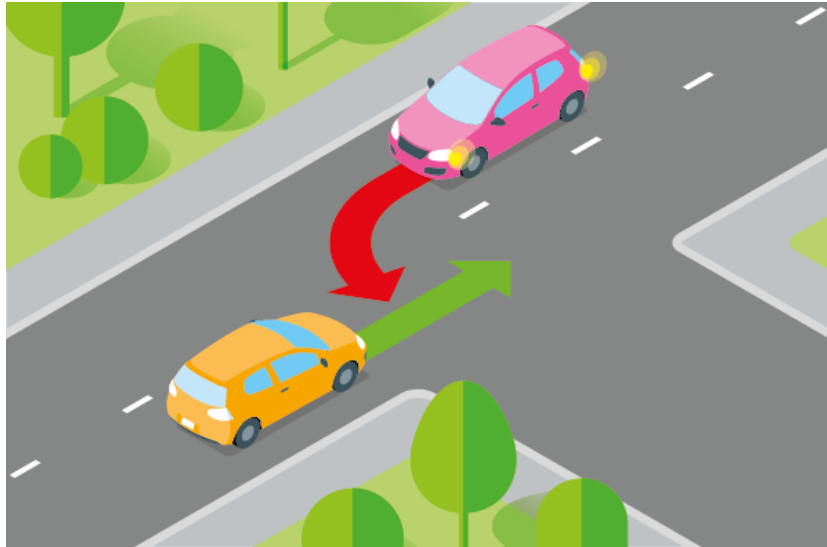


L'implantation d'un feu de carrefour dans ces voies permet une séparation des courants de véhicules. Pour simplifier le problème de l'implantation dans des carrefours complexes, un carrefour peut être décomposé en plusieurs carrefours simples. Ainsi, on peut distinguer deux types de carrefours les carrefours isolés (carrefour simple) et les carrefours connectés entre eux (carrefour complexe). En considérant un carrefour simple, on distingue également deux types d'intersection : les carrefours en T et les carrefours en croix.

## 2.3 Différents types de carrefours

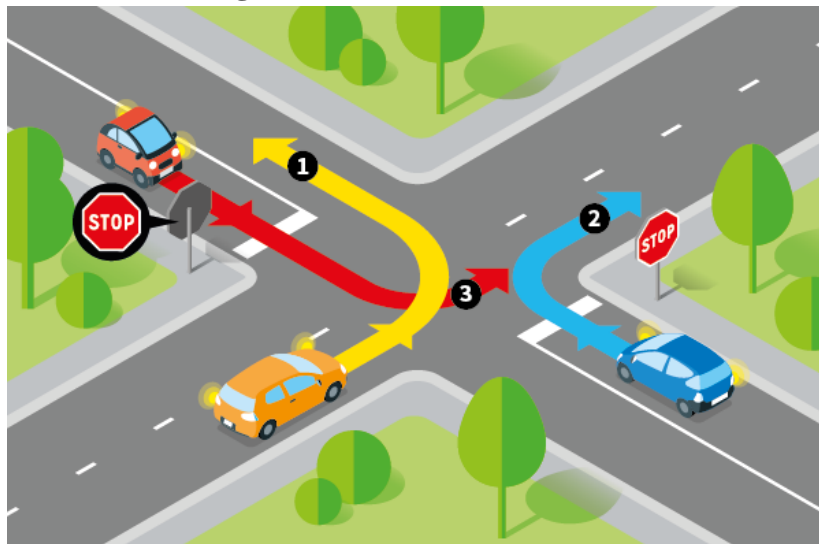
### 2.3.1 Carrefour en T

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une est située dans le prolongement d'une autre. La troisième coupe ce prolongement sous un angle compris entre 90 et 105 degrés, figure 1.4.[3]

**Figure 1.4 : Carrefour en T [4]**

### 2.3.2 Carrefour en X

Il s'agit d'un carrefour à quatre branches. Deux de ces branches sont, à peu près, dans le prolongement des deux autres branches. Les angles formés par ces branches varient dans un intervalle de 75 à 105 degrés, figure 1.5. [3].

**Figure 2.5 : Carrefour en X [5]**

## 2.4 Configuration du carrefour étudié

Le réseau routier, objet de notre étude, est situé au centre-ville de Guelma. Il est composé d'une route principale (la rue Zouaoui Mohamed Salah) qui forme 4 carrefours de type T avec quatre rues presque parallèles entre elles. La rue Zouaoui Mohamed Salah relie, du côté de l'Est, les quartiers du 19 juin 1965 d'un côté et de l'autre côté, le rond-point où y est érigée la statue de

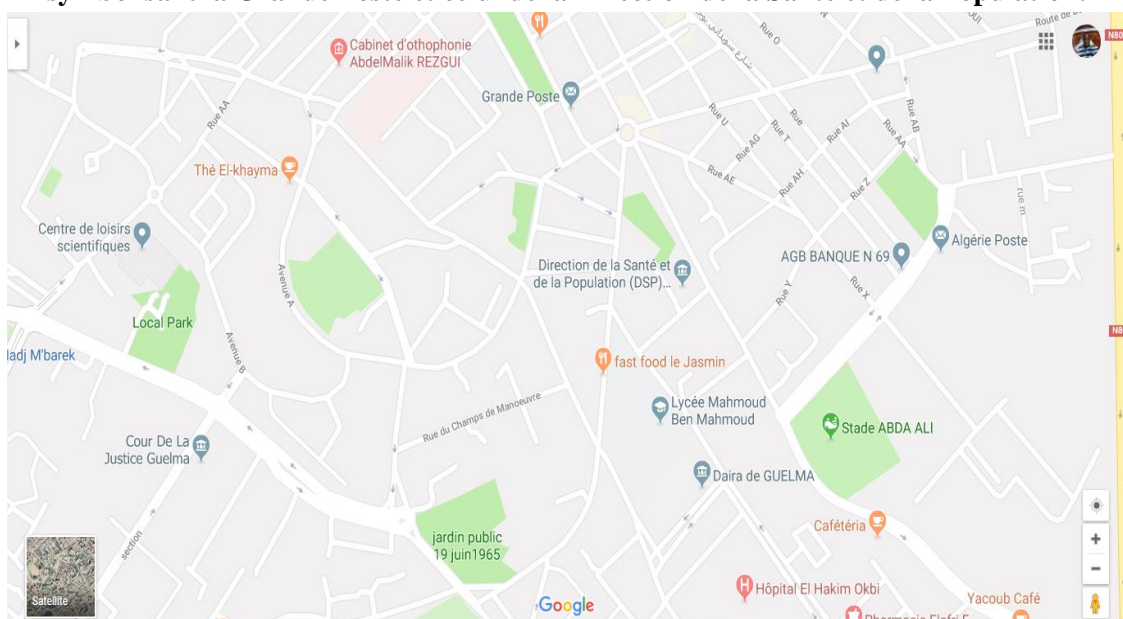
feu Houari Boumediene du côté Nord. Ainsi, sur la route Zouaoui Mohamed Salah viennent déboucher quatre rues, en l'occurrence la rue Amiar Salah (route A), la rue Abdaoui (route B), la rue Zighout Youssef (route C) et la rue Colonel Amirouche (route D), figure 1.6 et 1.7.

**Figure 1.6 : Vue aérienne de la zone d'étude : elle est située au centre de la photographie en bas de l'emplacement indiqué par l'icône de la Grande Poste [6].**



En conséquence, le carrefour étudié peut être assimilé à un ensemble d'intersections de voies entrantes et sortantes à sens uniques (les routes A, B, C et D) raccordées à une route principale à deux voies. D'un autre côté, les trois branches A, B et D, qui sont des voies entrantes, admettent deux choix possibles de direction : tourner à gauche ou tourner à droite. Au même moment, la branche C, qui est une voie sortante, admet les voitures circulant sur la route principale ... venant soit de droite soit de gauche.

**Figure 1.7 : Une carte plus synthétique de la zone d'étude. Elle est située entre les deux icônes symbolisant la Grande Poste et celui de la Direction de la Santé et de la Population.**



Le carrefour routier étudié est le théâtre à de nombreux problèmes liés au trafic très dense qui y règne quotidiennement en raison d'une multitude d'établissements entre administrations et institutions. En conséquence et afin de sécuriser les usagers et les riverains, l'intégration de feux de carrefour dans cette zone s'impose. Elle permettra une sécurité accrue des piétons et des véhicules d'une part et de fluidifier la circulation d'autre part.

### 3 Généralités sur les feux de circulation [7]

#### 3.1 Définition

Un feu de circulation est un dispositif qui permet de réguler le trafic routier occasionné par les différents usagers de la route : les véhicules et les piétons ; tout en assurant leur sécurité.

On distingue les feux tricolores destinés aux conducteurs des véhicules, les feux bicolores pour les piétons symbolisés par une silhouette humaine ou encore les feux bicolores pour les cyclistes symbolisés par un vélo. La gestion de l'allumage et de l'extinction de ces feux est automatiquement assurée par un système programmable. Les couleurs habituellement utilisées dans les feux de carrefour sont le jaune, le vert et le rouge.

#### 3.2 Objectifs et domaines d'utilisation

Les feux de circulation permettent de faciliter la circulation des véhicules et de sécuriser les piétons, les automobilistes et les usagers de la circulation. A titre d'illustration, ci-dessous une liste non exhaustive qui fait apparaître l'importance de ces feux pour la fluidité de la circulation et la sécurité des utilisateurs de la route.

- Permettre aux piétons de traverser tout en leur garantissant la sécurité nécessaire, figure 1.8;

**Figure 1.8 : Traverser la route en toute sécurité [8]**





- Exploiter une direction d'une voie d'une route à double sens de façon alternée de manière à éviter des dangers notamment lors des travaux, figure 1.9.

**Figure 1.9 : Feu de carrefour temporaire en raison de travaux [9].**



- Diriger certaines voies vers un sens de circulation ou de bloquer leurs accès, figure 1.10 ;

**Figure 1.10 : Feu de carrefour pour diriger les véhicules selon un sens bien défini [10].**



- Se protéger de certains obstacles dangereux (passages à niveau, traversées de voies de tramways, ponts mobiles, passages d'avions, etc.), figure 1.11 ;

**Figure 1.11 : Passage à niveau : Franchissement d'une voie ferrée [11].**

### 3. 3 Principe de fonctionnement des feux de carrefour

Lorsque le feu est au rouge, les usagers de la route doivent obligatoirement s'arrêter. Ceci permet alors aux autres usagers (véhicules ou piétons) de circuler librement avant de céder, à leur tour, cette même voie aux autres usagers qui se sont arrêtés auparavant.

#### 3.3.1 Différents types feux

Les feux de circulation sont divers et se distinguent les uns des autres par leur forme, couleurs et utilisations. Ils ont une multitude de tâches. On y distingue trois types principaux : Les feux tricolores, les feux spécialisés et les feux de direction.

##### 3.3.1.1 Feux tricolores

Sont utilisés presque partout de par le monde y compris en Algérie. Ils se présentent sous la forme de trois couleurs : le rouge, le vert et le jaune (ou l'orange). Chaque couleur transmet un message spécifique aux usagers de la route, figure 1.12.

- ✓ **Rouge** : Tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant.
- ✓ **Vert** : Le feu vert autorise le passage des véhicules. Toutefois, sous certaines conditions (priorité aux piétons, passage dégagé, autres véhicule).
- ✓ **Jaune** : Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe, sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes. Il est recommandé que le feu jaune dure entre trois et cinq secondes.

**Figure 1.12 : Feux de signalisation à trois états [7]**

Pour des raisons de sécurité, les services de voirie imposent que les feux de signalisation doivent être placés assez haut de manière qu'elles permettent le passage d'un véhicule haut de 2 mètres 10.

### 3.3.1.2 Feux spécialisés

Il existe des feux dénommés feu spécialisés qui sont conçus pour une catégorie bien définis d'usagers. Parmi ces feux spécialisés, on peut citer :

#### ✓ Feux pour cyclistes

Comme pour les feux tricolores, ils permettent d'autoriser le passage ou l'arrêt de vélos, figure 1.13.

**Figure 1.13 : Feux pour cyclistes [12]****Figure 1.14 : Feux pour piétons [13]**

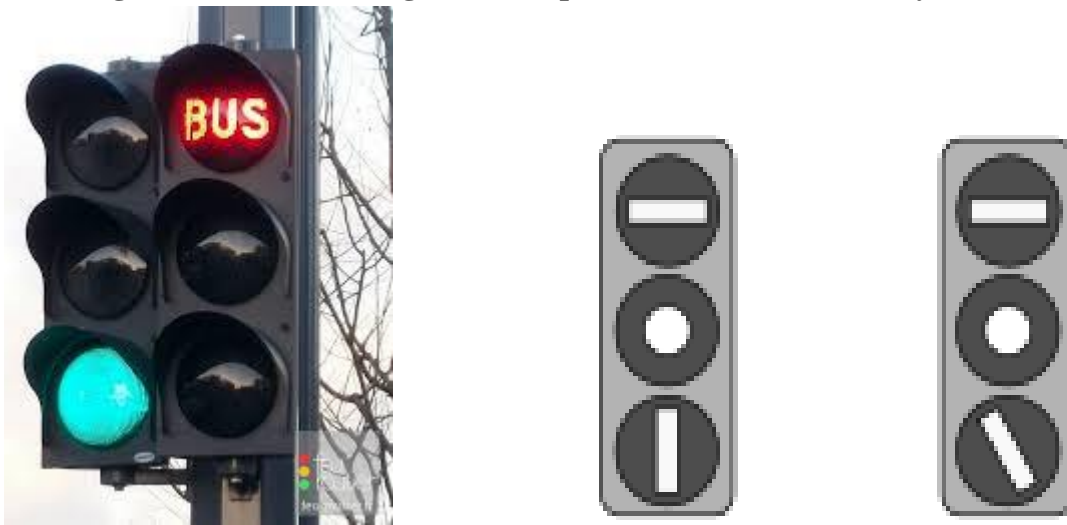
### ✓ Feux pour piétons

Les feux pour piétons s'occupent de la gestion de la traversée des piétons, figure 1.14. Le vert signale que les piétons peuvent traverser en toute sécurité, alors que le rouge exige d'eux une totale interdiction de traverser la route. Ils peuvent être munis d'un compteur, tout comme les autres, d'ailleurs.

### ✓ Feux pour transports en communs (tramway, bus...)

Sont destinés pour la gestion du trafic des véhicules de transports en commun tels que les tramways et les bus, figure 1.15.

**Figure 1.15 : Feux de signalisation pour les bus et les tramways [14].**

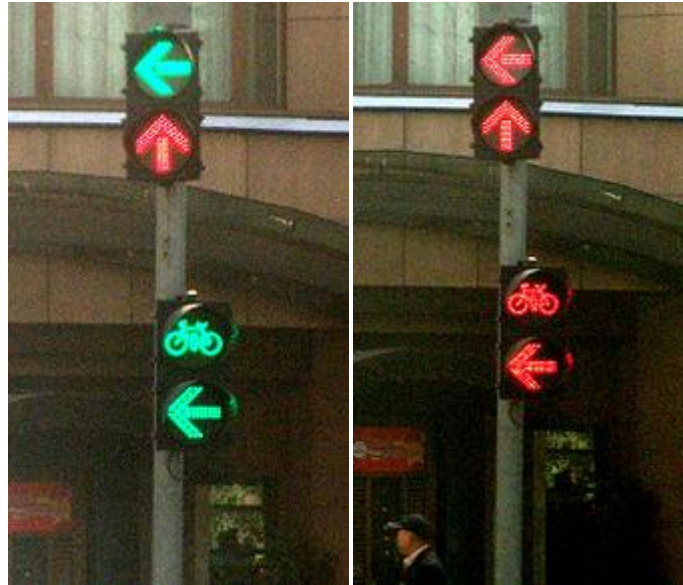


**Les feux pour tramways :** Pour les tramways une barre verticale autorise le passage, une barre oblique autorise le passage mais signale un changement de voie alors qu'un cercle plein signale un arrêt correspondant au rouge, (figure 1.15, les panneaux de signalisation : image de droite).

### 3.3.1.3 Feux directionnels

Ces feux sont destinés aux véhicules désirant emprunter une direction précise. Ils sont utilisés pour autoriser ou bloquer le passage des véhicules dans le sens de la flèche, figure 1.16. Les lampes de ces feux ont les mêmes fonctions que les feux tricolores ordinaires sauf qu'ici, il y a présence de flèches indiquant le sens de la circulation.



**Figure 1.16 : Feux de signalisation directionnels.****Remarque : Feux à décompte**

Un feu à décompte peut être associé à un feu tricolore ou à un feu pour piétons. Il indique à l'utilisateur le temps restant en secondes avant le changement d'état du feu, figure 1.17.

**Figure 1.17 : Feux de signalisation tricolores à décompte [15].****3.4 Conception des carrefours****3.4.1 Données à prendre en considération pour l'étude des carrefours**

La conception d'un carrefour fait l'objet de plusieurs études préalables basées sur un certain nombre de points. L'on doit connaître le comportement des usagers de la route, les différents types de véhicules, la nature de leurs mouvements ainsi que les vitesses de leurs approches. L'on doit également prendre en compte les activités des riverains sur le site et la nature de l'environnement urbain telle la présence d'écoles, d'hôpitaux etc. ainsi que la nature de l'environnement urbain.

Les études doivent également s'intéresser à l'impact du carrefour (à savoir son importance) vis-à-vis des routes qui lui sont afférentes et s'il y a possibilité de l'étendre. Finalement, la prise en charge de la sécurité est un des points les plus importants qui est pris en considération dans ces études [16].

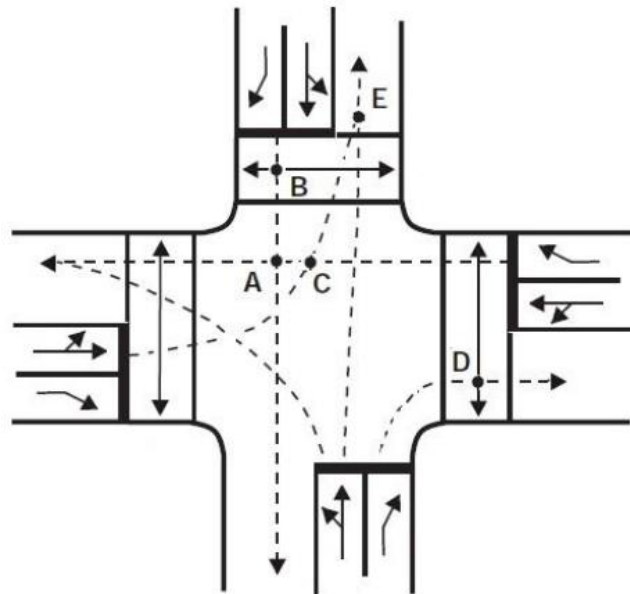
### 3.4.2 Notions de conflits

Lorsque deux mouvements opposés se croisent en un point on dit qu'il y a conflit, figure 1.18. Pour l'éliminer, on procède à une étude détaillée du trafic. Pour se faire, on sépare les flux de mouvements en groupes homogènes recevant en même temps les mêmes signaux.

Le regroupement de tous ces points représente une zone de conflits. On distingue trois types de conflits : les conflits primaires, les conflits secondaires et les conflits tertiaires.

On dit qu'il y a mouvement primaire lorsque deux flux de mouvement orthogonaux se rencontrent. Dans ce cas on autorise un seul mouvement à la fois. D'un autre côté, on dit qu'il y a un flux secondaire lorsque des flux de mouvement tournant à gauche ou bien tournant à droite rencontrent des piétons [2].

**Figure 1.18 : Notions de conflits.**



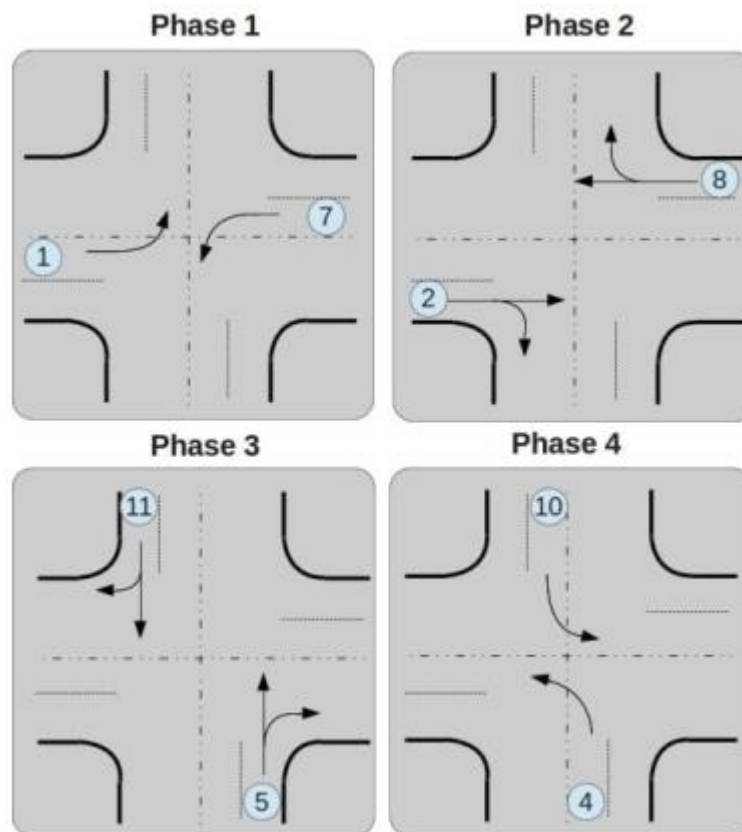
### 3.4.3 Découpage en phases

Pour qu'un carrefour fonctionne correctement, il faut qu'il soit découpé en plusieurs phases de mouvements. Après analyse des flux de mouvement, celle-ci doit être en adéquation avec la géométrie du carrefour. Par ailleurs, toutes les phases doivent être mises en évidence, figure 1.19.

Chaque phase est définie par sa propre capacité et par sa propre demande. La capacité est tributaire, d'une part, de l'espace ou du temps disponible pour l'écoulement du trafic et, d'autre part, du type de commande appliquée aux feux.

Quand les directions des flux ne se rencontrent pas, on dit qu'elles sont compatibles et qu'elles peuvent être autorisées en même temps : c'est le cas par exemple des mouvements Nord-Sud et Sud-Nord. De la même manière, lorsque des flux de circulation se croisent, on dit qu'elles sont incompatibles. Dans ces conditions, leurs mouvements ne peuvent être autorisés simultanément, c'est le cas des mouvements Nord-Sud et Est-Ouest [2].

**Figure 1.19 : Découpage des mouvements des véhicules en phases.**



### 3.4.4 Principales règles à respecter pour la conception d'un carrefour à feu

#### 3.4.4.1 Pour le fonctionnement à deux phases

Chaque phase doit être suivie d'un laps de temps pendant lequel aucun véhicule ne doit circuler. Ce temps peut être estimé à quelques secondes afin de permettre aux derniers véhicules, ayant passés au feu vert, de libérer la voie et dégager ainsi la zone de conflit.

En conséquence, du point de vue simplicité il est plus avantageux d'adopter le fonctionnement à deux phases. Cela permettrait d'éviter une accumulation des véhicules tournant à gauche au niveau de l'intersection [16].

Un cycle à trois phases ne devrait être envisagé que lorsque l'importance des mouvements en conflit et l'emprise disponible l'imposent.

### **3.4.4.2 Orthogonalité des voies en conflit**

Dans un carrefour, les véhicules doivent obligatoirement céder le passage aux piétons et aux cyclistes lorsqu'ils sont autorisés. Pour que cette règle soit correctement appliquée, il faut pouvoir identifier les différentes directions sans ambiguïté. Celles-ci sont clairement distinguables dans les carrefours en T ou lorsque les voies forment un angle droit. Par contre, lorsque les voies ne forment pas un angle droit, on redresse alors leurs arrivées.

Par ailleurs, en rendant les passages à piétons orthogonaux avec la voie, on réduit leur longueur et on permet ainsi aux personnes mal voyantes de traverser la route en toute sécurité.[5]

### **3.4.4.3 Réduction de la taille de la zone de conflit**

Pour des raisons de sécurité et de capacité, un carrefour doit être réduit au maximum possible tout en veillant à permettre aux véhicules qui sont longs et aux poids lourds d'effectuer aisément leurs manœuvres dans la zone de conflit. [16]

## **3.5 Les problèmes de la route**

La route a été créée avec l'invention de la roue. Elles permettaient de rallier deux endroits distants l'un de l'autre pour le transport des personnes et des marchandises. Les premières routes étaient faites de pierres puis, au fil du temps, elles ont évolué (dalles, pavés, asphalte, bitume) permettant le déplacement, de plus en plus vite, des véhicules de transport.

Actuellement, les routes sont désormais parcourues par des véhicules motorisés qui roulent à des vitesses très élevées : ces vitesses sont susceptibles de provoquer des accidents graves de la route.

### **3.5.1 Augmentation du parc automobile algérien**

Le parc automobile algérien est en constante évolution depuis près d'une vingtaine d'années. On assiste ainsi chaque année à une augmentation soutenue du nombre de véhicules dans les routes augmentant par conséquent la densité du trafic.

Selon les rapports de l'Office National des Statistique, l'ONS, le parc automobile algérien est passé de 5 123 705 en 2014 à 5 986 121 véhicules en 2016 soit une hausse de 862 476 en deux ans. En 2017, on dénombre encore 6 162 542 véhicules, soit une augmentation de 176 362 nouveaux. A ce rythme, d'ici quelques années, le nombre de véhicules aura doublé.

Le réseau routier n'ayant pas suivi selon le même rythme, les problèmes de circulation se trouvent ainsi accrus.

### 3.5.2 Congestion

La congestion survient lorsque le nombre d'usagers de la route dépasse les capacités de la route. Celle-ci peut être provoquée par un trop grand nombre de véhicules en circulation ou par une trop faible capacité d'absorption du réseau routier. Elle se manifeste par un ralentissement de la circulation.[17]

### 3.5.3 Bilan des accidents de l'année 2018

D'après un bilan de la Direction Générale de la Sûreté Nationale (DGSN), le nombre d'accidents dans les villes a atteint 15 211 durant l'année 2018, provoquant ainsi le décès de 693 personnes et 17 948 blessés.[18]

Parmi les causes de ces accidents, on peut citer :

- ✓ La vitesse.
- ✓ La fatigue au volant.
- ✓ Le non-respect des distances de sécurité
- ✓ La proximité des routes nationales avec des zones urbaines.

### 3.6 Conclusion

Face à l'augmentation constante du parc automobile et la négligence de certaines règles de priorité, les problèmes liés au trafic routier deviennent de plus en plus importants. Il est donc nécessaire d'implanter des feux de carrefours à base de microprocesseur afin de gérer les conflits et fluidifier la circulation.

# CHAPITRE 2 : LES SYSTEMES A MICROPROCESSEURS

## CHAPITRE 2 : LES SYSTEMES A MICROPROCESSEURS

### 1 Le système à microprocesseur

#### 1.1 Définition

Un système à microprocesseur est l'équivalent d'un ordinateur simplifié réduit à la taille d'un circuit intégré. Il est constitué de trois parties principales :

- (i) L'unité de contrôle et de traitement (CPU) matérialisée par le microprocesseur.
- (ii) Les circuits mémoires et
- (iii) Les circuits d'interface responsables de la liaison du microprocesseur avec son environnement externe et qu'on appelle circuits d'entrées-sorties.

Ces trois organes communiquent entre elles et avec les périphériques externes à travers des lignes de communications appelées bus.[19]

#### 1.2 Les différents éléments d'un système à microprocesseur

##### 1.2.1 Le microprocesseur

Le microprocesseur est l'unité de traitement et d'exécution des instructions d'un ordinateur. C'est un circuit intégré qui a été miniaturisé afin de rassembler, sur une même puce de silicium, les différents éléments. Le microprocesseur a été créé en 1971 par deux ingénieurs de la société Intel. Le premier microprocesseur d'une série très longue est l'Intel 4004 qui comptait 2 300 transistors. [20]

Le microprocesseur s'occupe du traitement des données et de leur stockage en mémoire. Il est formé par les trois éléments fonctionnels interconnectés suivants :

- ✓ UAL : Unité Arithmétique et Logique. C'est l'organe responsable du calcul arithmétique et logique effectués sur les données qui sont présentées au microprocesseur.
- ✓ Circuit de contrôle : C'est l'organe responsable de la gestion de tous les signaux entrants et sortants du microprocesseur. C'est en quelque sorte l'organe "cerveau".
- ✓ Les registres internes : Ce sont des blocs mémoires de 1 ou 2 octets. Ils servent entre autres pour des sauvegardes temporaires, des opérations de comptage ou d'adressage de la mémoire.[21]

##### 1.2.2 Les circuits mémoires

La mémoire est un ensemble de N registres à 1 octet chacun. Chaque registre est repéré (numéroté) au moyen d'une adresse unique. L'ensemble des registres (ou cases mémoires) correspond à l'espace mémoire adressable par le microprocesseur. On y trouve :

- ✓ des données qui sont managées par le microprocesseur et

- ✓ des instructions qui sont des informations binaires qui dictent l'opération que le processeur doit effectuer (c'est le code opération ou *op. code* en anglais).

Il existe plusieurs types de mémoires : la mémoire ROM et la mémoire RAM en sont des exemples.

La mémoire ROM (*Read Only Memory*) est une mémoire non volatile, c'est à dire qu'elle ne s'efface pas lorsque l'ordinateur est mis hors tension. Elle ne peut être seulement que lue. On y stocke en général des programmes et des informations nécessaires à l'ordinateur et qui ne doivent jamais être effacées.

La mémoire RAM (*Random Access Memory*) est, par contre, une mémoire volatile. Elle contient des informations telles que les programmes ou les données qui doivent être traitées par le système et qui peuvent être supprimées une fois le traitement effectué ou que l'ordinateur est mis hors circuit.[19]

### 1.2.3 Unités d'entrées-sorties

Le microprocesseur communique avec le monde extérieur à travers les interfaces d'entrées et de sorties. Les données sont directement lues (ou restituées) à partir des périphériques tels que le clavier, la souris, l'écran, les imprimantes, etc.

A ce titre, le circuit d'interface permet, par exemple, l'acquisition de données envoyées par les périphériques externes (tels que le clavier, la souris, l'interrupteur, ...) pour les réémettre vers le microprocesseur pour traitement. Ou bien encore, il permet de récupérer un résultat traité par le microprocesseur pour le renvoyer vers les périphériques externes (tels que l'écran, l'imprimante, un moteur ou tout simplement une diode LED). En effet, l'interface est le lieu de passage obligatoire des informations échangées entre le microprocesseur et les périphériques.[19]

Pour se faire, le circuit d'interface dispose :

- d'un registre-mémoire (une mémoire tampon) prévu pour stocker les données échangées entre le microprocesseur et les périphériques, et
- d'un registre d'état qui contient les signaux de commande (bits d'état) nécessaires à la gestion de tous les transferts de données qu'ils soient entrants ou sortants du microprocesseur.

Les signaux de commande permettent, par exemple, de sélectionner le sens du transfert des données (entrée ou sortie du microprocesseur), de véhiculer les signaux d'erreur, etc. Les données peuvent être transférées successivement sur un seul fil (mode série) ou sur plusieurs fils (mode parallèle).



### 1.2.4 Bus du système [22]

Les bus assurent la communication entre les différents modules du système. Ce sont des lignes qui relient entre eux le microprocesseur, les circuits mémoires et les interfaces d'entrées/sorties d'une part, ce sont les bus internes. D'autre part, elles relient le microprocesseur avec les périphériques externes, ce sont les bus externes. On distingue trois types de bus :

#### **Le bus de données :**

Permet de véhiculer les données entre les différents composants du système à microprocesseur. Ce sont des lignes bidirectionnelles c'est à dire que l'information parcourt ces lignes dans les deux sens. En clair, le bus des données permet l'acheminement d'une part des données vers le microprocesseur que ce dernier va traiter et d'autre part l'acheminement des résultats délivrés par le microprocesseur vers la sortie : les mémoires ou les interfaces.

#### **Les bus d'adresses :**

Chaque élément du système (mémoire ou circuit d'entrées-sorties) est reconnu par le microprocesseur au moyen d'une adresse ou d'un ensemble d'adresses. En conséquence, le bus d'adresses est un groupe de lignes utilisées par le microprocesseur pour l'adressage de ces différents éléments. Le nombre maximal d'adresses est limité par le nombre de bits (ou de lignes) d'adresses affectées au microprocesseur. A titre d'exemple, le 8086 dispose de 20 broches destinées à l'adressage, soit  $2^{20}$  emplacements mémoires distincts ou encore 1024 ko (1 mégaoctet) de cases mémoires de 8 bits chacune.

#### **Le bus de commande et de contrôle :**

Permet le transport des signaux de contrôle et de commande générés par le microprocesseur pour faire fonctionner en harmonie tous les éléments du système à microprocesseur. A titre d'exemple, les signaux d'activation (*Enable*), d'écriture (*Write*), de lecture (*Read*), d'interruption (*Interrupt*) sont autant d'exemples de lignes de commande et de contrôle du microprocesseur.

Par ailleurs, il existe d'autres lignes gérées par le microprocesseur et qui permettent de véhiculer des signaux qui introduisent des délais d'attente en direction des périphériques les moins rapides. Ce faisant, le microprocesseur envoie des signaux d'attente à ces circuits lents. Lorsque ceux-ci sont prêts, ils sont à nouveau réactivés et le microprocesseur prend à ce moment en considération, par exemple, l'information qui lui est destinée. Cette procédure évite ainsi des conflits entre les différents périphériques.

## 2 Interruptions

Les périphériques communiquent avec le microprocesseur via des signaux d'interruption. Cette technique est utilisée lorsqu'on souhaite une réponse rapide du microprocesseur pour les périphériques externes. De ce fait, si un périphérique a besoin de communiquer avec le processeur, il génère une interruption à l'intention du microprocesseur. Pour ce faire, il possède une broche spéciale pour l'interruption.

Lorsque qu'un signal d'interruption est déclenché par un circuit périphérique quelconque, le microprocesseur termine l'exécution de l'instruction en cours puis analyse cette demande d'interruption. Deux cas de figures peuvent se présenter :

- Soit le microprocesseur ignore cette demande d'interruption, si le programmeur lui a auparavant signifié, via une instruction spéciale (Masquage de toute demande d'interruption), de le faire. Le système continue l'exécution du programme.
- Soit il prend en charge cette demande d'interruption, si le programmeur lui a auparavant signifié via une instruction spéciale (Autorisation de traitement de toute demande d'interruption) de le faire. A ce moment, le système sauvegarde automatiquement l'adresse de retour au programme en cours puis se branche ensuite vers le sous-programme d'interruption relatif au circuit qui a déclenché cette demande d'interruption.[23]

A noter que le microprocesseur dispose, en outre, d'une autre broche de demande d'interruption non masquable. Autrement dit, tout circuit relié à cette broche verra son programme d'interruption exécuté quelle que soit la valeur du bit d'état de masquage de l'interruption.

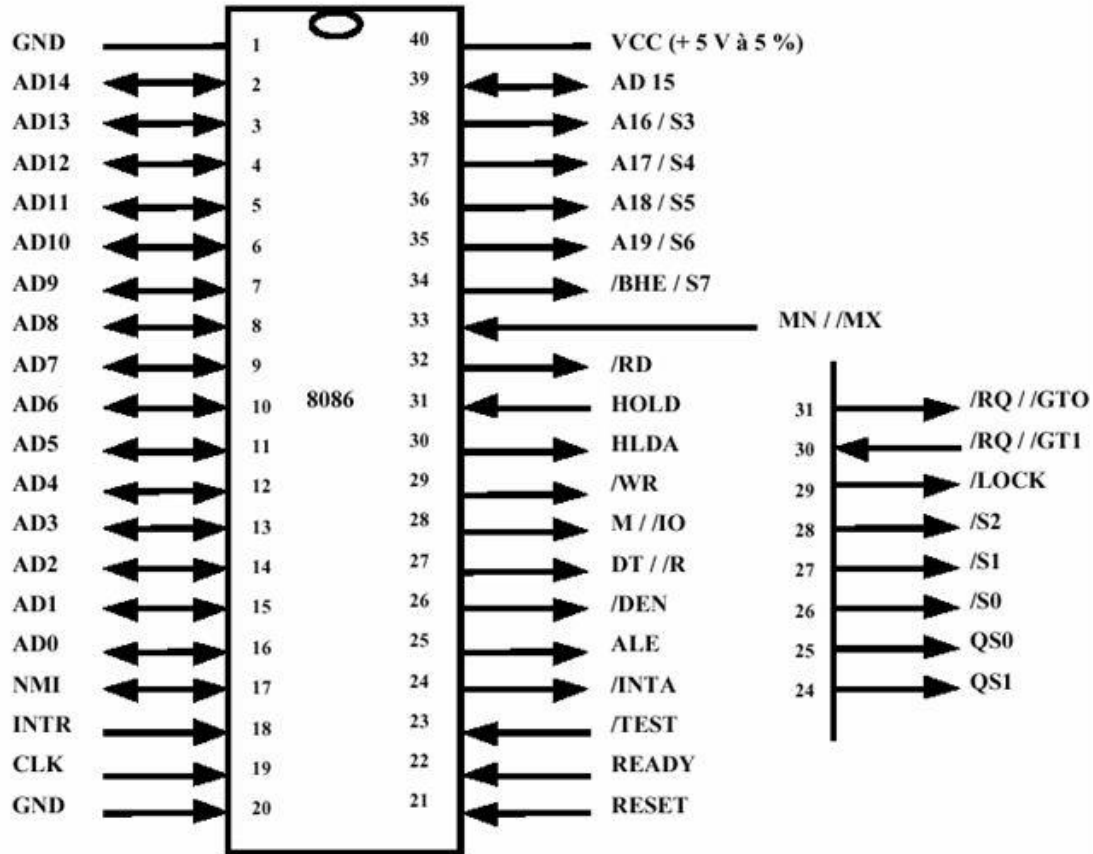
## 3 Description du microprocesseur 8086 [21]

Le 8086 (développé en 1978) est le premier microprocesseur de type x86. Il est équipé d'un bus de données de 16 bits et un bus d'adresses de 20 bits et fonctionne à des fréquences diverses selon plusieurs variantes : 5, 8 ou 10 MHz.

### 3.1 Architecture externe

Le microprocesseur 8086 est un circuit intégré DIL (*Dual In Line*) à 40 broches. La figure 2.1 présente son aspect externe.

Figure 2.1 Brochage et signaux externes du 8086 [21]



Ci-dessous la définition de quelques broches :

**Vcc et GND :** Broches d'alimentation.

**CLK :** signal d'horloge.

**READY :** Permet aux mémoires et périphériques lents de travailler avec le microprocesseur

**RESET :** Initialisation du microprocesseur.

**NMI, INTR :** Broches de demande d'interruption. Le signal INT est masquable tandis que le signal NMI est non masquable.

**A16/S3 à A19/S6 :** les 4 bits de poids fort du bus d'adresses, multiplexés avec 4 bits d'état.

**AD0 à AD15 :** Bus de données et d'adresses de 16 bits multiplexé.

**RD (Read) :** Signal généré par le microprocesseur pour lire une information dans un circuit mémoire ou un circuit d'entrée-sortie.

**WR (Write) :** Signal généré par le microprocesseur pour écrire une donnée dans un circuit mémoire ou un circuit d'entrée-sortie.

### 3.2 Architecture interne

Deux unités composent le microprocesseur : l'unité d'exécution (UE) et l'unité d'interfaçage du bus (UIB). La UIB s'occupe de la communication avec les bus externes du système. Elle

transmet les données à l'UE qui se charge de les exécuter. Le microprocesseur fonctionne en mode pipeline, c'est à dire que pendant qu'une instruction est exécutée par l'UE, l'instruction suivante est introduite dans la UIB pour être placée dans une file d'attente, dans l'attente d'être prise en main par la UE.

### 3.3 Les registres du 8086 [21]

Au nombre de 14, tous les registres internes du 8086 sont des registres à 16 bits. Il existe 4 types de registres qui sont conçus pour des tâches bien définies :

#### 3.3.1 Les registres généraux

Au nombre de quatre, les registres généraux sont utilisés pour des usages généraux : sauvegarde temporaire des résultats partiels, comptage, pointeur d'adresses. Chacun de ces registres peuvent être scindés en 2 registres de 8 bits chacun.

AX (AH-AL) ; BX (BH-BL) ; CX (CH-CL) et DX (DH-DL).

Registre AX : (accumulateur)

Toutes les opérations de transfert vers la sortie sont effectuées dans ce registre. Le registre accumulateur est également utilisé pour les opérations logiques et les opérations arithmétiques.

Registre BX : (registre de base)

On l'utilise lorsqu'on souhaite adresser une donnée située dans le segment de données. Il contient l'adresse de décalage par rapport à une adresse de référence qui pointe le début du segment de données.

Registre CX : (registre compteur)

CX est généralement utilisé comme un compteur. Obligatoirement utilisé avec les instructions de boucle (itérations) et de décalage (registre CL).

Registre DX : (registre d'extension à 32 bits)

Est utilisé pour les opérations de multiplication, de division et pour contenir le numéro d'un port pour l'adressage d'un port d'entrée ou de sortie.

#### 3.3.2 Les registres d'index et de base

Ces registres sont spécialement adaptés pour le traitement d'une suite d'éléments dans la mémoire. Ils sont combinés avec des instructions d'incrémenter et de décrémenter.

Le registre index SI (source index) :

Utilisé pour pointer des données successives dans la mémoire de données. Combiné avec le registre DS, il sert aussi pour pointer les caractères d'une chaîne de caractères située dans le segment de données.

Le registre index DI : (Destination index) :

Utilisé pour pointer des données successives dans la mémoire de données. Combiné avec le registre ES, il sert aussi pour pointer les caractères d'une chaîne de caractères située dans le segment extra de données.

Les pointeurs SP et BP : (Stack Pointer et Base Pointer)

Utilisés pour pointer des données dans le segment de la pile. Ils contiennent les adresses de décalage par rapport à une adresse de référence qui pointe le début du segment pile.

### 3.3.3 Les registres segments

Le 8086 dispose de quatre registres segment CS, DS, ES et SS destinés à contenir respectivement les adresses de début des segments de programme, de données, de la pile et données extra.

### 3.3.4 Les registres spéciaux

Le registre IP : est un registre pointeur d'instructions. Ne peut fonctionner qu'avec le registre CS pointeur du segment de programme. Il indique au microprocesseur la prochaine instruction à exécuter.

Le registre d'état (Flag) : contient les bits d'état. Les bits d'état FLAG indiquent l'état du microprocesseur après l'exécution d'une instruction.

Le registre d'état du 8086 contient les bits d'état suivants :

CF (*Carry Flag*), PF (*Parity Flag*), AF (*Auxiliary Carry*), ZF (*Zero Flag*), SF (*Sign Flag*), OF (*Overflow Flag*), DF (*Direction Flag*), IF (*Interrupt Flag*), TF (*Trap Flag*).

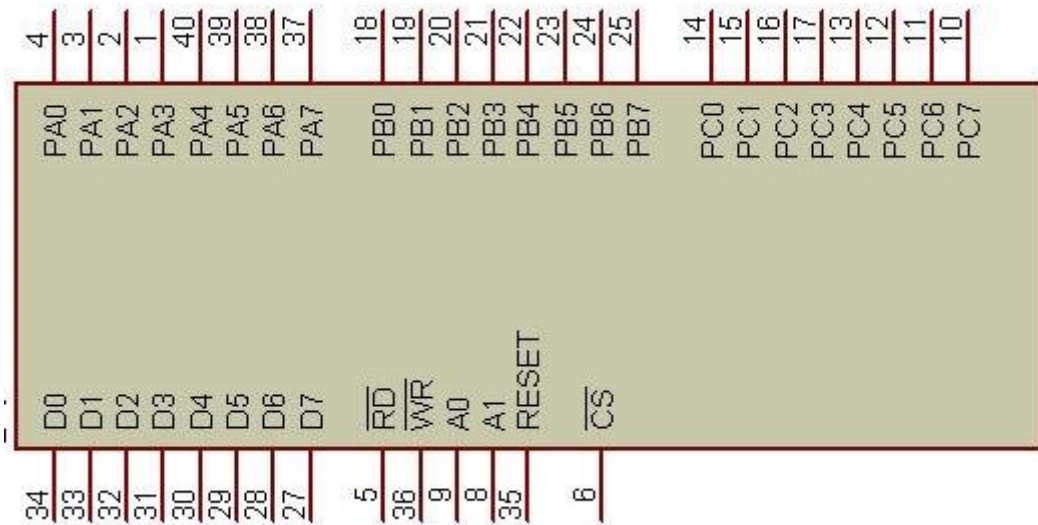
Remarque :

Les instructions de branchements conditionnels utilisent les bits d'état (drapeaux), qui sont positionnés par l'UAL après certaines opérations. Chaque indicateur est manipulé individuellement par des instructions spécifiques.

## 4 Interface parallèle 8255 [6]

Le 8255 est une interface d'entrée-sortie de la famille Intel. Ce circuit comporte 40 broches. Il possède trois ports d'entrées-sorties bidirectionnelles de 8 bits chacun pouvant être programmées en entrée ou en sortie. Il peut être programmé selon trois modes distincts (le mode 0, le mode 1 et le mode 2).

**Figure 2.2 : Brochage et signaux externes du 8255 [24]**



Le port A contient 8 bits d’entrées et 8 bits de sorties

Le port B pareil contient un verrou tampon de sortie 8 bits et un tampon d’entrées 8 bits

Le port C peut être divisé en deux parties : le port C bas (PC0-PC3) et le port C haut (PC4-PC7)

Le registre de commande contient le mot de contrôle qui permet de configurer les différents ports du 8255 ainsi que les différents modes de programmation.

Le registre de données permet la communication entre le bus de données extérieur et le registre de contrôleur et le port d’entrées-sorties.

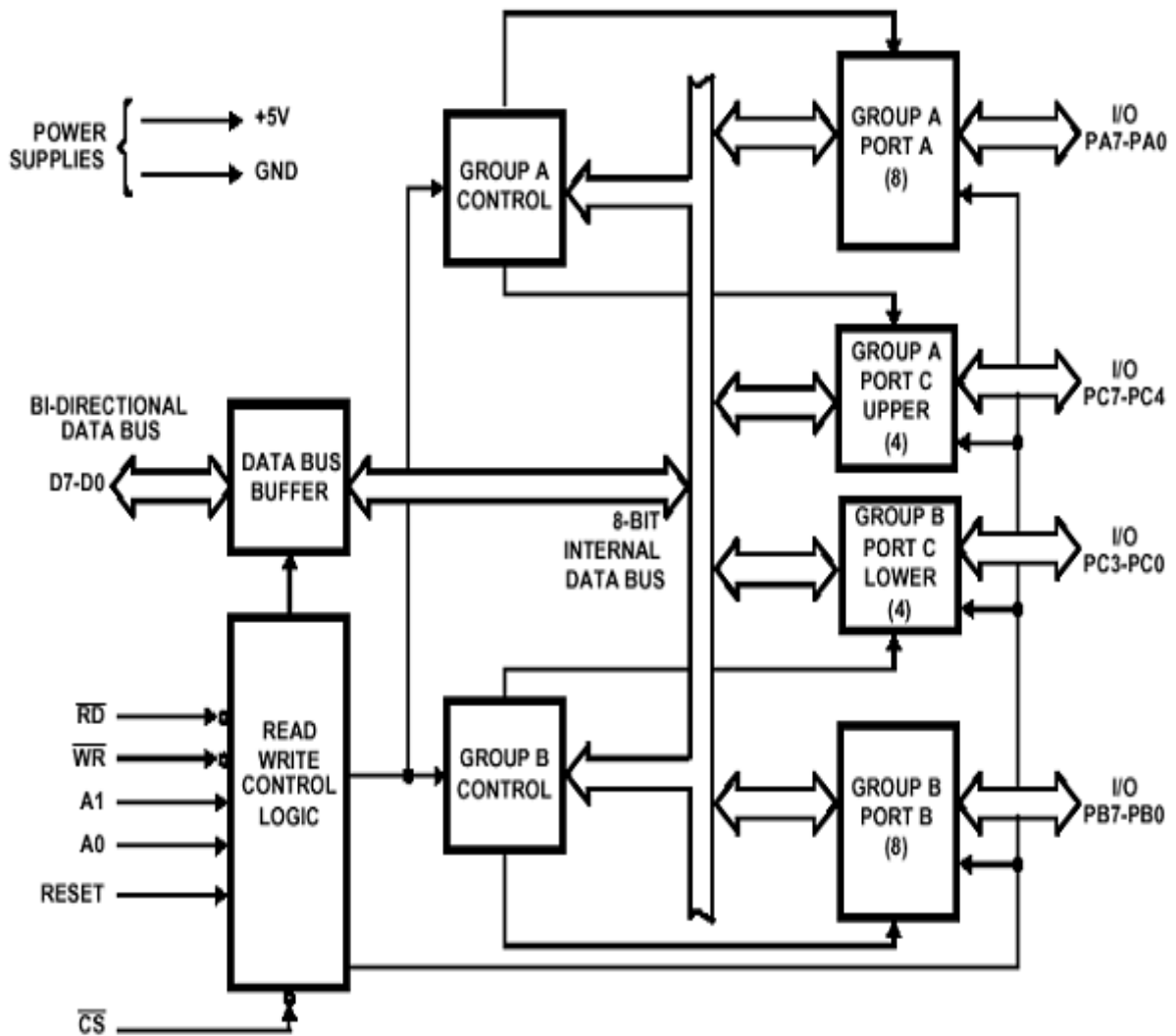
CS : elle permet d’activer le 8255

A0 A1 : elle permet de sélectionner les ports et les registres de contrôle.

**Tableau 1 : Adressage des registres internes du 8255 [24]**

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Registre
0	0	Port A
0	1	Port B
1	0	Port C
1	1	Registre de commande

Figure 2.3 : Architecture interne du 8255 [24]



La table de vérité suivante donne l'adressage détaillé des différents ports en lecture et en écriture.

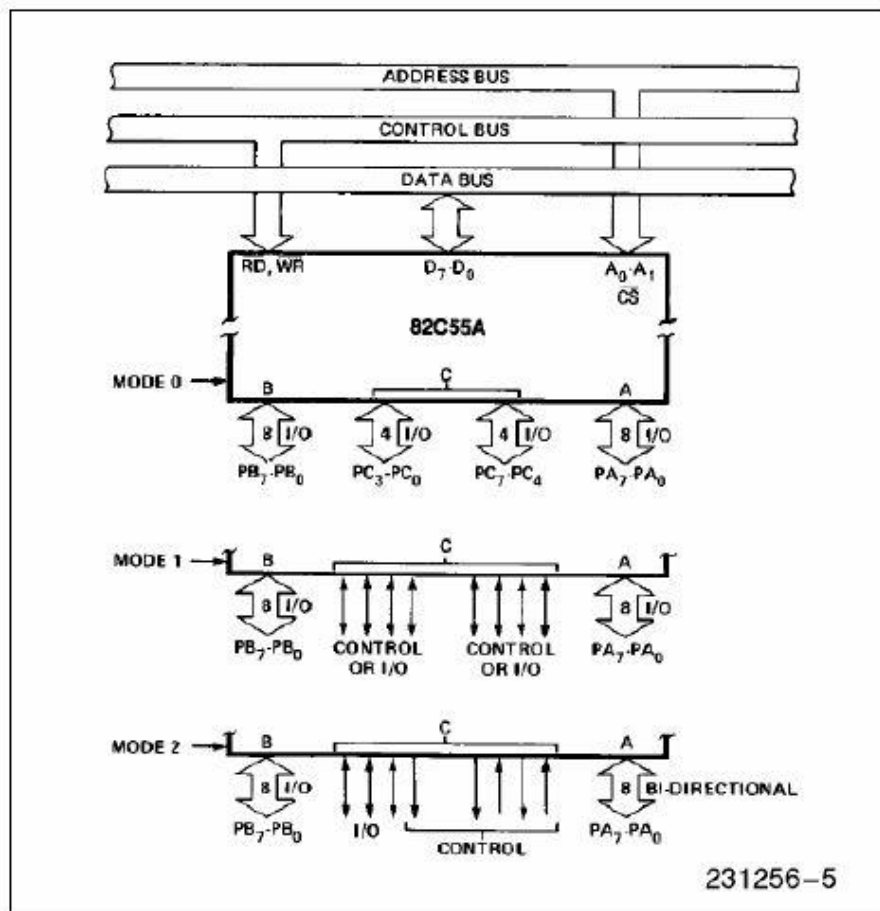


**Tableau 2 : Les broches du 8255 en mode lecture et écriture [24]**

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	RD	WR	CS	Opération de lecture (Read)
0	0	0	1	0	Le bus de données = Port A
0	1	0	1	0	Le bus de données = Port B
1	0	0	1	0	Le bus de données = Port C
Opération de écriture (Write)					
0	0	1	0	0	Le bus de données = Port A
0	1	1	0	0	Le bus de données = Port B
1	0	1	0	0	Le bus de données = Port C
1	1	1	0	0	Le bus de données = reg_com
Le 8255 hors fonctionnement					
X	X	X	X	1	Bus de donnée troisième état
X	X	1	1	0	Bus de donnée troisième état

L'interfaçage du 8255 avec le 8086 est représenté dans la figure suivante

**Figure 2.4 : Interfaçage avec le bus et mode de fonctionnement du 8255A [24]**





# CHAPITRE 3 : ASPECTS PRATIQUES

## Chapitre 3 : ASPECTS PRATIQUES

### 1 Introduction

Notre projet porte l'étude d'un carrefour qui voit passer de nombreux véhicules de toutes sortes : des voitures appartenant à des particuliers, des bus de transport en commun, des ambulances, des motocyclistes, ... ce qui occasionne un trafic extrêmement dense, en particulier, aux heures de pointe. La congestion de cette partie du réseau routier est due à la présence, dans un rayon de 300 mètres, de nombreuses administrations et institutions : la Poste, l'APC, Sonelgaz, le Centre des impôts, la Daira, l'hôpital Okbi, une banque et Algérie Telecom. Par ailleurs, la présence d'établissements scolaires vient compliquer, encore un peu plus, la circulation dans cette partie de la ville. En effet, le va et vient des élèves de l'école primaire et d'une école moyenne, qui se trouvent dans la proximité immédiate de ce carrefour, sont sources de problèmes majeurs. Ajouter à cela, le déplacement de certains lycéens du Lycée Benmahmoud à bord de motos vient corser de manière dangereuse la circulation des véhicules. En définitive, il est impératif de trouver une solution durable à ce problème afin de minimiser dans un premier temps, voire éliminer complètement, les risques d'accidents et rendre la circulation plus fluide pour le bonheur des usagers et des riverains dans un second temps. La carte géographique de la figure 3.1 illustre de manière très claire la multiplicité des institutions dans cette région de la ville.

**Figure 3.1 : Emplacement géographique du carrefour (Rue Zouaoui Mohamed Salah) objet de l'étude. On note la présence de nombreuses institutions aux alentours de ce carrefour.**



## 2 Présentation du carrefour

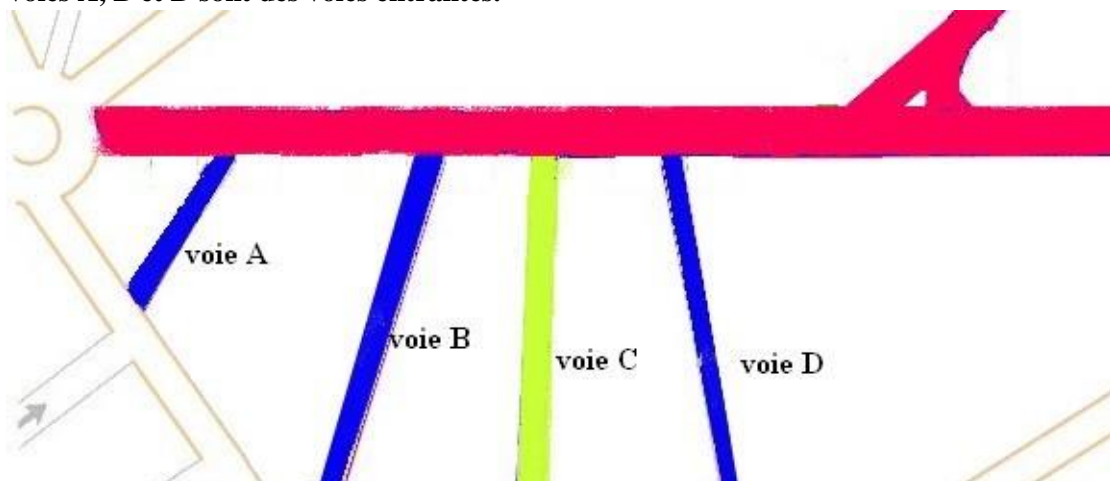
Le carrefour se présente sous forme d'une route principale, la rue Zouaoui Mohamed Salah, qui relie les quartiers du 19 juin du côté Sud vers le Boulevard Souidani Boudjemaa et la sortie de la ville de Guelma, du côté Nord. Cette route est à double sens. Quatre routes, à sens unique, pratiquement parallèles débouchent sur la rue Zouaoui Mohamed Salah. Trois d'entre elles sont sortantes. Il s'agit de la rue Amiar Salah, la rue Abdaoui et la rue Colonel Amirouche. La quatrième route est entrante, c'est la rue Zighout Youssef. La figure 3.2 est un agrandissement de la figure 3.1 et fait présenter principalement le carrefour à étudier.

**Figure 3.2 : Présentation du carrefour objet de l'étude.**



Dans le but d'alléger l'exposé de cette étude, nous appellerons respectivement tout au long de ce mémoire, par route principale, voie A, voie B, voie C et voie D, les rues de Zouaoui Mohamed Salah, celle de Amiar Salah, celle de Abdaoui, celle du Colonel Amirouche et enfin celle de Zighout Youssef. La figure 3.3 illustre cette représentation.

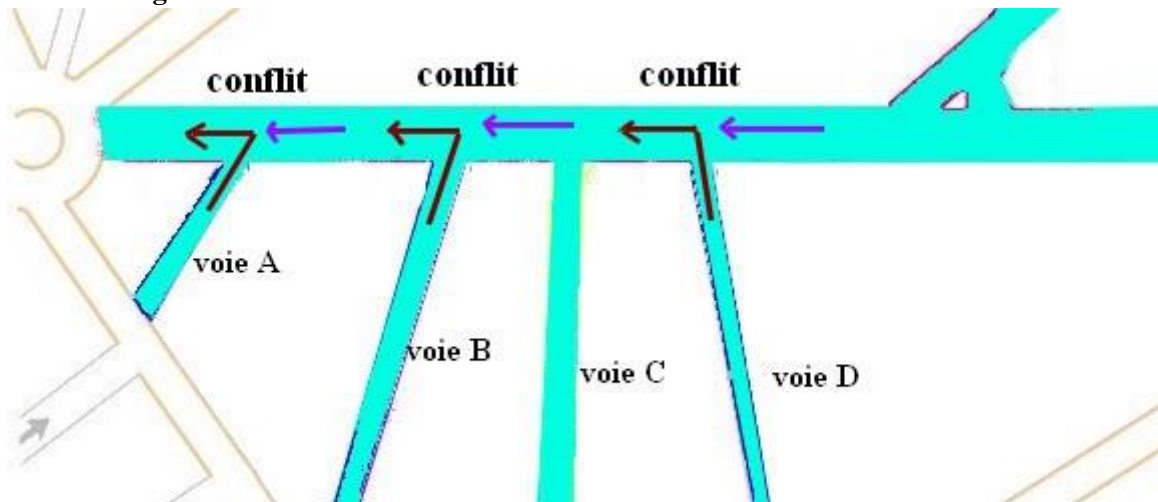
**Figure 3.3 : Schématisation du carrefour objet de l'étude. La voie C (en vert) est une voie sortante. Autrement dit, les véhicules pénètrent dans cette voie en venant de la route principale (en rouge). Les voies A, B et D sont des voies entrantes.**



### 3 Les conflits du carrefour

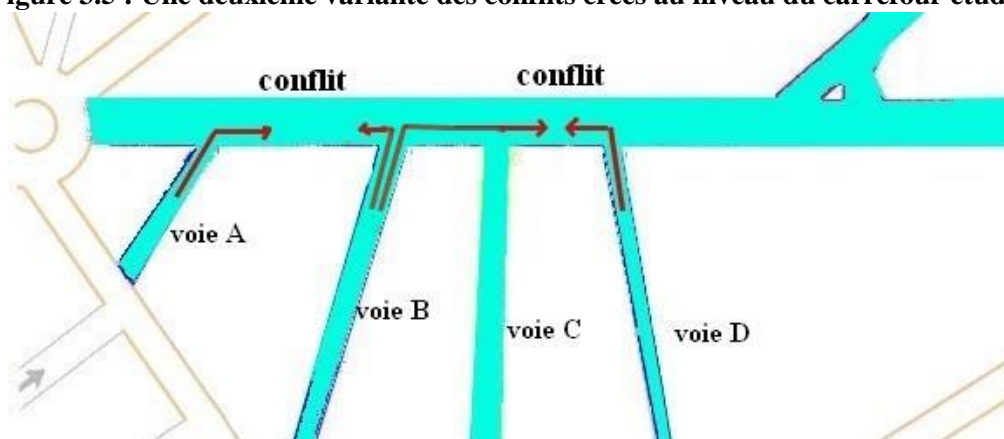
La circulation des véhicules entre la route principale et les voies A, B, C et D est réglementée par les services compétents. Ainsi, pour drainer le flux des voitures arrivant du côté Sud pour aller rejoindre le Centre-ville ou la sortie de la ville de Guelma et inversement, les agents responsables de la voirie ont installé des panneaux de signalisation sur ces routes. A cet effet, les véhicules qui empruntent les voies A, B et D et qui débouchent sur la route principale sont autorisés à tourner soit à droite soit à gauche. En conséquence, les véhicules arrivant des voies A, B et D et voulant tourner à gauche se trouvent en conflit avec les véhicules empruntant la voie principale dans le sens Sud-Nord, figure 3.4. Ces véhicules se gênent les uns les autres lorsqu'ils se rencontrent aux points d'intersection. Des délais d'attente sont nécessairement rajoutés au temps normal de circulation créant une congestion de la circulation.

**Figure 3.4 : Une variante des conflits créés au niveau du carrefour étudié.**



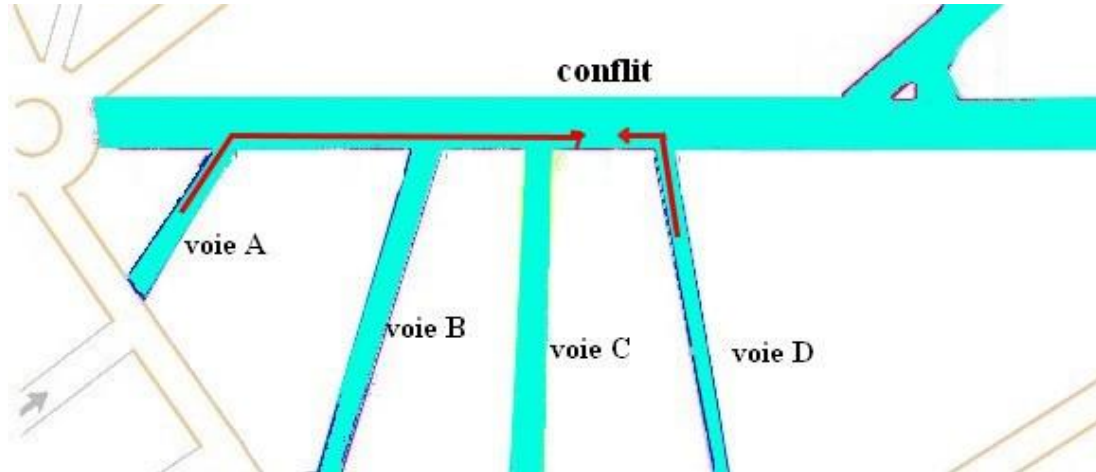
De la même manière, les véhicules sortant de la voie A et ayant tournés à droite risquent de se retrouver en conflit avec les véhicules sortant de la voie B et ayant tournés à gauche, ceci d'une part. D'autre part, les véhicules sortant de la voie B et ayant tournés à droite risquent également de se retrouver en conflit avec les véhicules sortant de la voie D et ayant tournés à droite, fig. 3.5.

**Figure 3.5 : Une deuxième variante des conflits créés au niveau du carrefour étudié.**



Finalement, il existe un autre type de conflit qui risque d'apparaître. Il concerne le blocage susceptible de se produire entre les véhicules sortant de la voie A et ayant tournés à droite avec les véhicules sortant de la voie D et ayant tournés à gauche, fig. 3.6.

**Figure 3.6 : Une troisième variante des conflits créés au niveau du carrefour étudié.**

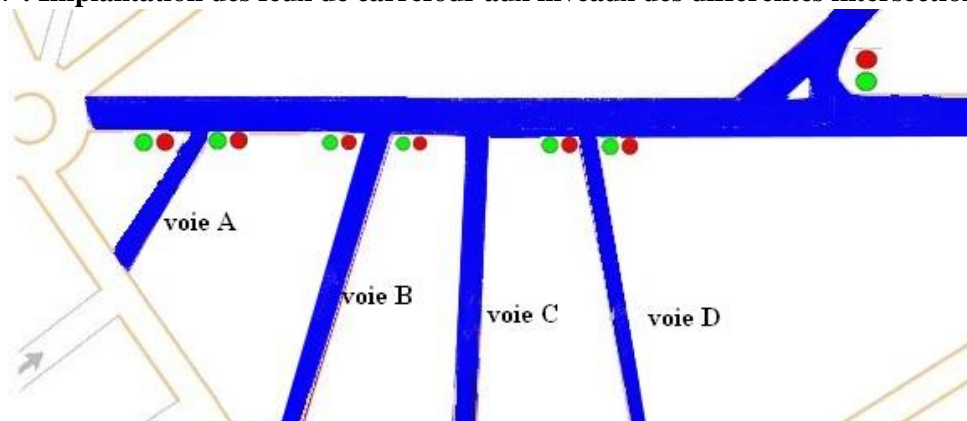


#### 4 Installation d'un feu de carrefour

Pour résoudre les conflits de circulation au niveau de ce carrefour et de faire en sorte qu'elle soit la plus fluide possible, nous suggérons d'installer d'une part des feux de carrefour à 2 couleurs (2 phases : Vert et Rouge) à l'entrée de la route principale pour contrôler le flux des voitures circulant sur la voie supérieure de la route principale dans le sens Sud-Nord. Ces feux seront désignés par la suite par VPV (Voie Principale Vert) et VPR (Voie Principale Rouge). Il est à préciser que la route principale est une route à double sens. Elle est donc constituée de deux voies : la voie supérieure et la voie inférieure.

D'autre part, nous suggérons de placer des feux de carrefour aux niveaux des voies A, B et D qui sont toutes entrantes. Ces feux auront pour objectif de réguler la circulation des véhicules qui débouchent sur la voie inférieure de la route principale en tournant à droite (Tourner à Droite : TD) et des autres véhicules qui débouchent sur la voie supérieure de la route principale et qui tournent à gauche (Tourner à Gauche : TG).

**Figure 3.7 : Implantation des feux de carrefour aux niveaux des différentes interseptions.**



A noter que les feux à placer aux niveaux des trois voies A, B et D auront quatre phases distinctes : Ainsi pour la voie A, nous aurons :



Tourner à Gauche au Rouge pour les véhicules de la voie A : TGRa  
Tourner à Gauche au Vert pour les véhicules de la voie A : TGVa  
Tourner à Droite au Rouge pour les véhicules de la voie A : TDRa  
Tourner à Droite au Vert pour les véhicules de la voie A : TDVa  
Quant à la voie B, nous aurons :  
Tourner à Gauche au Rouge pour les véhicules de la voie B : TGRb  
Tourner à Gauche au Vert pour les véhicules de la voie B : TGVb  
Tourner à Droite au Rouge pour les véhicules de la voie B : TDRb  
Tourner à Droite au Vert pour les véhicules de la voie B : TDVb

Finalelement pour la voie D, nous aurons :  
Tourner à Gauche au Rouge pour les véhicules de la voie D : TGRd  
Tourner à Gauche au Vert pour les véhicules de la voie D : TGVd  
Tourner à Droite au Rouge pour les véhicules de la voie D : TDRd  
Tourner à Droite au Vert pour les véhicules de la voie D : TDVd

En résumé, régler la circulation au niveau du multi-carrefour de la rue Zaoui Mohammed nécessite pas moins de 14 feux différents qui doivent s'allumer et s'éteindre à des moments bien précis.

## 5 Choix de l'unité de programmation pour la gestion du feu de carrefour

La première idée qui nous viendrait à l'esprit est de faire appel à un système programmable commandé par un automate industriel : l'API. Il faut savoir que l'automate programmable API est capable de gérer des milliers d'entrées et sorties. Ce qui n'est pas le cas du carrefour, objet de notre étude, qui, lui, contrôle 14 feux différents seulement. Notre projet, qui est avant tout pédagogique, ne s'intéresse qu'à une partie très réduite de la ville : un quartier ! Bien évidemment, lorsqu'il s'agit de contrôler les feux des carrefours de tous les quartiers de la ville, l'API est alors le plus indiqué.

Une deuxième possibilité est de faire appel à un système programmable à base de microcontrôleur. Cette solution est intéressante dans la mesure où les dimensions de la carte programmable seraient très réduites en raison de l'incorporation de tout le système à microprocesseur dans un même circuit intégré : le microcontrôleur. A cet égard, les circuits mémoires ainsi que les circuits d'entrées-sorties nécessaires au bon fonctionnement du microprocesseur, en plus du microprocesseur lui-même, sont tous intégrés dans la même puce de silicium. Cette solution n'a pas été retenue par nos soins et ce pour la simple raison que durant notre cursus pédagogique, ce genre de système de programmation n'a pas été abordé. Cela aurait été très compliqué pour nous d'adopter cette solution. En effet, cela aurait signifié que nous devrions d'abord comprendre dans le détail le fonctionnement de ce circuit avant de pouvoir espérer l'utiliser pour une application spécifique et ce dans un délai très court.

Finalelement, nous nous sommes rabattus sur le microprocesseur. Nous avons eu l'occasion d'étudier 2 types de microprocesseurs : le microprocesseur 8 bits et le microprocesseur 16 bits. Le premier est un peu limité au niveau des possibilités d'extension dans la mesure où il n'y a pas d'autres microprocesseurs qui lui sont compatibles. A la différence du microprocesseur 8 bits, le microprocesseur 16 bits, en l'occurrence le 8086, reste compatible avec les microprocesseurs qui lui sont postérieurs.

En définitive, notre choix s'est arrêté sur le microprocesseur 16 bits : le 8086 de la famille Intel.

## 6 Organisation des séquences d'allumage et d'extinction des feux de carrefour :

Le carrefour présente une route principale à double sens (la Voie Principale) sur laquelle débouchent 3 routes transversales à sens unique (les voies A, B et D). Notons que la voie B n'est pas concernée par un feu de carrefour du moment que c'est une voie sortante : elle ne gêne pas réellement la circulation des véhicules.

Les véhicules arrivant depuis les voies A, B et D verront des feux de carrefour à 4 phases, définies ci-dessous dans le paragraphe 4 : Feu Rouge et Feu Vert pour les véhicules tournant à gauche et pareil pour les véhicules tournant à droite. Soit en tout 11 phases différentes. A cela, il faut ajouter les deux feux (Vert et Rouge) présents sur la route principale (Voie Principale). En d'autres termes, nous sommes en présence de 14 feux qu'il faut correctement contrôler.

Le tableau ci-dessous résume les différentes séquences à appliquer simultanément sur les 14 feux. La première colonne indique le nom du feu présent sur l'une ou l'autre de ces voies. Chaque feu sera repéré par sa couleur (Rouge ou Vert), la voie dans laquelle il est implanté (A, B, D ou VP) ainsi que le sens de circulation (Tourner à Droite ou Tourner à Gauche). A titre d'exemple, VPR signifie que le feu de la voie principale (VP) est au Rouge. Tandis que TGVa signifie que le feu Tourner à Gauche de la voie A est au Vert.

La troisième colonne donne un exemple d'une séquence délivrée par le microprocesseur pour positionner certains feux au rouge et d'autres au vert.

Ainsi, dans cette troisième colonne, les véhicules circulant sur la voie principale sont autorisés à circuler dans la partie supérieure de la Voie principale, dans le sens Sud-Nord (depuis le Quartier du 19 juin vers le Rond-Point où se trouve la statue de feu Houari Boumediene), ils ont donc le feu vert VPV actionné et VPR non actionné. Soit  $VPV=1$  et  $VPR=0$ . Pour cette séquence, tous les véhicules venant des voies A, B et D désirant tourner à gauche sont tous bloqués afin d'éviter le conflit décrit dans la figure 3.4. Autrement dit, tous les feux Tourner à Gauche sont au Rouge : ( $TGRa = TGRb = TGRd = 1$ ) et donc ( $TGVa = TGVb = TGVd = 0$ ). Bien entendu, les feux TGV et TGR sont exclusifs. Si l'un est actionné, l'autre est automatiquement éteint. Pendant ce moment, les véhicules arrivant sur les voies A, B et D et désirant tourner à droite sont autorisés à le faire puisqu'ils ne gênent pas la circulation des voitures de la Voie principale :  $TDVa = TDVb = TDVd = 1$ .

Nous avons dénombré 5 séquences distinctes correspondant au passage des véhicules de la voie principale dans le sens Sud-Nord qui dure 35 secondes. Pendant cette durée, nous donnons d'abord la priorité aux voitures qui circulent sur la voie D. Celles-ci circulent pendant 10 secondes. 5 secondes avant l'arrêt des voitures de la voie B, nous autorisons les voitures de la voie D à tourner à droite. A ce moment, le feu vert est actionné en même temps pendant 5 secondes pour les véhicules issus des voies B et D. Cela ne nuit pas à la circulation fluide de ces voitures, en ce sens où lorsque les voitures de la voie B arrivent au niveau de l'intersection de la voie D, le feu Rouge de cette voie s'allume (5 secondes se sont écoulées) et ces voitures peuvent continuer leur chemin sans encombre.

De la même manière, les voitures de la voie B peuvent tourner à droite pendant 15 secondes en tout. Les voitures de la voie A sont à l'arrêt. Durant les 5 dernières secondes du temps total imparti au feu vert de la voie B, le feu vert de la voie A est actionné pendant 20 secondes, permettant ainsi aux voitures de cette voie de tourner à droite. Le temps total du feu vert de la voie A. Le choix des durées (10, 15 et 20 secondes) pour ces trois voies est arrêté sur la base des observations effectuées quant à la densité des voitures qui circulent habituellement sur ces voies. La voie D voit quotidiennement la densité de voitures la plus faible.

Lorsque le feu rouge de la voie A est finalement allumé, le feu rouge de la voie principale est actionné arrêtant ainsi le flux des voitures circulant sur la voie supérieure de la voie principale. Ainsi, cette situation va durer pendant 5 secondes (tous les feux rouges de toutes les voies sont simultanément actionnés). Cette décision a été prise afin de permettre aux dernières voitures qui circulent sur la voie

supérieure dans le sens Sud-Nord de “sortir” librement de cette voie sans être gênées par le démarrage des voitures de la voie A qui tournent à gauche.

En effet, à l’issue de ces 5 secondes, le feu vert est donné d’abord aux voitures de la voie A qui désirent tourner à gauche pendant 15 secondes (séquences 7 et 8), suivies par les voitures de la voie B pendant 20 secondes (séquences 8, 9 et 10) et finalement par au voitures de la voie D pendant 10 secondes (séquences 10 et 11).

A la fin de la séquence 11, un nouveau cycle est entamé. Il est à noter que le feu vert de la voie principale est allumé au moment même où le feu vert de la voie D (correspondant à tourner a droite) est actionne. Autrement dit, nous n’avons qu’une séquence intermédiaire ou tous les feux sont au rouge : les dernières voitures sortant de la voie D et ayant tourné à gauche peuvent circuler sur la voie supérieure sans risque de voir les voitures de la voie principale arrivées à leur hauteur.

**Tableau 1 : Cycles d’allumage et d’extinction des 14 feux de carrefour au niveau de la Voie Principale ainsi que des trois voies A, B et D.**

		Voitures arrivant dans le sens Sud-Nord sont autorisés de circuler sur la Voie Principale					Voitures arrivant des voies A, B et D sont autorisés à tourner à gauche						
Voies	Port	Séq 1	Séq 2	Séq 3	Séq 4	Séq 5	Séq 6	Séq 7	Séq 8	Séq 9	Séq10	Séq11	Séq1
VPR	PA0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
VPV	PA1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
TGVa	PA2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
TGRa	PA3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
TDVa	PA4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
TDRa	PA5	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
TGVb	PB0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
TGRb	PB1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
TDVb	PB2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TDRb	PB3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TGVd	PB4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
TGRd	PB5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
TDVd	PB6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TDRd	PB7	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Temps		0	5	10	15	20	35	40	50	55	65	70	75

Pour résumer, nous donnons, pendant les 35 premières secondes, le feu vert aux véhicules roulant sur la voie principale dans le sens Sud-Nord car ces derniers n’entrent pas en conflit avec les véhicules venant des intersections et voulant tourner à droite (feux vert TDV actionnés).

Dans un premier temps, nous permettons d’abord aux véhicules de la voie D de tourner à droite (feu vert pendant 10 secondes : TDVd = 1). 5 secondes avant le passage au rouge de ce feu, on autorise les véhicules de la voie B à tourner à droite (feu vert pendant 15 secondes : TDVb = 1). 5 secondes avant le passage au rouge de ce feu, on autorise enfin les véhicules de la voie A désirant tourner à droite de le faire pendant 20 secondes (feu vert TDVa = 1).

Pendant cette durée, nous bloquons les véhicules voulant tourner à gauche issues des voies A, B et D (feux rouges TGR actionnés) car ils risquent de provoquer plusieurs conflits (aux niveaux des 3 intersections A, B et D) avec les véhicules roulant sur la voie principale.



Pendant les 35 secondes qui suivent, les véhicules roulant sur la voie principale dans le sens sud-nord sont bloqués (feu rouge actionné : VPR = 1) car ces voitures risquent d'entrer en conflit avec les véhicules venant des intersections A, B et D et voulant tourner à gauche.

## 7. Interfaçage des feux de carrefour avec le circuit 8255

La gestion de l'allumage et l'extinction de ces 14 feux pendant 11 séquences distinctes est assurée par un microprocesseur 8086. L'interfaçage de ces feux au microprocesseur est réalisé via les ports A et B d'un circuit d'entrées-sorties 8255. La deuxième colonne du tableau ci-dessus montre le branchement de ces feux aux différentes lignes des ports A et B. Notons que les lignes 6 et 7 du port A ne sont pas utilisées.

Nous avons résumé dans le tableau le contenu des ports A et B du 8255.

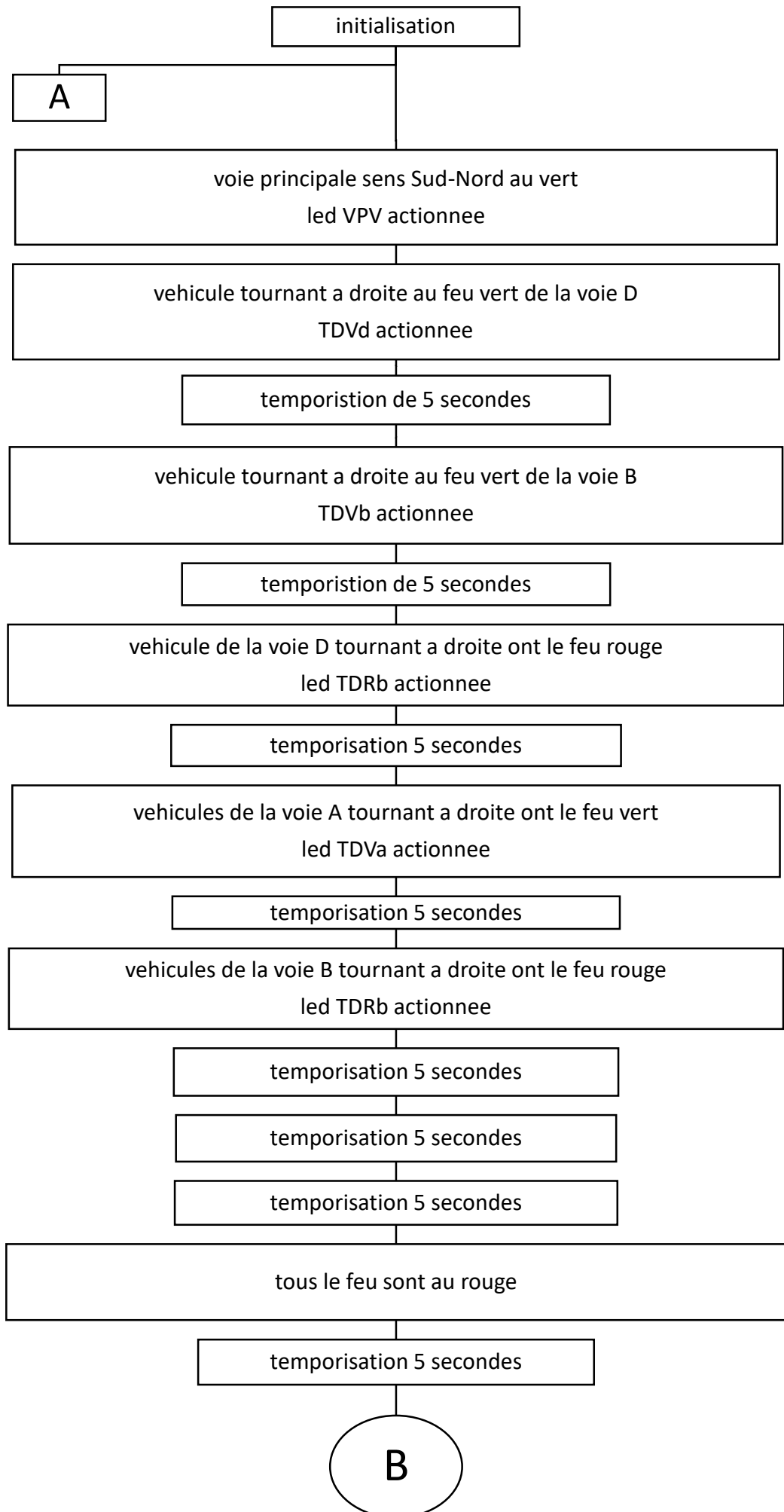
**Tableau 2 : Contenus des ports A et B du 8255**

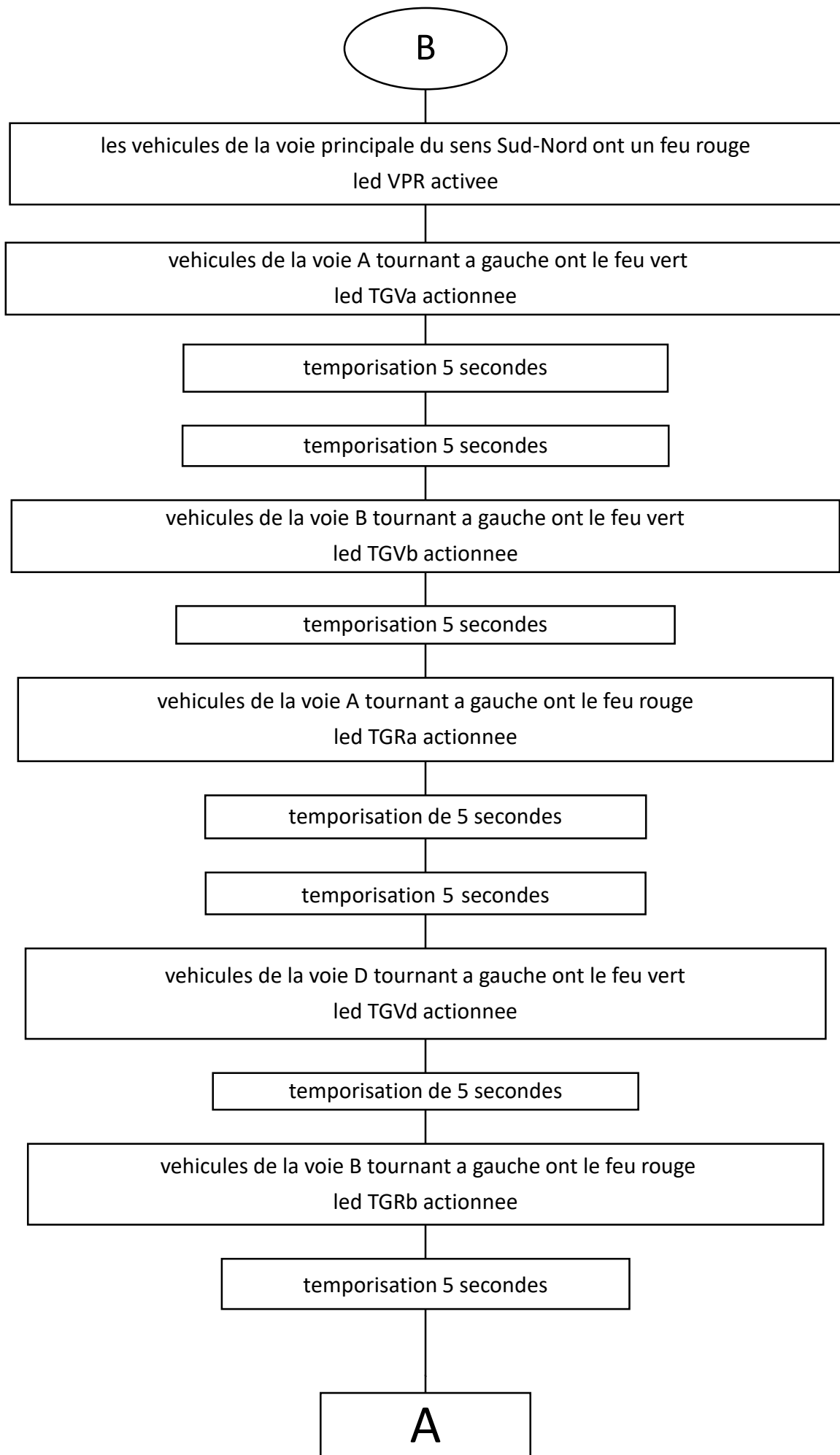
Feux	VPR	VPV	TGVa	TGRa	TDVa	TGRa	0	0
Port A	PA0	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PB6	PB7

Feux	TGVb	TGRb	TDVb	TDRb	TGVd	TGRd	TDVd	TDRd
Port B	PB0	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7

## 8. Organigramme

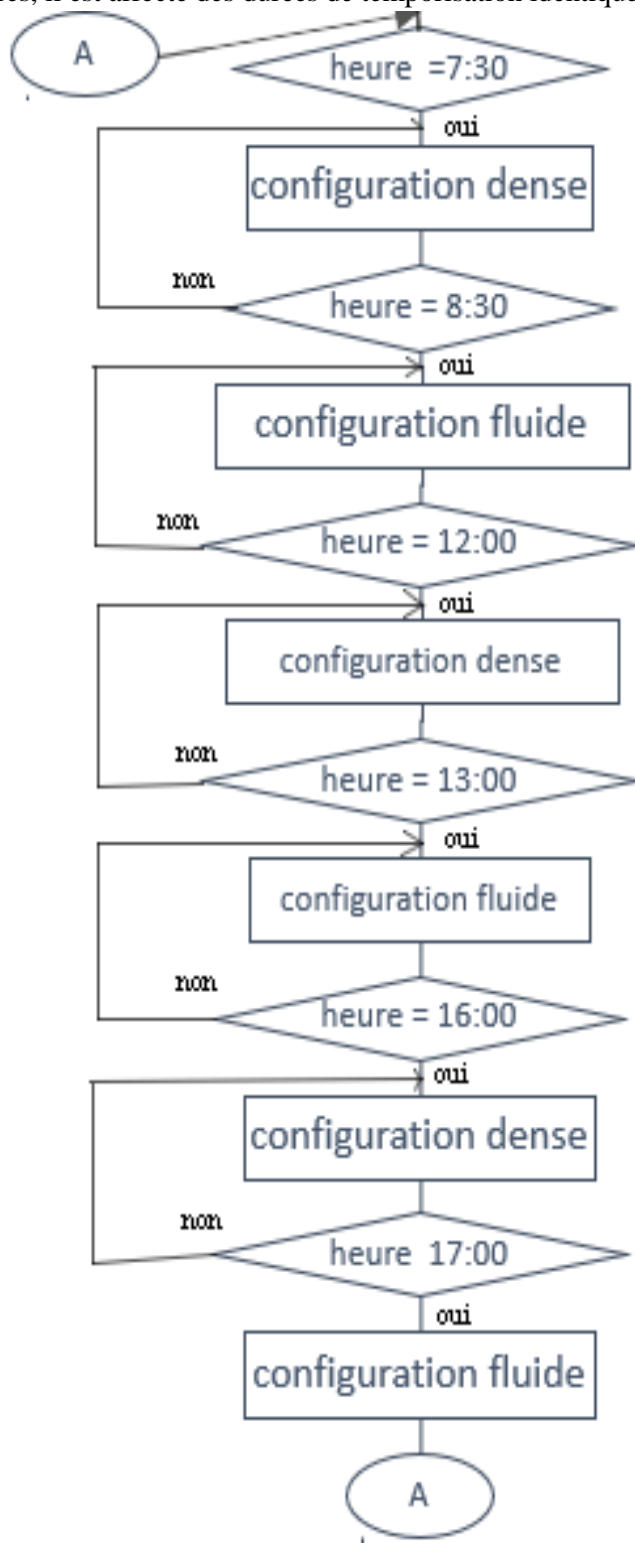
Nous présentons ci-après l'organigramme qui récapitule les différentes étapes du programme qui gère l'allumage et l'extinction des différents feux de carrefour.





Remarque :

Signalons que les durées de temporisation 10, 15 et 20 secondes relatives aux tranches horaires : 7h30 à 8h30 du matin, 12h00 à 13h00 et 16h00 à 17h00 correspondent aux moments ouu la circulation est la plus dense (ouvertures et fermetures des institutions et administrations). En dehors de ces intervalles horaires, il est affecté des durées de temporisation identiques.



## 9 Programme du 8086 :

```

Donnee SEGMENT
Port A EQU 0FFC0h
Port B EQU 0FFC2h
Reg_com EQU 0FFC6h
Mot_com EQU 80h
Seq1a EQU 2Ah
Seq1b EQU 6Ah
Seq2a EQU 2Ah
Seq2b EQU 66h
Seq3a EQU 2Ah
Seq3b EQU A6h
Seq4a EQU 1Ah
Seq4b EQU A6h
Seq5a EQU 1Ah
Seq5b EQU AAh
Seq6a EQU 29h
Seq6b EQU AAh
Seq7a EQU 25h
Seq7b EQU AAh
Seq8a EQU 25h
Seq8b EQU A9h
Seq9a EQU 29h
Seq9b EQU A9h
Seq10a EQU 29h
Seq10b EQU 99h
Seq11a EQU 29h
Seq11b EQU 9Ah
Donnee ENDS
Code SEGMENT
Assume CS : code , DS : donnee
Prog proc
MOV AX , donnee
MOV DS, AX
MOV AL, Mot_com
OUT Reg_com , AL

Debut : MOV AL , Seq1a
        OUT Port A , AL
        MOV AL , Seq1b
        OUT Port B , AL
        CALL temp
        MOV AL , Seq2a
        OUT Port A , AL
        MOV AL , Seq2b
        OUT Port B , AL
        CALL temp
        MOV AL , Seq3a
        OUT Port A , AL
        MOV AL , Seq3b

```

```
OUT Port B , AL
CALL temp
MOV AL , Seq4a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq4b
OUT Port B , AL
CALL temp
MOV AL , Seq5a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq5b
OUT Port B , AL
CALL temp
CALL temp
CALL temp
MOV AL , Seq6a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq6b
OUT Port B , AL
CALL temp
MOV AL , Seq7a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq7b
OUT Port B , AL
CALL temp
CALL temp
MOV AL , Seq8a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq8b
OUT Port B , AL
CALL temp
MOV AL , Seq9a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq9b
OUT Port B , AL
CALL temp
CALL temp
MOV AL , Seq10a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq10b
OUT Port B , AL
CALL temp
MOV AL , Seq11a
OUT Port A , AL
MOV AL , Seq11b
OUT Port B , AL
CALL temp
JMP Debut
Code ends
End prog
```

Remarque :  
temp est un sous-programme de temporisation de 5 secondes.

# CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES



## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'étude que nous avons présentée porte sur l'implantation, au centre-ville de Guelma, d'un ensemble de feux de signalisation au niveau d'un multi-carrefour très fréquenté. Le choix de cet endroit est dicté par plusieurs impératifs qui peuvent être résumés par la présence de nombreuses institutions et administrations publiques : La Grande Poste, Algérie Telecom, Sonelgaz, Le Centre des impôts, des établissements scolaires, ... Les services offerts par cette multitude d'institutions font que de très nombreux citoyens qui affluent ou empruntent obligatoirement les rues de ce carrefour engendrent une congestion énorme dans la circulation. La présence d'adolescents à bord de cyclomoteurs à deux roues, circulant au milieu d'un grand nombre de véhicules, rendent la situation encore plus grave par le risque d'accidents corporels.

Dans ce contexte, nous avons fixé pour objectifs de remédier à cette situation en mettant en œuvre un système automatique de gestion de la circulation à base d'un circuit à microprocesseur.

L'étude a commencé par une série d'observations sur les flux dominants de circulation, les heures de la journée susceptibles de voir affluer le plus grand nombre de voitures, les différents types de véhicules (voitures légères, autobus, fourgons, vélomoteurs, ...) circulant dans cette zone de la ville. Une fois en possession de ces données, nous avons étudié les différentes solutions programmables susceptibles de résoudre les problèmes de la circulation. Nous avons finalement opté pour une commande programmable à l'aide d'un microprocesseur 16 bits.

L'étude théorique de ce projet, ayant pris un temps considérable, nous a malheureusement contraints à ne pas pouvoir mettre en pratique la solution proposée.

En perspective, nous pouvons émettre quelques idées qui pourraient être intéressantes pour la suite de ce projet. Outre la matérialisation de cette solution sur le plan pratique, cette étude peut être poursuivie selon deux orientations possibles. D'une part, l'on pourra prolonger cette étude en agrandissant la région de cette étude à plusieurs quartiers (zone d'étude dans un rayon de plusieurs centaines de mètres). Dans ces conditions, nous conseillerons les étudiants qui se pencheraient éventuellement sur cette problématique d'utiliser un automate programmable, le seul à pouvoir gérer convenablement et simultanément des centaines, voire des milliers, d'entrées-sorties.

D'autre part, il est possible de retenir le microprocesseur 16 bits (ou éventuellement un microcontrôleur 16 bits) comme le cœur de cette solution mais néanmoins étendre l'étude de la problématique de ce carrefour vers une exploitation intelligente. En effet, il est possible d'envisager d'installer des caméras au niveau de ces intersections et gérer ensuite la circulation des véhicules en temps réel, de sorte que celle-ci se ferait en fonction de la présence effective des véhicules dans les différentes voies afférentes. Il faut noter que la solution proposée dans cette étude n'est pas très adaptable à toutes les situations. Les délais d'attente des véhicules devant un feu rouge ou un feu vert ont été arrêtés "arbitrairement" en fonction d'observations à différents moments de la journée pendant une durée de plusieurs

semaines. Dans une approche en temps réel, les temps impartis aux différents feux seront directement fonctions de la présence ou non des véhicules dans les voies A, B et D. Ainsi par exemple, dans le cas où il n'y a aucune voiture dans la voie A, il est inutile d'octroyer les 20 secondes du feu vert à cette voie. L'on peut par exemple, maintenir le feu rouge pour cette voie et passer directement aux voies B ou D. Il est également possible de prolonger les durées du feu vert pour ces voies dans le cas où les files de voiture sont nettement plus longues que d'habitude. Dans le même registre, dans le cas où aucune voiture n'est détectée sur les voies adjacentes, les véhicules roulant sur la voie principale auront constamment le feu vert. Comme on peut le constater cette solution s'adapterait mieux à la réalité du terrain et proposerait la solution adéquate tendant ainsi rendre la circulation dans ce carrefour nettement plus aisée.

## ANNEXE

**Tableau 1 : répartition des immatriculations et reimmatriculations du premier semestre 2015 selon le genre et la wilaya . [25]**

<i>WILAYATE</i>	<i>Véhicule Tourisme</i>	<i>Camion</i>	<i>Camion nette</i>	<i>Autocar Autobus</i>	<i>Tracteur Routier</i>	<i>Tracteur Agricole</i>	<i>Véhicule Spécial</i>	<i>Remorque</i>	<i>Moto</i>	<i>TOTAL</i>	<i>%</i>
Adrar	3 295	868	1 633	1 046	218	423	10	65	8	<b>7 566</b>	<b>1,04</b>
Chlef	7 690	691	2 461	155	153	339	2	252	24	<b>11 767</b>	<b>1,61</b>
Laghouat	4 784	519	1 555	455	111	246	24	56	13	<b>7 763</b>	<b>1,06</b>
Oum El Bouaghi	6 984	459	2 420	71	107	244	34	194	24	<b>10 537</b>	<b>1,45</b>
Batna	12 726	1 174	4 162	225	322	190	61	342	71	<b>19 273</b>	<b>2,64</b>
Bejaia	18 413	1 191	5 798	448	507	246	66	658	343	<b>27 670</b>	<b>3,80</b>
Biskra	987	346	1 391	84	71	119	16	129	24	<b>3 167</b>	<b>0,43</b>
Bechar	1 664	165	650	53	69	26	5	67	1	<b>2 700</b>	<b>0,37</b>
Blida	16 081	677	4 256	149	253	139	22	228	449	<b>22 254</b>	<b>3,05</b>
Bouira	9 560	498	3 133	201	220	304	11	252	11	<b>14 190</b>	<b>1,95</b>
Tamanrasset	703	150	373	14	31	3	0	43	2	<b>1 319</b>	<b>0,18</b>
Tebessa	33 501	1 290	4 441	150	316	342	11	283	11	<b>40 345</b>	<b>5,53</b>
Tlemcen	4 904	188	1 268	30	54	130	39	73	28	<b>6 714</b>	<b>0,92</b>
Tiaret	4 851	522	1 838	81	39	336	7	166	2	<b>7 842</b>	<b>1,08</b>
Tizi Ouzou	24 439	1 335	7 067	648	315	339	53	623	80	<b>34 899</b>	<b>4,79</b>
Alger	33 985	965	7 379	291	355	89	93	315	579	<b>44 051</b>	<b>6,04</b>
Djelfa	20 791	1 969	6 386	203	141	422	26	190	50	<b>30 178</b>	<b>4,14</b>
Jijel	9 787	614	2 612	136	163	72	30	185	66	<b>13 665</b>	<b>1,87</b>
Setif	16 052	1 255	6 816	156	383	236	41	343	196	<b>25 478</b>	<b>3,49</b>
Saida	4 599	227	1 176	24	32	147	1	81	12	<b>6 299</b>	<b>0,86</b>
Skikda	5 482	243	1 342	77	95	170	13	180	9	<b>7 611</b>	<b>1,04</b>
Sidi Bel Abbes	9 456	297	1 600	71	61	196	3	98	29	<b>11 811</b>	<b>1,62</b>
Annaba	43 038	526	4 231	229	270	167	25	260	176	<b>48 922</b>	<b>6,71</b>
Guelma	13 149	406	2 420	83	109	454	10	260	67	<b>16 958</b>	<b>2,33</b>
Constantine	1 868	348	875	222	93	214	27	127	64	<b>3 838</b>	<b>0,53</b>
Médéa	9 225	595	3 245	91	169	292	1	179	44	<b>13 841</b>	<b>1,90</b>
Mostaganem	4 332	359	1 669	40	71	152	20	75	10	<b>6 728</b>	<b>0,92</b>
M'sila	19 659	1 765	6 176	186	925	330	53	804	19	<b>29 917</b>	<b>4,10</b>
Mascara	5 022	439	1 755	59	52	267	5	160	10	<b>7 769</b>	<b>1,07</b>
Ouargla	12 723	1 043	5 705	359	515	117	80	436	40	<b>21 018</b>	<b>2,88</b>
Oran	7 794	314	1 775	67	125	67	1	118	78	<b>10 339</b>	<b>1,42</b>
El Bayadh	1 718	260	676	19	10	68	12	25	1	<b>2 789</b>	<b>0,38</b>
Illizi	562	143	277	42	11	1	5	24	2	<b>1 067</b>	<b>0,15</b>
Bordj Bou Arreridj	15 073	750	4 722	133	438	212	25	526	114	<b>21 993</b>	<b>3,02</b>
Boumerdes	20 016	1 908	6 674	436	582	358	52	543	107	<b>30 676</b>	<b>4,21</b>
El Tarf	8 177	175	1 455	85	61	273	13	215	9	<b>10 463</b>	<b>1,44</b>
Tindouf	156	44	80	2	14	0	1	11	0	<b>308</b>	<b>0,04</b>
Tissemsilt	3 091	169	712	18	20	133	1	71	3	<b>4 218</b>	<b>0,58</b>
El Oued	17 936	1 696	7 947	206	488	221	54	498	48	<b>29 094</b>	<b>3,99</b>
Khenchela	8 759	318	2 047	76	66	203	22	143	15	<b>11 649</b>	<b>1,60</b>
Souk Ahras	8 969	284	1 456	102	72	220	12	98	44	<b>11 257</b>	<b>1,54</b>
Tipaza	23 941	462	4 880	202	100	285	71	222	177	<b>30 340</b>	<b>4,16</b>
Mila	21 551	951	5 095	209	193	341	36	225	55	<b>28 656</b>	<b>3,93</b>
Ain Defla	3 087	181	1 154	36	27	150	26	120	3	<b>4 784</b>	<b>0,66</b>
Naama	1 227	258	442	11	14	23	0	19	2	<b>1 996</b>	<b>0,27</b>
Ain Temouchent	4 368	165	967	12	45	169	1	92	8	<b>5 827</b>	<b>0,80</b>
Ghardaia	5 958	552	2 801	116	160	27	6	124	20	<b>9 764</b>	<b>1,34</b>
Relizane	5 089	473	1 695	23	55	213	16	137	9	<b>7 710</b>	<b>1,06</b>
<b>TOTAL</b>	<b>517222</b>	<b>30227</b>	<b>140688</b>	<b>7832</b>	<b>8701</b>	<b>9715</b>	<b>1143</b>	<b>10335</b>	<b>3157</b>	<b>729020</b>	<b>100</b>

**Tableau 2 : répartition des immatriculations et reimmatriculations de l'année 2016 selon le genre et la wilaya . [26]**

WILAYATE	Véhicule Tourisme	Camion	Camion nette	Autocar Autobus	Tracteur Routier	Tracteur Agricole	Véhicule Spécial	Remorque	Moto	TOTAL	%
Adrar	5 130	1 277	2 596	865	927	763	831	908	825	14 122	0,76
Chlef	17 689	1 437	4 680	749	984	1 089	578	1 067	1 009	29 282	1,58
Laghouat	14 498	1 045	3 957	460	421	566	360	481	394	22 182	1,20
Oum El Bouaghi	17 605	1 155	4 493	437	522	681	311	594	513	26 311	1,42
Batna	30 620	2 938	7 992	754	1 200	783	435	1 174	689	46 585	2,51
Bejaia	33 976	2 126	9 496	1 083	1 217	646	250	1 287	1 497	51 578	2,78
Biskra	12 385	1 422	5 085	570	537	585	379	577	597	22 137	1,19
Bechar	4 937	412	1 682	124	138	33	17	115	16	7 474	0,40
Blida	105 968	2 554	19 726	888	1 019	582	106	774	4 967	136 584	7,36
Bouira	44 031	1 855	9 651	714	796	1 100	304	894	369	59 714	3,22
Tamanrasset	8 182	1 310	3 471	113	343	32	30	309	14	13 804	0,74
Tebessa	76 117	3 219	10 814	296	675	746	45	509	80	92 501	4,98
Tlemcen	14 737	596	2 956	152	92	513	72	271	244	19 633	1,06
Tiaret	13 838	1 225	4 014	175	122	755	19	360	57	20 565	1,11
Tizi Ouzou	17 392	1 132	5 549	341	400	428	60	620	169	26 091	1,41
Alger	115 164	3 498	19 152	969	1 900	309	466	1 653	3 551	146 662	7,90
Djelfa	50 349	5 110	14 603	446	459	1 043	96	463	138	72 707	3,92
Jijel	23 251	1 308	5 485	604	349	217	14	393	348	31 969	1,72
Setif	41 235	2 464	12 176	515	907	488	75	791	2 048	60 699	3,27
Saida	20 176	877	4 410	72	118	727	12	276	47	26 715	1,44
Skikda	25 936	978	5 719	371	312	820	49	637	155	34 977	1,88
Sidi Bel Abbès	36 766	963	5 444	167	191	769	20	303	161	44 784	2,41
Annaba	37 999	672	4 528	331	404	243	41	402	743	45 363	2,44
Guelma	28 031	620	4 267	170	160	517	17	351	442	34 575	1,86
Constantine	64 569	1 340	10 508	460	363	533	102	413	337	78 625	4,24
Médéa	26 916	1 278	7 170	226	248	368	72	411	419	37 108	2,00
Mostaganem	16 053	1 143	4 652	92	287	566	31	339	118	23 281	1,25
M'sila	39 316	3 367	11 768	392	2 143	795	96	1 745	148	59 770	3,22
Mascara	12 768	924	3 763	99	161	588	9	410	55	18 777	1,01
Ouargla	37 011	2 800	13 961	610	1 002	166	217	859	243	56 869	3,06
Oran	30 135	1 131	5 008	239	551	208	10	591	722	38 595	2,08
El Bayadh	5 510	647	1 704	87	34	150	9	60	27	8 228	0,44
Illizi	1 399	228	645	46	80	7	13	36	3	2 457	0,13
Bordj Bou Arrerridj	34 353	1 730	10 360	448	1 084	467	68	1 298	591	50 399	2,72
Boumerdes	35 492	3 379	11 374	897	1 173	608	215	1 067	499	54 704	2,95
El Tarf	18 449	396	2 711	144	97	337	3	250	85	22 472	1,21
Tindouf	724	115	311	13	38	10	3	24	3	1 241	0,07
Tissemsilt	15 034	427	2 681	66	53	244	3	165	19	18 692	1,01
El Oued	13 956	1 617	6 975	171	500	195	23	573	119	24 129	1,30
Khenchela	20 182	567	4 649	153	113	389	65	216	66	26 400	1,42
Souk Ahras	24 038	596	3 609	181	106	524	11	203	352	29 620	1,60
Tipaza	41 767	682	7 009	245	112	230	16	181	793	51 035	2,75
Mila	62 132	1 912	12 379	582	367	564	37	362	254	78 589	4,23
Ain Defla	10 865	569	3 045	119	94	434	14	261	113	15 514	0,84
Naama	4 493	736	1 301	32	70	44	14	72	21	6 783	0,37
Ain Temouchent	19 982	575	3 658	99	170	416	0	219	64	25 183	1,36
Ghardaia	11 928	1 053	5 293	188	336	58	11	251	72	19 190	1,03
Relizane	15 191	969	3 811	87	205	602	16	449	145	21 475	1,16
<b>TOTAL</b>	<b>1358275</b>	<b>68374</b>	<b>310291</b>	<b>17042</b>	<b>23580</b>	<b>22938</b>	<b>5645</b>	<b>25664</b>	<b>24341</b>	<b>1856150</b>	<b>100</b>

**Tableau 3 : répartition des immatriculations et reimmatriculations de l'année 2017 selon le genre et la wilaya . [27]**

WILAYATE	Véhicule Tourisme	Camion	Camion- nette	Autocar Autobus	Tracteur Routier	Tracteur Agricole	Véhicule Spécial	Remorque	Moto	TOTAL	%
Adrar	3 277	553	1 344	163	184	67	36	151	173	5 948	0,38
Chlef	10 188	645	2 388	131	182	290	79	298	1 031	15 232	0,97
Laghouat	18 818	972	5 067	255	141	284	53	186	300	26 076	1,67
Oum El Bouaghi	14 785	774	3 407	145	144	295	42	217	559	20 368	1,30
Batna	25 367	2 283	6 199	351	615	298	89	645	1 316	37 163	2,38
Bejaia	25 679	1 439	6 852	637	828	321	21	971	2 963	39 711	2,54
Biskra	10 095	843	3 771	120	233	176	24	243	1 535	17 040	1,09
Bechar	5 635	325	1 605	115	128	22	26	120	153	8 129	0,52
Blida	55 766	1 478	10 646	509	435	231	25	368	6 816	76 274	4,88
Bouira	29 764	1 173	6 847	401	337	508	46	560	635	40 271	2,57
Tamanrasset	6 719	1 077	2 703	78	328	14	9	269	35	11 232	0,72
Tebessa	52 491	1 864	7 697	163	312	500	44	311	364	63 746	4,07
Tlemcen	13 239	420	2 653	132	71	395	30	168	968	18 076	1,16
Tiaret	12 992	1 338	3 669	172	175	567	12	387	298	19 610	1,25
Tizi Ouzou	12 600	786	3 163	313	222	264	15	366	498	18 227	1,17
Alger	117 608	3 290	18 733	1 207	1 467	294	291	1 383	7 449	151 722	9,70
Djelfa	32 745	3 602	9 809	357	325	750	23	334	874	48 819	3,12
Jijel	22 346	1 164	5 203	529	286	164	7	342	1 303	31 344	2,00
Setif	31 306	2 006	9 195	376	757	363	49	636	4 835	49 523	3,17
Saida	18 895	798	3 926	50	147	477	29	201	335	24 858	1,59
Skikda	25 433	900	5 677	420	281	965	31	698	1 034	35 439	2,27
Sidi Bel Abbes	23 205	965	4 729	196	170	649	13	248	647	30 822	1,97
Annaba	37 311	622	4 940	413	385	205	26	442	1 747	46 091	2,95
Guelma	25 639	545	4 360	145	114	806	19	250	1 089	32 967	2,11
Constantine	54 025	1 079	8 976	436	305	418	57	332	692	66 320	4,24
Médéa	18 328	952	5 269	203	147	264	3	149	776	26 091	1,67
Mostaganem	12 987	804	3 766	80	191	392	13	181	370	18 784	1,20
M'sila	37 904	3 638	11 641	481	1 824	803	88	1 592	998	58 969	3,77
Mascara	13 956	1 006	3 723	180	137	356	15	222	302	19 897	1,27
Ouargla	23 895	1 990	10 306	694	1 003	196	265	816	423	39 588	2,53
Oran	28 379	967	4 825	217	555	147	11	470	1 725	37 296	2,38
El Bayadh	5 083	607	1 534	55	28	108	10	59	397	7 881	0,50
Illizi	928	91	374	30	37	2	13	14	1	1 490	0,10
B.B.Arreridj	31 038	1 378	9 361	364	852	391	36	1 032	1 349	45 801	2,93
Boumerdes	35 091	2 581	9 876	625	677	680	67	825	1 447	51 869	3,32
El Tarf	16 165	329	2 382	173	89	243	5	166	341	19 893	1,27
Tindouf	540	61	213	7	19	4	7	24	6	881	0,06
Tissemsilt	15 826	391	2 817	48	45	207	2	109	177	19 622	1,25
El Oued	23 048	2 467	12 503	275	742	225	54	816	832	40 962	2,62
Khenchela	17 053	1 545	4 187	135	185	1 016	45	471	112	24 749	1,58
Souk Ahras	19 111	511	3 137	153	81	376	10	139	796	24 314	1,55
Tipaza	28 777	507	5 310	188	88	159	31	114	1 601	36 775	2,35
Mila	61 452	2 018	14 200	579	413	574	46	362	797	80 441	5,14
Ain Defla	7 421	421	1 828	101	37	231	6	119	675	10 839	0,69
Naama	3 827	605	1 038	37	34	45	3	39	89	5 717	0,37
Ain Temouchent	16 604	411	3 579	87	121	292	1	133	161	21 389	1,37
Ghardaia	10 263	996	4 068	154	238	51	16	189	289	16 264	1,04
Relizane	14 168	845	3 326	86	123	422	9	246	603	19 828	1,27
<b>TOTAL</b>	<b>1127772</b>	<b>65062</b>	<b>252822</b>	<b>12766</b>	<b>16238</b>	<b>16507</b>	<b>1852</b>	<b>18413</b>	<b>51916</b>	<b>1564348</b>	<b>100</b>

## Reference Bibliographique

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Route> ,consulté le 01/06/2019
- [2] Sammoud Bassem, "Contribution à la modélisation et à la commande des feux de signalisation par réseaux de Petri hybrides", Thèse de doctorat, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tunis, 2015.
- [3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour#Carrefour\\_en\\_T](https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour#Carrefour_en_T) , consulté le 01/06/2019
- [4] <https://www.ornikar.com/code/cours/circulation/intersections> , consulté le 03/06/2019
- [5] <https://openclassrooms.com/fr/courses/3735396-code-de-la-route-1-la-circulation-routiere-l/3757076-cas-pratiques> , consulté le 10/06/2019
- [6] <https://www.google.fr/maps/place/Guelma>, consulté le 12/06/2019
- [7] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour\\_a\\_feux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour_a_feux), consulté le 12/06/2019
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic\\_light](https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_light) , consulté le 13/06/2019
- [9] <https://www.ornikar.com/code/cours/signalisation/autres-formes/temporaire> , consulté le 14/06/2019
- [10] <https://openclassrooms.com/fr/courses/3769076-code-de-la-route-3-la-route-r/3769106-les-tunnels>, consulté le 15/06/2019
- [11] <http://www.leparisien.fr/faits-divers/loir-et-cher-un-train-percute-une-voiture-bloquee-au-passage-a-niveau-18-12-2017-7459482.php> , consulté le 15/06/2019
- [12] <https://archives.rsln.fr/fil/smart-city-feux-de-signalisation-intelligent/> , consulté le 15/06/2019
- [13] <https://french.alibaba.com/product-detail/pc-housing-led-pedestrian-traffic-light-with-countdown-timer-pedestrian-crossing-lantern-60247075311.html>, consulté le 15/06/2019
- [14] <http://feu.routier.free.fr/fareco-vision2.html> , consulté le 15/06/2019
- [15] <https://www.istockphoto.com/fr/photo/feu-de-signalisation-avec-num> , consulté le 15/06/2019
- [16] Certu , 2013 , Les carrefours à feux.
- [17] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Embouteillage\\_\(route\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Embouteillage_(route)), consulté le 16/06/2019
- [18] <http://www.aps.dz/societe/83750-693-morts-et-17948-blesses-dans-15211-accidents-de-la-route-en-2018> , consulté le 17/06/2019
- [19] <https://www.technologuepro.com/microprocesseur/introduction-systemes-base-microprocesseur.htm> , consulté le 18/06/2019
- [20] <https://www.technologuepro.com/microprocesseur/interruptions-microprocesseur.htm> , consulté le 18/06/2019
- [21] <https://www.technologuepro.com/microprocesseur/microprocesseur-8086-8088.htm> , consulté le 19/06/2019
- [22] J.M. Bernard et J. Hugon, "De la logique câblée aux microprocesseurs", Eyrolles, Paris, 1978.

[23] <https://www.technologuepro.com/microprocesseur/interruptions-microprocesseur.htm> ,  
consulté le 20/06/2019

[24] <https://www.technologuepro.com/microprocesseur/interface-parallele-8255A.htm> , consulté le  
20/06/2019

[25] ONS, 2015, Parc national automobile premier semestre 2015

[26] ONS, 2016, Parc national automobile au 31/12/2016

[27] ONS, 2017, Parc national automobile au 31/12/2017