

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



Université Dr. Tahar Moulay de Saïda  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique



# Mémoire de fin d'Etude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en ELECTRONIQUE

Spécialité : Instrumentation

Thème

GESTION AUTOMATIQUE D'UN FEU DE SIGNALISATION  
DE TRAFIC URBAIN  
PAR UN API SIEMENS S7-300

Présenté par :  
HORCH Meriem

Encadré par :  
Pr. DJELLOULI Bouaza

Examiné par :

Mr. AMARA Mohamed  
Mr. AARBOUCH Omar

Promotion 2019-2020

# Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon cher père. Ô Allah bénissez-le avec miséricorde et pardon et accordez-lui Jannah "Amine".

Je le dédie aussi à ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux consièls. Qu'Allah la protège.

A mes sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A mes neveux « Imad Eddine, Youness, Alaa et Maria ».

A mon fiancé « Mohamed » et sa famille.

Meriem HORCH

## إهداء

أهدي هذا العمل إلى روح والدي الطاهرة، أسأل الله أن يتغمده برحمته ومغفرته ويسكنه فسيح جنانه " أمين".

أهدي هذا العمل أيضا إلى والدتي التي كان لها النصيب الأكبر من التضحيات من أجل تربيتنا وتعليمنا، أسأل الله أن يحفظها.

إلى جميع أخواتي اللواتي لا يزلن لي المثل الأعلى في الأخلاق الفاضلة والتربية الحسنة.

إلى أبناء أخواتي « عماد الدين، يونس، ألاء وماريا ».

إلى خطيبي « محمد » وعائلته.

مريم حرش

# Remerciements

Nous remercions, Dieu, le tout-puissant pour nous avoir donné la foi qui nous a guidé jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce projet.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus distingués :

À notre promoteur « Mr CHAMI Nadir », et à mon encadreur « Mr DJELLOULI Bouaza ». De m'avoir fait l'honneur d'assurer l'encadrement de mon travail, je vous suis très reconnaissant d'avoir veillé à son élaboration en ne ménageant aucunement votre temps et vos conseils.

Je tiens à remercier vivement messieurs les membres du jury d'avoir consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit, et d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.

Ainsi nous n'oublions pas à remercier tous les personnes administratives de l'université de Saida pour leurs services pendant l'année d'études.

Je voudrais remercier nos chers parents et Famille qui soutenus dans mes études.

Finalement, je réserve un remerciement particulier à toutes les personnes qui ont contribué, d'une façon directe ou indirecte, continue ou ponctuelle, à l'achèvement de ce travail.

Meriem HORCH

# Résumé

La technique a toujours été au service de l'être humain. La gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines qui sont gérés par des solutions différentes, les caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, et maintenance : organisationnelle, administrative et matérielle....

Les feux de carrefours ont été inventés pour rendre la vie des gens dans les villes plus faciles, mais l'installation, la mise au point et la maintenance des feux de carrefours sont très délicates. L'idée de notre projet est venue en tant que solution à ce problème en améliorant l'installation et la mise au point des feux de carrefours par un automate programmable industriel.

Vous trouverez également une description détaillée sur les automates programmables industriels et plus précisément le S7-300 de la firme SIEMENS, ainsi sur le logiciel STEP7 en mettant en avant les étapes pour la création d'un projet d'automatisation.

Mots-clés : trafic routier, feu de trafic, Automate programmable industriel, automatisation, Step7 300, system HMI, simatic manager.

# Abstract

Technology has always been at the service of human beings. Traffic management is generally divided into several areas, which are managed, by different solutions, traffic characteristics, transport planning, infrastructure design, control, and maintenance: organizational, administrative and material....

Crossroad lights were invented to make life easier for people in cities, but the installation, development and maintenance of crossroad lights are very delicate. The idea for our project came as a solution to this problem by improving the installation and development of intersection lights by an industrial programmable controller.

You will also find a detailed description on the industrial programmable controllers and more specifically the S7-300 of the SIEMENS firm, as well as on the STEP7 software by highlighting the steps for the creation of an automation project.

Keywords: road traffic, traffic light, programmable logic controller, automation, Step7 300, HMI system, simatic manager.

## ملخص

كانت التكنولوجيا دائماً في خدمة البشر. تنقسم إدارة حركة المرور بشكل عام إلى العديد من المجالات التي تتم إدارتها من خلال حلول مختلفة، وخصائص المرور، وتخطيط النقل، وتصميم البنية التحتية، والتحكم والصيانة: التنظيمية والإدارية والمادية.... تم ابتكار أضواء مفترق الطرق لجعل الحياة أسهل للناس في المدن، ولكن تركيب وتطوير وصيانة مصابيح مفترق الطرق حساسة للغاية. جاءت فكرة مشروعنا كما يلي: حل هذه المشكلة عن طريق تحسين تركيب وتطوير أضواء التقاطع بواسطة وحدة تحكم قابلة للبرمجة الصناعية.

ستجد أيضاً وصفاً تفصيلياً عن وحدات التحكم القابلة للبرمجة الصناعية وبشكل أكثر تحديداً س7-300 لشركة سيامنس بالإضافة إلى برنامج ستيب 7 من خلال تسليط الضوء على خطوات إنشاء مشروع أتمتة.

**الكلمات الرئيسية:** حركة المرور على الطرق، إشارة المرور، تحكم المنطق القابل للبرمجة، الأتمتة، س7-300، نظام HMI سيماتيک ماناچر.

# Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Introduction générale   | 1  |
| Chapitre 1 La gestion du trafic routier                       | 3  |
| 1.1 Bref aperçu historique.....                               | 3  |
| 1.2 La problématique du trafic routier.....                   | 4  |
| 1.2.1 La congetion routière.....                              | 4  |
| 1.2.2 Conséquence de la congetion du trafic routier.....      | 6  |
| 1.2.2.1 Conséquences économiques.....                         | 6  |
| 1.2.2.2 Conséquences sociétales.....                          | 6  |
| 1.2.2.3 Consqéquences environnementales.....                  | 6  |
| 1.3 Pourquoi y a-t-il des bouchons sur les routes ?.....      | 7  |
| 1.4 Plans de gestion du trafic.....                           | 7  |
| 1.4.1 Définition d'un PGT.....                                | 7  |
| 1.4.2 Principe d'un PGT.....                                  | 8  |
| 1.4.3 Contexte et applications.....                           | 8  |
| 1.4.3.1 Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic..... | 8  |
| 1.4.3.2 Les intersections.....                                | 8  |
| 1.4.3.3 Les voies spéciales.....                              | 8  |
| 1.4.3.4 Le stationnement.....                                 | 9  |
| 1.4.3.5 Les ronds-points.....                                 | 9  |
| 1.4.3.6 La sécurité.....                                      | 10 |
| 1.5 Règles de conception d'un carrefour.....                  | 10 |
| 1.5.1 Fonctionnement à deux phases.....                       | 10 |
| 1.5.2 Types de carrefours.....                                | 11 |

|  |        |
|--|--------|
| 1.5.3 Gestion d'un Carrefour à feux.....                         | 12     |
| 1.5.4 Carrefour à feux intelligent.....                          | 13     |
| 1.5.5 Caractéristiques du carrefour à feux.....                  | 13     |
| 1.5.6 Domaines d'emploi.....                                     | 14     |
| 1.5.7 La réglementation routière.....                            | 14     |
| 1.5.8 La simplicité du carrefour.....                            | 14     |
| 1.6 Description du matériel.....                                 | 15     |
| 1.6.1 Signaux lumineux d'intersection.....                       | 15     |
| 1.6.2 Les nouvelles problématiques.....                          | 18     |
| 1.7 Conclusion.....  | 19     |
| <br>Chapitre 2 Automate programmable industriel Siemens          | <br>20 |
| 2.1 La structure d'un système automatisé.....                    | 20     |
| 2.1.1 Partie opérative.....                                      | 21     |
| 2.1.1.1 Les actionneurs.....                                     | 21     |
| 2.1.1.2 Les capteurs.....  | 22     |
| 2.1.2 Partie commande.....                                       | 23     |
| 2.1.3 Poste de contrôle.....                                     | 23     |
| 2.2 Définition d'un automate programmable industriel (API) ..... | 23     |
| 2.3 Architecture des automates programmables industriels.....    | 24     |
| 2.3.1 Aspect extérieur.....                                      | 24     |
| 2.3.2 Structure interne.....                                     | 25     |
| 2.4 Fonctionnement d'un automate programmable industriel.....    | 26     |
| 2.5 Critères de choix d'un API.....                              | 27     |
| 2.6 Les avantages et inconvénients des API.....                  | 27     |
| 2.6.1 Les avantage des API.....                                  | 27     |
| 2.6.2 Les inconvénients des API.....                             | 28     |
| 2.7 Les automates programmables industriels (A.P.I) SIEMENS..... | 28     |

|   |    |
|---|----|
| 2.8 Présentation des spécificités de L'A.P.I S7-300.....                          | 28 |
| 2.8.1 Gamme de modules.....   | 28 |
| 2.8.2 Les caractéristiques du S7-300.....   | 30 |
| 2.9 Programmation via STEP 7.....   | 31 |
| 2.9.1 Définition du logiciel STEP7.....   | 31 |
| 2.9.2 Création du projet SIMATIC STEP7.....                                       | 31 |
| 2.9.3 Configuration matérielle HW config.....                                     | 31 |
| 2.9.4 Définition des mnémoniques.....   | 31 |
| 2.9.5 Création du programme utilisateur.....                                      | 32 |
| 2.9.6 Programmation à schéma logique (LOG) .....                                  | 33 |
| 2.9.7 Programmation à schéma contact (CONT) .....                                 | 33 |
| 2.10 les progiciels de conception des interfaces homme/machine (HMI) Siemens..... | 34 |
| 2.11 WINCC (windows control center) .....   | 34 |
| 2.12 Conclusion.....  | 35 |
|   | 36 |
| <b>Chapitre 3 Automate programmable industriel Siemens</b>                        |    |
| 3.1 Le logiciel SIMATIC STEP7.....  | 36 |
| 3.2 Modélisation par GRAFCET.....   | 36 |
| 3.3 Installation du step 7.....   | 37 |
| 3.4 Démarrage du logiciel STEP7.....  | 37 |
| 3.5 Création d'un projet STEP7.....   | 38 |
| 3.6 Configuration matériel.....   | 39 |
| 3.7 Table des Mnémoniques.....  | 40 |
| 3.8 Blocs du programme utilisateur.....   | 41 |
| 3.9 Structure du programme.....   | 41 |
| 3.10 Les langages de programmation sur STEP7.....                                 | 41 |
| 3.11 Description du cahier de chagre.....   | 42 |
| 3.11.1 Analyse du fonctinnement.....  | 43 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 3.11.2 Implémentation du grafcet..... | 44 |
| 3.12 Conclusion.....                  | 49 |
| Conclusion générale                   | 52 |
| Référence bibliographique             | 53 |
| Anexe                                 | 55 |

# Liste des figures

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Figure (1-1)  | Ancienne photo des feux de carrefour.....  | 4  |
| Figure (1-2)  | Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon Isur les tronçons II et III) ..... | 5  |
| Figure (1-3)  | Carrefour en croix fonctionnant à deux phases.....   | 11 |
| Figure (1-4)  | Types de carrefour.....  | 11 |
| Figure (1-5)  | Problème de la circulation au niveau du carrefour.....   | 12 |
| Figure (1-6)  | Les fonctions d'un carrefour intelligent.....  | 13 |
| Figure (1-7)  | signal tricolore circulaire.....   | 15 |
| Figure (1-8)  | signal piéton.....   | 15 |
| Figure (1-9)  | Signaux tricolores modaux.....   | 16 |
| Figure (1-10) | Signaux tricolores directionnels.....  | 16 |
| Figure (1-11) | Signaux d'anticipation modaux.....   | 16 |
| Figure (1-12) | signaux d'anticipation directionnels.....  | 17 |
| Figure (1-13) | signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun.....                                   | 17 |
| Figure (1-14) | signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun..                       | 17 |
| Figure (1-15) | Signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles.....                                   | 18 |
| Figure (2-1)  | structure d'un système automatisé.....   | 21 |
| Figure (2-2)  | Les types des automates.....   | 25 |
| Figure (2-3)  | Structure interne d'un API.....  | 25 |
| Figure (2-4)  | Schéma récapitulatif du fonctionnement d'un API.....   | 26 |
| Figure (2-5)  | L'automate programmable S7-300.....  | 28 |
| Figure (2-6)  | Constitution d'un API S7-300.....  | 29 |
| Figure (2-7)  | Présentation d'un schéma logique (LOG).....  | 33 |
| Figure (2-8)  | Présentation d'un schéma CONT.....   | 34 |
| Figure (2-9)  | L'interface homme/machine un processus automatisé.....   | 34 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Figure (2-10) | conception d'une interface winCCflexible.....  | 35 |
| Figure (3-1)  | Eléments d'un GRAPHCET.....                    | 37 |
| Figure (3-2)  | Assistant de STEP7.....                        | 37 |
| Figure (3-3)  | Choix de la CPU et du bloc d'organisation..... | 38 |
| Figure (3-4)  | Nom et création du projet.....                 | 38 |
| Figure (3-5)  | Fenêtre SIMATIC MANAGER d'un projet.....       | 39 |
| Figure (3-6)  | Station SIMATIC S7-300.....                    | 39 |
| Figure (3-7)  | Configuration du matériel.....                 | 40 |
| Figure (3-8)  | Image de l'éditeur mnémorique.....             | 41 |
| Figure (3-9)  | L'éditeur de programme LOG.....                | 42 |
| Figure (3-10) | Schéma de l'installation.....                  | 43 |
| Figure (3-11) | Le chronogramme de fonctionnement.....         | 44 |
| Figure (3-12) | Table des mnémoniques.....                     | 45 |
| Figure (3-13) | Le grafcet de commande de l'installation.....  | 46 |

# Liste des abréviations

|        |  |
|--------|--|
| STI    | systèmes de transport intelligents   |
| PGT    | Plans de gestion du trafic   |
| CIGT   | centres d'ingénierie et de gestion du trafic                                       |
| GPS    | Global Positioning System  |
| PMV    | panneaux à messages variables  |
| TC     | transports collectifs  |
| PL     | poids lourds   |
| R11    | signal tricolore circulaire  |
| R12    | signal piéton  |
| R13    | signaux tricolores modaux  |
| R13c   | signaux tricolores modaux en forme de cycle  |
| R13b   | signaux tricolores modaux en forme de bus  |
| R14    | signaux tricolores directionnels   |
| R14 tg | signaux tricolores directionnels (tourne à gauche)                                 |
| R14dtg | signaux tricolores directionnels (direct tourne à gauche)                          |
| R14d   | signaux tricolores directionnels (direct)  |
| R14dtd | signaux tricolores directionnels (direct tourne à droite)                          |
| R14td  | signaux tricolores directionnels (tourne à droite)                                 |
| R15    | signaux d'anticipation modaux  |
| R16    | signaux d'anticipation directionnels   |
| R17    | signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun                |
| R18    | signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun |
| R19    | signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles                |

|          |  |
|----------|--|
| PC       | Poste de Controle  |
| API      | Automates Programmables Industriels                      |
| TOR      | tous ou rien   |
| IHM      | interface homme-machine                                  |
| E/S      | entrées/sorties  |
| MPI      | Interface multipoint                                     |
| ROM      | Read-Only Memory   |
| PROM     | Programmable Read-Only Memory                            |
| EEPROM   | Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory      |
| RAM      | Random Access Memory                                     |
| PCMCIA   | Personal Computer Memory Card International Association  |
| Grafcet  | Graphe fonctionnel de commande des étapes et transitions |
| Ect      | Et cetera  |
| PROFIBUS | Process Field Bus  |
| CPU      | Central Processing Unit                                  |
| PS       | Un module d'alimentation                                 |
| FM       | Un module de fréquence                                   |
| SM       | Un module de signaux                                     |
| LED      | Diode électrominescente                                  |
| HW conig | Hardware Configuration                                   |
| OB       | Bloc d'organisation                                      |
| FC       | Fonction   |
| SFC      | fonctions système  |
| SFB      | Blocs fonctionnels système                               |
| DB       | Blocs de données   |
| LOG      | Programmation à schéma logique                           |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| CONT  | Programmation à schéma contact     |
| WINCC | windows control center             |
| SAP   | systèmes automatisés de production |

---

# Introduction générale

Avec la croissance des villes modernes et l'utilisation grandissante de l'automobile comme moyen de transport principal, il est devenu nécessaire de trouver des moyens efficaces pour contrôler le flux de véhicules. Il y a des avantages substantiels à tirer de l'amélioration du trafic routier en ce qui concerne la réduction du temps imposé aux utilisateurs des routes par la congestion du trafic, ainsi récupérer une partie de leur journée améliorerait la qualité de vie et moins de congestion engendreraient moins d'accidents, sauvant des vies.

Les déplacements pour se rendre au travail et en revenir impactent sur le temps passé au travail. En fait, la plupart des gens sont essentiellement contraint d'exécuter uniquement la tâche de conduire pendant leur trajet. Les marchandises doivent être transportées et les prestataires de services doivent se rendre chez leurs clients. De toute évidence, les retards dus à la circulation nuisent à la productivité et l'efficacité économique. Il y a aussi le problème de la pollution car les voitures sont généralement moins efficaces lors des arrêts et des démarrages dans un trafic congestionné. Des trajets plus longs signifient également des durées de fonctionnement plus longues et entraînent plus de gaz à effet de serre.

En optimisant les techniques de contrôle des feux de signalisation, on peut améliorer le trafic et réduire les problèmes de circulation pour un coût considérablement inférieur au développement de nouvelles infrastructures telles que l'augmentation de la capacité et du nombre de routes ou l'ajout de transports en commun. Actuellement, des efforts sont faits pour créer des techniques de contrôle raisonnables, mais la plupart reposent sur un réglage manuel. Le résultat est que les conducteurs remarquent des politiques clairement sous-optimales. Alors en appliquant des techniques d'apprentissage automatique, nous espérons dériver des politiques qui sont, au moins, localement optimal et sont, dans le cas général, meilleurs que le réglage manuel. Ces politiques améliorent nettement l'efficacité des systèmes de circulation tout en maintenant l'équité. Puisque les ingénieurs n'interviennent plus manuellement sur les politiques de gestion

Aujourd'hui, Les installations industrielles modernes sont presque totalement inimaginables sans l'existence d'un système de contrôle automatique, l'utilisation d'ordinateurs et d'appareils électriques, de capteurs et systèmes permettant une surveillance et un contrôle en temps réel. La partie la plus importante de l'usine moderne est le système de contrôle automatique, et la partie principale du système mentionné ci-dessus est le PLC (Programmable Logic Controller), qui représente également le centre du système. Le PLC est aujourd'hui le dispositif d'automatisation le plus utilisé dans diverses installations industrielles. Les principales raisons en sont : la fiabilité et la vitesse dans des conditions de fonctionnement difficiles, connexions simples pour les signaux d'entrée et de sortie, modularité pour différentes tâches, et programmation simple et facile à comprendre

Afin d'automatiser les processus généraux, c'est-à-dire collecter des données à partir de capteurs et instruments situés dans des stations éloignées, ainsi que leur transmission et leur affichage dans la centrale de surveillance et de contrôle. Les systèmes SCADA (Système de contrôle et d'acquisition de données) sont utilisés plus communément dans un système central qui surveille et contrôle l'ensemble du processus technologique à une certaine distance. SCADA effectue la visualisation des données et les présente sous une

---

forme adaptée au fonctionnement de l'opérateur. Si nécessaire, il renvoie les signaux de contrôle à l'automate qui les exécute.

Le système SCADA est particulièrement adapté aux processus qui fonctionnent 24h / 24 et nécessitent une surveillance et un contrôle continu, comme une réglementation du trafic ou des feux de circulation. Les feux de circulation sont le moyen le plus approprié de contrôler le trafic à l'intersection. Mais nous constatons qu'ils ne sont pas en mesure de contrôler efficacement le trafic lorsqu'un certain côté de la route a un trafic plus élevé que l'autre côté de la route. Étant donné que la mise en œuvre du système de contrôle n'existe pas de feux de circulation intelligents, à l'exception des boutons de réglage pour les piétons. Tout le trafic les lumières sont en avance sur l'heure réglée ou programmées pour la quantité habituelle de trafic le carrefour où sont installés les feux de circulation.

La motivation de notre travail repose sur une solution pour une régulation plus optimale du trafic par l'utilisation de l'automate programmable Simatic S7-300 disponible dans le laboratoire d'automatisme de l'université de Saida. Le modèle de l'intersection étudié concerne la régulation du trafic routier sur une voie à utilisation alterné par les automobilistes. Pour la réalisation pratique des travaux, sont utilisés : PLC Siemens, SIMATIC S7-300 avec CPU 314C-2 et SCADA système a été mis en œuvre pour le contrôle et la surveillance de l'ensemble du système.

Le mémoire présenté est subdivisé en trois chapitres.

Le premier chapitre détaille l'historique les différentes techniques utilisées à ce jour dans la gestion du trafic routier.

Le deuxième chapitre présent l'automate programmable S7-300 de Siemens, son principe de fonctionnement, sa structure et un résumé du langage de programmation.

Le troisième chapitre s'intéresse à la mise en œuvre du programme de commande des feux de circulation d'une voie à utilisation alterné. Les programmes de commande reposent sur l'utilisation de séquence de commande en langage S7-graph et un programme de commande basé sur FBD (Function Bloc diagram).

Le mémoire se termine par une conclusion qui commente le travail réalisé et les possibilités d'optimisation de ce travail dans le futur.

# Chapitre 1 La gestion du trafic routier

L'intégration des techniques novateurs aux systèmes de transport intelligents (STI) nous permettra d'atteindre notre objectif de construction d'un système de transport sécuritaire, efficace et intégré, qui favorisera la croissance économique et le dynamisme des collectivités pour nous aider à répondre à nos besoins futurs.

Le carrefour qui est défini comme un croisement de routes est un lieu stratégique et terrain sensible pour les conflits de trafic. Lorsqu'il est équipé de feux tricolores, le carrefour devient aussi un moyen de régulation du trafic.

Une bonne coordination des feux tricolores permet d'améliorer les conditions d'écoulement du trafic urbain, en augmentant la vitesse de déplacement et en diminuant la durée des arrêts [1].

En d'autres termes, la gestion du trafic urbain est un problème complexe qui accroît de jour en jour, et malgré la croissance et la construction des voies elles ne sont pas suffisantes face aux phénomènes de congestion et de longueurs des files d'attente, ce qui a conduit à une dégradation de la circulation et remet la vie quotidienne pénible pour le transport de personnes et de marchandises [2].

Le présent chapitre est consacré dans un premier temps à la conception des systèmes de gestion des feux de circulation, en abordant des solutions et termes traditionnellement utilisés dans les zones urbaines.

## 1.1 Bref aperçu historique

Les feux de signalisation sont à la circulation routière ce que les robinets sont à la distribution de l'eau : ils contrôlent et régulent les flux. Un feu qui passe au vert, c'est un robinet qui s'ouvre pour laisser passer le flux de véhicules. Le robinet doit s'ouvrir autant que nécessaire, ni plus ni moins, afin de réguler le débit [3].

En 1868, le premier feu de signalisation du monde fut installé sur la place du parlement à Londres, près du palais de Westminster. La circulation était régulée par des bras mécaniques le jour et par une lanterne à gaz émettant une lumière rouge ou verte la nuit. Le feu était contrôlé par un policier qui décidait quand mettre une autre lampe pour changer le signal [3].

Il fallut attendre près de cinquante ans après l'explosion à Londres pour que le premier feu de signalisation électrique soit mis en fonction à Cleveland le 5 août 1914. Il était composé de deux feux, un rouge et un vert, et contrôlé par un agent de la circulation qui changeait les feux depuis une cabine proche et faisait signaler le changement de couleur avec une cloche. Ce système permettait un lien constant avec les pompiers et la police. Il aidait aussi à dégager les carrefours pour les véhicules de secours [3].

Les premiers feux de signalisation tricolores furent installés en 1920 à Détroit et à New York. Les couleurs venaient de la signalisation ferroviaire. À la fin du dix-neuvième siècle, rouge signifiait « stop », vert « avancer prudemment » et blanc « voie dégagée ». Mais il y avait un problème : si le verre rouge était cassé, le feu paraissait blanc. C'est ainsi que sont nés les feux rouges orange vert [3].

L'Europe ensuite adopta le feu tricolore en 1922, d'abord à Paris au croisement de la rue de Rivoli et du boulevard Sébastopol, puis à Hambourg sur la Stephansplatz. La célèbre tour de signalisation à cinq côtés

fabriquée par Siemens en 1924 fut installée sur les pots d'égout plats de Berlin, qui était alors le carrefour le plus fréquenté d'Europe [3].

En 1933 distinguait l'installation du premier feu pour piétons à Copenhague. Le premier feu automatique pour piétons affichant le message « ne pas traverser » fut utilisé pour la première fois le 5 février 1952, à New York [3].

Le même système fut également introduit en Allemagne peu de temps après, mais avec les messages « attendez » et « traversez », que les piétons respectaient rarement. Enfin, le bonhomme vert fut inventé en 1961 en Allemagne de l'est par le psychologue de la circulation routière Karl Peglau. Il fallut attendre 2004 pour qu'une femme apparaisse sur les feux de signalisation pour piétons [3].



Figure (1-1) Ancienne photo des feux de carrefour.

## 1.2 La problématique du trafic routier

### 1.2.1 La congestion routière

Dans le contexte de la mondialisation économique, la nécessité pour le mouvement des biens et des personnes a connu une croissance importante. Cette augmentation de la mobilité est en même temps la principale cause de la congestion routière [4].

La congestion du trafic (Figure 1-2) est l'un des problèmes les plus préoccupants du monde moderne, qui désire satisfaire le besoin de mobilité sans entrave. C'est le prix payé pour les multiples avantages découlant de la concentration de la population et des activités économiques. Étant donné que l'offre de terrains est épuisée et que le développement de l'infrastructure routière est coûteux, il ne serait pas rentable d'investir pour atteindre des capacités à fournir en permanence des régimes de circulation proches du régime libre. Même si pour le moment, en développant les infrastructures, ce régime serait atteint, comme la

demande de circulation dépend du coût global (social) il signifie qu'en même temps les effets de la stimulation de la demande conduiront inévitablement à un nouveau régime de congestion [4].

Le terme « congestion » provoque encore, surtout dans la circulation routière, une série de controverses entre les partenaires qui se rencontrent sur le marché des transports avec des intérêts et des vues souvent divergentes.

Ainsi, le responsable de la stratégie de développement des infrastructures de transport au niveau central, régional ou local, est satisfait si les éléments de l'infrastructure prennent les flux normaux pour lesquels ils ont été conçus. Sinon, cela signifie que l'infrastructure a été surdimensionnée et que les ressources financières consommées ne s'avèrent pas efficaces.

Contrairement à celui-ci, qui trouve la confirmation de ses orientations stratégiques dans la haute demande de l'infrastructure, l'utilisateur de l'infrastructure (le conducteur du véhicule) souhaite n'être pas gêné dans sa circulation par les autres participants au trafic sur la même infrastructure. De son point de vue, la diminution de la vitesse sous la valeur nominale accomplie sur la voie libre est interprétée comme un début de congestion qui s'aggrave lorsque les risques de prolonger la durée du voyage ou les incertitudes concernant la fin du voyage augmentent et l'insécurité du trafic le touche de façon supplémentaire [4].

Depuis 1968, Longley [Longley, 1968] a révélé deux types de congestion [4] :

- § la congestion primaire, estimée par l'apparition de chaînes d'attente aux intersections à ou sans feux ;
- § la congestion secondaire (indirecte), causée par l'altération d'autres intersections suivant la congestion primaire.

D'une manière générale, l'absence de la congestion est interprétée comme le niveau de la demande d'une zone de l'infrastructure routière pour lequel le trafic n'a pas des chaînes d'attente (queues) significatives. In'est pas exclu la présence de files d'attente courtes, formées à l'occasion, mais qui ne persistent pas en temps, ainsi que les pics temporaires du trafic qui ne dépassent pas la capacité du tronçon /intersection.

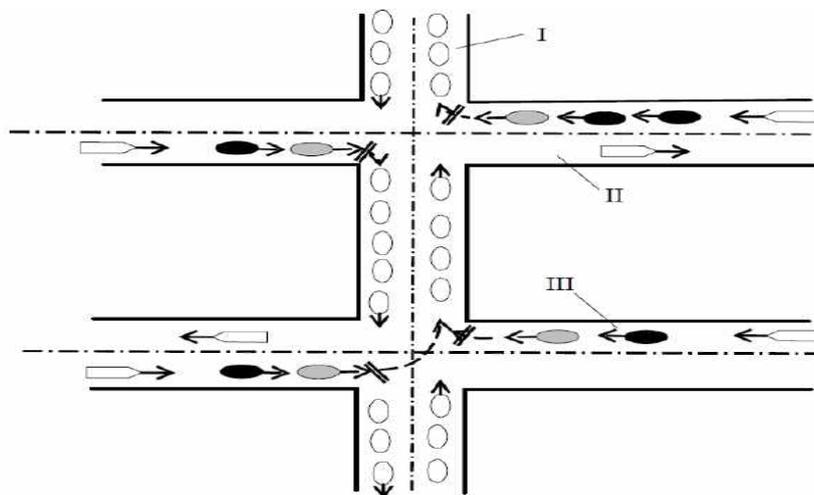


Figure (1-2) Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon I sur les tronçons II et III).

-  Véhicules bloqués à partir de la congestion du tronçon I
-  Véhicules qui, en raison du manque de place dans le tronçon I, ne peuvent pas continuer à aller Sur les trajectoires figurées
-  Véhicules bloqués à cause des véhicules en face qui ne peuvent pas continuer leur déplacement
-  Véhicules en mouvement.

## 1.2.2 Conséquences de la congestion du trafic routier

Elles sont nombreuses et peuvent être classées en trois catégories : économiques, sociétales et environnementales [5].

### 1.2.2.1 Conséquences économiques

D'un point de vue économique, la congestion du trafic routier entraîne [5] :

- § Une perte de compétitivité d'une région, d'un pays ou d'un continent, du fait des congestions qui bloquent les artères de communication routière,
- § Une perte de productivité, non seulement à cause des retards des personnes se rendant sur les lieux de leur travail, mais aussi en raison des livraisons tardives des approvisionnements ou des services rendus avec des retards importants voire annulés.

### 1.2.2.2 Conséquences sociétales

Les usagers de la route se plaignent amèrement des heures qu'ils perdent dans les embouteillages (plus de 1 milliard d'heures par an pour la France) parce qu'elles empiètent sur le temps qu'ils peuvent consacrer à leur travail et à leur famille. La congestion du trafic routier aura deux impacts importants sur [5] :

- § La qualité de vie des usagers, car les conducteurs soumis à des embouteillages fréquents sont sujet à des problèmes de stress, d'anxiété et d'énerverment, entraînant un accroissement du risque d'accident,
- § Le pouvoir d'achat des usagers, car la congestion du trafic à des conséquences directes sur l'augmentation de la consommation énergétique. Dans le contexte actuel d'envolée des prix du pétrole, ceci engendre une nette diminution du pouvoir d'achat des usagers.

### 1.2.2.3 Conséquences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, la congestion du trafic routier a un impact néfaste et négatif à cause de l'augmentation de la pollution qui engendre des coûts économiques et écologiques en croissance exponentielle [5].

### 1.3 Pourquoi y a-t-il des bouchons sur les routes ?

Pour comprendre la congestion du trafic routier, il faut garder présent à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon. Ces véhicules excédentaires seront à chaque instant plus nombreux qu'à l'instant précédent. Comme chaque véhicule occupe une certaine longueur de voie, la longueur de la file d'attente ne fera que croître en proportion du nombre de véhicules présents dans cette file d'attente. On voit de ce qui précède que la congestion est un phénomène évolutif, à la fois dans le temps et dans l'espace. Or, en raison du caractère maillé de l'infrastructure, cet allongement de la file d'attente peut la conduire à atteindre des points de choix d'itinéraire, et ainsi congestionner des parties du réseau où circulent des véhicules qui n'utiliseront pas l'infrastructure à l'origine de la congestion.

La première cause est tout simplement un volume de circulation supérieure à la capacité routière : les voitures sont trop nombreuses et le trafic s'arrête à chaque goulot d'étranglement (rétrécissement de la route, voies qui se rejoignent, croisements de routes). La circulation est à ce titre comparable à l'écoulement d'un liquide dans un tuyau. En outre, le contexte de la mondialisation économique a largement contribué à l'augmentation des besoins en circulation des biens et des personnes. Cet accroissement en mobilité constitue une des causes principales d'apparition de plus en plus fréquente du phénomène de congestion.

La seconde cause est liée aux comportements des conducteurs. Quand les voitures sont proches les unes des autres, il suffit qu'un conducteur freine brutalement pour faire freiner en cascade tous les véhicules qui le suivent et propager ainsi un ralentissement, voire même un arrêt du trafic sur une certaine longueur. Quand le premier conducteur redémarre, de nouvelles voitures sont venues se s'agglutiner et le bouchon se déplace vers l'arrière comme une onde, par un effet de dominos.

En outre, plusieurs événements peuvent provoquer ou aggraver la congestion : accidents, travaux, voitures en panne, stationnements gênants, conditions météorologiques mauvaises, etc [18].

### 1.4 Plans de gestion du trafic

#### 1.4.1 Définition d'un PGT

Un Plan de Gestion du Trafic est élaboré pour :

Faire face à des perturbations de circulation routière nécessitant une action coordonnée des acteurs participant à l'exploitation de la route (autorités, services de coordination et d'information, exploitants, forces de l'ordre) sur un axe ou un réseau déterminé [6].

Objectifs :

- § Contribuer à la sécurité des usagers
- § Limiter les effets de perturbations

### 1.4.2 Principe d'un PGT

Apporter des mesures d'exploitation appropriées à des scénarios de perturbation identifiés [6] :

- § mesures de gestion du trafic : déviation, re-routage, ...
- § mesures d'information : Radio, PMV, ...En effet, deux méthodes de la commande vectorielle peuvent être distinguées.

Organiser la mise en oeuvre des actions coordonnées entre les autorités et les exploitants de la route [7].

### 1.4.3 Contexte et applications

#### 1.4.3.1 Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic

Les réseaux routiers urbains sont gérés par des centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT). Le rôle de tels organismes, généralement attachés à une zone géographique bien particulière, est de coordonner au mieux les différents éléments routiers, et de faire face aux situations de la vie de tous les jours (travaux, accidents, gestion du trafic routier et des pics, etc.) [7].

Les missions des CIGT sont multiples : recueillir les données en provenance directe des routes afin de remplir un rôle de superviseur et d'agir en cas de problème, gérer le trafic en cas d'imprévu, informer les usagers, assurer le suivi des événements et, d'une manière générale, s'assurer du maintien et du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements du réseau. Remarquons que dans les pays anglo-saxons, la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines et est gérée par des organismes tels que l'Institut of transportation Engineers en charge des aspects suivants : caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, est maintenance organisationnelle, administrative, matérielle [7].

#### 1.4.3.2 Les intersections

Le champ d'application des STI en milieu urbain est très large : en premier lieu, ces derniers agissent sur les intersections, en se chargeant d'appliquer une stratégie de changement des feux de circulation. Cette gestion des feux va représenter un aspect essentiel de la fluidité du trafic routier dans une ville, et le problème est abordé par de nombreux auteurs, sous différents angles : théoriques (exemples : logique floue, réseaux de neurones ou encore algorithmes génétiques), pratiques (exemple : mise en contexte avec placement de détecteurs), spécifiques (exemple : étude de cas dans une résidence privée), technique (exemple : étude matérielle), et d'autres aspects qui seront abordés plus en détail dans les parties suivantes [7].

#### 1.4.3.3 Les voies spéciales

Outre les intersections, les travaux insistent également sur la gestion des voies spéciales, où les transports en commun, taxi et pistes cyclables peuvent jouer un rôle important les auteurs discutent des possibilités existant afin de détecter les bus, et de leur céder ou non la priorité en conséquence. Particulièrement, les possibilités suivantes sont listées : détection par l'infrastructure, par un

centre de contrôle via signal GPS, par coopération avec une boîte de contrôle (échange d'un paquet identifiant le véhicule) [7].

#### 1.4.3.4 Le stationnement

La gestion du stationnement est également primordiale et a une incidence directe sur la fluidité du trafic : il paraît logique de dire que l'utilisation de la voiture en milieu urbain repose en partie sur le fait de savoir si oui ou non une place est disponible sur le lieu d'arrivée. Il faut savoir qu'en moyenne en France par exemple, 10% des véhicules en circulation à un instant donné cherchent une place où se garer. Les STI vont aider à prendre des décisions, mais également informer les utilisateurs ou encore contrôler les véhicules [7].

- A) Exemple, des détecteurs peuvent être utilisés afin de détecter la présence d'un véhicule sur une place, et calculer sa durée de stationnement. Ceci a été constaté dans la ville d'Amiens via des stationnements "minute" : une borne est associée à une place, et dès lors qu'un véhicule s'y gare, un compte à rebours se déclenche pour une durée déterminée. Si cette durée est dépassée, les agents de la voie publique sont automatiquement prévenus [7].
- B) Nous pouvons également citer l'utilisation de panneaux à messages variables (PMV) pour les parkings, systèmes très répandus dans les grandes métropoles qui indiquent le nombre de places disponibles (ceci n'utilisant pas nécessairement des détecteurs, mais était généralement calculée en fonction des entrées / sorties dans le parking en lui-même) [7].

#### 1.4.3.5 Les ronds-points

Certains travaux abordent la gestion des ronds-points, en se basant sur les priorités existantes. Dans de nombreux pays, il est, par exemple, commun de donner la priorité aux usagers étant déjà à l'intérieur d'un rond-point [7].

Dans [8], les auteurs utilisent la mécanique des fluides (à base de théorie des flots et des méthodes de gestion du trafic) afin d'étudier ce que pourrait donner une gestion des priorités différente. Ceci, en partant d'un rond-point à trois directions avec une seule voie, pour arriver à un modèle généralisé à N directions de K voie. Les auteurs incorporent également des feux de circulation, afin de mesurer les avantages et inconvénients procurés par l'utilisation de ces derniers (par rapport à leur premier modèle). Ce qui en ressort apparaît comme une évidence : soit deux flots, chacun étant sur une voie respectivement au coeur du rond-point et sur les côtés, la priorité doit être donnée au flot de la plus grande importance afin d'obtenir une gestion optimale du trafic. Les feux quant à eux améliorent grandement la fluidité du trafic, mais uniquement en cas de débit suffisamment élevé.

Dans [9], les auteurs utilisent la théorie des files d'attente autour de quelques modèles afin de calculer le temps moyen d'attente des utilisateurs pour chaque intersection, avant d'entrer dans un rond-point : une file correspond ici à un ensemble de voitures sur une voie. Le calcul est effectué en fonction ou non de la présence d'un feu de circulation à chaque intersection : obtention d'une information à destination d'une éventuelle station de contrôle, de l'utilisateur (PMV), pour le réglage des dits-feux.

Dans [10], les auteurs souhaitent gérer les flux de circulation d'un rond-point à l'aide de feux tricolores installés à des endroits stratégiques : les points où le croisement entre deux ensembles de véhicules est

possible. Afin d'être efficaces, les auteurs proposent de baser le timing des feux en fonction d'une base de données historique, afin d'identifier les heures de pointe, et désactiver toute signalisation le reste du temps.

Enfin, citons [11], où les auteurs proposent d'analyser trois approches afin de fluidifier le trafic dans les ronds-points : avec des signaux de ralentissement à l'arrivée, avec des feux de circulation à l'arrivée, et avec des feux de circulation à la fois à l'arrivée mais également à l'intérieur des ronds-points, lorsqu'un usager prend la voie de gauche. Il apparaît clair que la troisième méthode reste la plus efficace en cas de fort trafic, mais pas nécessairement dans les autres cas.

#### 1.4.3.6 La sécurité

Concernant la sécurité routière, les STI ont une grosse carte à jouer, principalement autour de deux catégories. D'une part, les systèmes hors véhicules tels que les PMV vont permettre d'avertir l'utilisateur en cas de danger : vitesse d'un utilisateur trop élevée, conditions météo inadaptées, et travaux. Le but ici est d'influencer l'utilisateur. D'autre part, les systèmes sur-véhicule sont également nombreux et très développés : détection de piétons ou obstacles, capots intelligents capables de se soulever en cas d'impact avec un piéton, systèmes embarqués (exemple : appel des secours automatiques en cas de choc), régulateur de vitesse, vision nocturne (à l'aide de caméras), etc [7].

### 1.5 Règles de conception d'un carrefour

La conception d'un carrefour est un pas non linéaire qui nécessite bien souvent de nombreux allers et retours entre les esquisses de tracés géométriques et l'évaluation fonctionnelle de ces tracés. On peut citer dans ce travail quelques points de repère ainsi que les outils permettant d'évaluer un avant-projet de carrefour à feux. On y trouvera également les termes utilisés dans ce domaine [3].

#### 1.5.1 Fonctionnement à deux phases

À chaque phase de trafic, un temps pendant lequel aucun véhicule ne passe est immanquablement généré. Il se compose du temps nécessaire au démarrage (environ 1 seconde), du temps de jaune (3 secondes) et du temps de rouge de dégagement de la zone de conflit [3].

Le fonctionnement à deux phases doit être le principe de base car il est plus simple et plus lisible pour l'usager. De plus, les cycles courts permettent d'éviter le stockage d'un nombre important de véhicules tournant à gauche au milieu du carrefour [3].

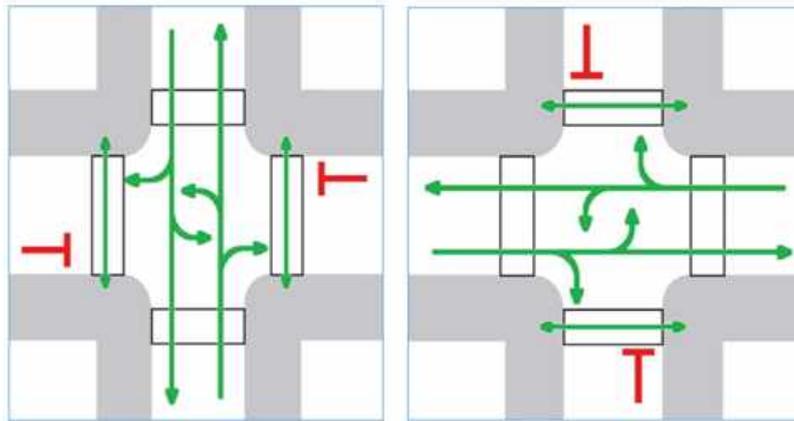


Figure (1-3) Carrefour en croix fonctionnant à deux phases.

### 1.5.2 Types de carrefours

Le classement des carrefours en familles homogènes doit favoriser une collecte par les utilisations les plus nettes possibles, là encore l'image d'un carrefour aménagé doit renvoyer à un mode de fonctionnement facilement et rapidement compréhensible. Dans la pratique, un classement par grandes familles techniques de carrefours aménagés (suivant leur configuration et leur fonctionnement) répond bien à cette nécessité. ILS sont classés en fonction du nombre de branches [3].

- § Carrefour en croix : c'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).
- § Carrefour en Y : c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normal de plus de 20°).
- § Carrefour en T : c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires, le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.
- § Carrefour giratoire:: c'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

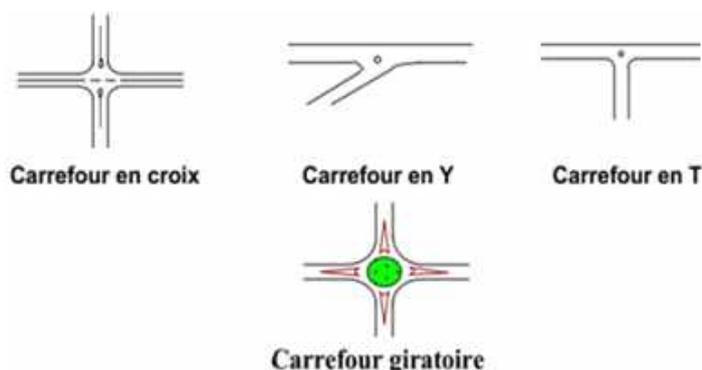


Figure (1-4) Types de carrefour.

### 1.5.3 Gestion d'un Carrefour à feux

Dans la rue, les usagers doivent réussir à cohabiter qu'ils soient piétons, cyclistes, motocyclistes ou automobilistes. La régulation du trafic doit permettre de minimiser les conflits générés par le partage d'un même espace tout en assurant le confort des déplacements et la sécurité des utilisateurs. Les carrefours sont les principaux générateurs de conflits notamment entre les piétons et les autres véhicules (voir Figure 1-5). La gestion du trafic par les feux permet de réduire les problèmes mais présente de nombreuses difficultés à surmonter : phasages des carrefours, optimisation des décalages par synchronisation des carrefours, de la durée des cycles et des verts. Les modèles adoptés doivent également pouvoir sur monter les problèmes de saturation du réseau [1].



Figure (1-5) Problème de la circulation au niveau du carrefour.

Pour une bonne gestion d'un carrefour on doit prendre en considération [1] :

- § Les différents usagers et modes présents : véhicules légers, piétons (adultes, personnes à mobilité réduite, jeunes...), cyclistes, transports collectifs (TC), poids lourds (PL), transports exceptionnels...
- § les flux par mouvements directionnels (tout droit, tourne à droite, tourne à gauche ...) notamment aux heures de pointe ;
- § les vitesses d'approche du carrefour ;
- § l'exploitation du carrefour existant et des carrefours amont et aval ;
- § l'emprise disponible, les possibilités d'extension ;
- § les dysfonctionnements, le comportement des usagers, les pratiques locales des usagers riverains du carrefour, y compris en matière de stationnement (par observations sur le site) ;
- § la nature du tissu urbain environnant ;
- § l'insécurité routière (accidents corporels survenus les cinq dernières années) ;
- § la place et le rôle du carrefour dans la hiérarchie du réseau de voirie afférent...etc.

### 1.5.4 Carrefour à feux intelligent

Le carrefour Intelligent développe des fonctions de gestion des carrefours à feux dans les domaines de la surveillance, de la régulation et du diagnostic (voir Figure 1-6). Il aborde les différents aspects qui sont la fluidité, la sécurité, l'environnement. Il dispose d'un laboratoire connecté à un carrefour instrumenté pour développer, tester et évaluer ses outils en vraie grandeur. Les équipements de détection utilisés peuvent être des capteurs enterrés comme boucles magnétiques (destinées à repérer tout passage d'objets métalliques), des capteurs à infrarouge...etc. et des capteurs aériens comme le radar infrarouge, le radar micro-ondes, la caméra CCTV [1].

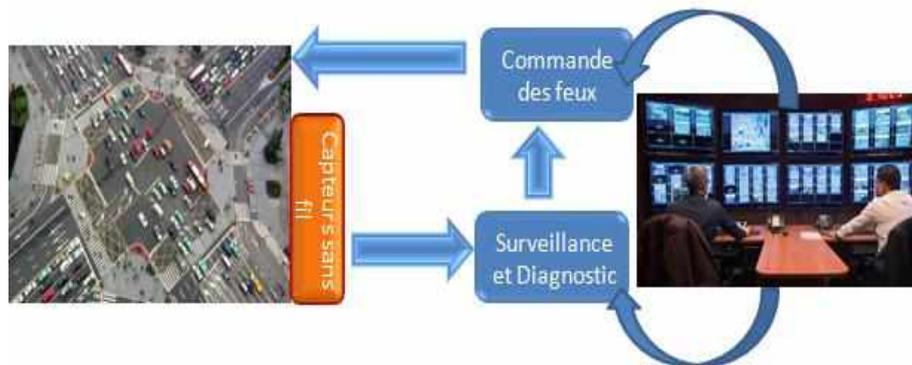


Figure (1-6) Les fonctions d'un carrefour intelligent.

### 1.5.5 Caractéristiques du carrefour à feux

Les carrefours sont les lieux de croisement d'au moins deux routes où un flux de véhicules venant d'une même origine se divise en deux ou plusieurs flux vers plusieurs destinations suivant des coefficients appelés taux des mouvements tournants. Un tel croisement peut revêtir de nombreuses formes. Une route est caractérisée par sa longueur et son nombre de voies ainsi que le sens de la circulation et la vitesse maximale autorisée sur les voies [3].

Le caractère conventionnel de la signalisation lumineuse concerne les couleurs à utiliser mais également leur ordre de succession d'apparition. En effet, l'allumage des feux est séquentiel, c'est-à-dire astreint à une procédure ordonnée, en l'occurrence la séquence vert-jaune-rouge. Un vocabulaire technique commun, désignant le fonctionnement de la signalisation tricolore, est également utilisé par l'ensemble de la communauté des ingénieurs concernés par le domaine [3] :

- § L'état des feux : le signal lumineux commandant le passage libre (feu vert), toléré (feu orange) ou interdit (feu rouge) du trafic des véhicules ;
- § Une phase : la durée pendant laquelle un feu passe par les trois états, c'est-à-dire effectue une séquence de signal lumineux ;
- § Un cycle : la période pendant laquelle l'ensemble des feux effectuent leur phase permettant successivement l'admission de tous les courants de véhicules dans ce carrefour ;

- § Un plan de feux : la durée et l'ordre de déroulement de l'allumage des trois états, pendant un cycle, de l'ensemble des groupes de feux ; un même carrefour peut suivre alternativement plusieurs plans de feux.

#### 1.5.6 Domaines d'emploi

L'emploi des feux de circulation a pour but d'assurer la sécurité des piétons et des usagers des véhicules et d'améliorer la fluidité de la circulation. On peut citer comme exemples d'emploi [3] :

- § La gestion du trafic aux intersections ;
- § La traversée des piétons ;
- § L'exploitation par sens uniques alternés d'une section où le croisement est impossible ou dangereux (ouvrage d'art étroit, etc.) ;
- § L'affectation de certaines voies d'une chaussée à un sens de circulation en fonction des besoins, ou leur condamnation momentanée ;
- § Le contrôle d'accès à certaines voies rapides ;
- § La gestion d'un point de contrôle des personnes ou des véhicules nécessitant leur arrêt (péage) ;
- § La protection d'obstacles intermittents (passages à niveau, traversées de voies exclusivement réservées aux véhicules des services réguliers de transport en commun, ponts mobiles, passages d'avions, avalanches, etc.).

#### 1.5.7 La réglementation routière

Le fonctionnement d'un carrefour à feux doit respecter la réglementation décrite dans l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (lien). Le maître mot dans le fonctionnement d'un carrefour à feux est la sécurité. Ce critère essentiel se traduit notamment par des temps de feu minimum, en particulier pour permettre aux piétons de traverser sans encombre. Des minima et des maxima sont ainsi définis. Si les minima sont toujours respectés, on observe sur le terrain que les maxima sont parfois transgressés [3].

#### 1.5.8 La simplicité du carrefour

Le fonctionnement du carrefour doit être le plus compréhensible possible, et donc le plus simple afin que les usagers ne se trompent pas dans l'utilisation du carrefour.

Le fonctionnement de tout carrefour à feux implique également un minimum incompressible de temps perdu. Ainsi, le rouge de dégagement qui conserve une période tampon entre deux phases, à la fois pour permettre au carrefour de se vider mais aussi pour conserver des marges de sécurité, ou encore le temps de redémarrage des véhicules au vert font couramment perdre 4 à 8 secondes par cycle.

Il est donc impératif de conserver un nombre de phases le plus réduit possible pour limiter les pertes de temps [3].

## 1.6 Description du matériel

Le carrefour à contrôler possède deux voies (nord-sud, est-ouest) protégées par des feux tricolores et un passage pour piétons. Chacune des voies possède un dispositif de détection de véhicule. Le passage pour piétons comporte un dispositif de demande de passage [2].

La manipulation nécessite un bouton droit et un autre Gauche pour les piétons. Le feu de carrefour est émulé par un applet (Trafic Lights) qui met à disposition une méthode pour modifier l'état des feux et un détecteur inductif pour le comptage des voitures qui passent dans le carrefour plus les deux boutons de demande de passage [2].

L'outil GRAFCET purement séquentiel représente tous les états possibles pour la gestion proposée.

### 1.6.1 Signaux lumineux d'intersection

Les signaux lumineux d'intersection forment une première famille de signaux. Ils comprennent neuf grands types de signaux, R11 à R19 [3].

R11 : signal tricolore circulaire

Il est normalement composé de trois feux circulaires verts, jaune, rouge (R11 v) : voir figure (1-7) Exceptionnellement, et sous réserve d'une étude le justifiant, le vert peut être remplacé par du jaune clignotant (R11 j) [3].

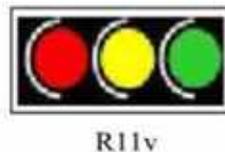


Figure (1-7) signal tricolore circulaire.

R12 : signal piéton

Il est constitué de deux feux vert et rouge, normalement disposés dans cet ordre de droite à gauche ; éventuellement ils peuvent être disposés l'un au-dessus de l'autre, le vert en bas [3].



Figure (1-8) signal piéton.

R13 : signaux tricolores modaux

Ils sont composés de trois feux verts, jaunes, rouges, dans cet ordre de bas en haut, munis chacun d'un même pictogramme.

Le feu vert peut être remplacé par un feu jaune clignotant, les signaux se dénommant alors respectivement : R13 cj et R13 bj [3].

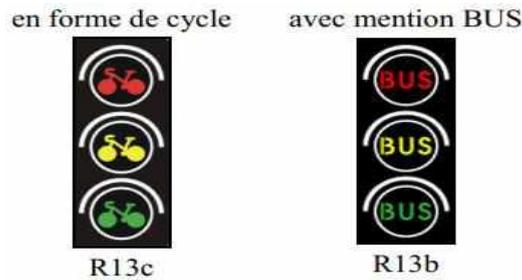


Figure (1-9) Signaux tricolores modaux.

R14 : signaux tricolores directionnels

Ils sont destinés chacun à l'ensemble des véhicules qui ont pour destination la direction indiquée par la flèche, ou l'une des directions indiquées. En aucun cas le feu vert ne peut être remplacé par un feu jaune clignotant [3].

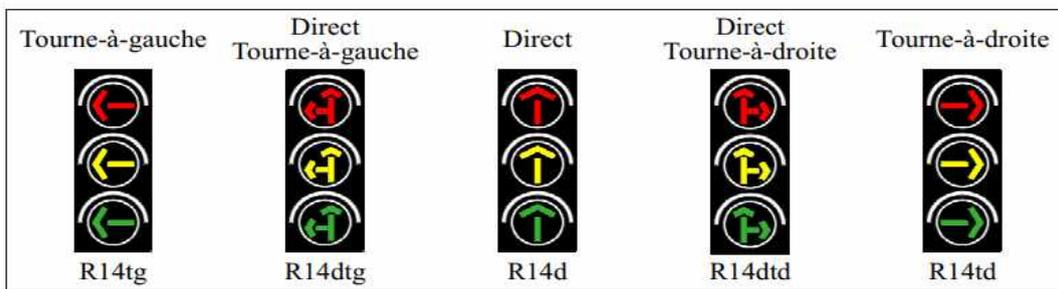


Figure (1-10) Signaux tricolores directionnels.

R15 : signaux d'anticipation modaux

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires du type R11 v (vert sur le feu du bas). Ils sont munis d'un pictogramme [3].

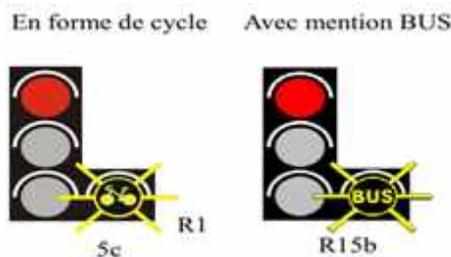


Figure (1-11) Signaux d'anticipation modaux.

R16 : signaux d'anticipation directionnels

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires R11 v (vert sur le feu du bas) [3].

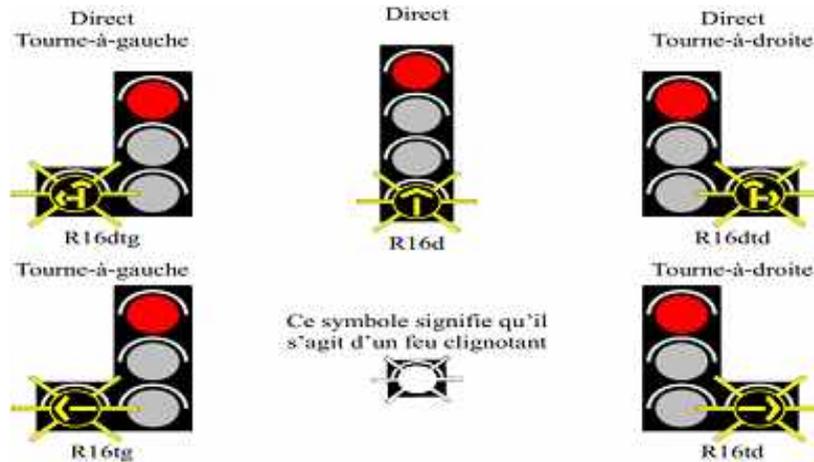


Figure (1-12) signaux d'anticipation directionnels.

R17 : signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun

Il est composé de trois feux blancs présentant. De bas en haut, une barre verticale, un disque et une barre horizontale, sur fond noir circulaire. Le feu central comportant le disque peut être clignotant [3].



Figure (1-13) signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun.

R18 : signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun

Ils sont composés comme le signal R17, à l'exception de la barre du feu inférieur qui est inclinée à gauche ou à droite. Ils s'adressent exclusivement aux véhicules des services réguliers de transport en commun qui ont pour destination la direction indiquée par la barre du feu inférieur [3].

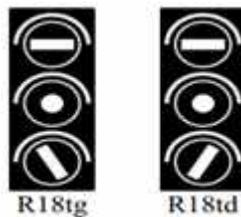


Figure (1-14) signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun.

## R19 : signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant munis de deux pictogrammes et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires dont le feu du bas est vert.

Ils autorisent les cycles à ne pas marquer l'arrêt au feu pour s'engager dans la direction indiquée [3].

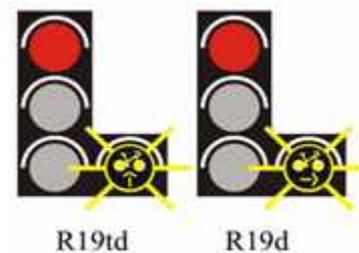


Figure (1-15) Signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles.

### 1.6.2 Les nouvelles problématiques

L'application des nouvelles technologies de l'information et de la communication ce type d'équipement représente une réelle opportunité. Les séquences habituellement utilisées ne sont pas toujours en adéquation avec la nature temps-réel du trafic routier [2].

De plus, la présence de plusieurs feux de circulation successive peut rapidement devenir inefficace si l'automobiliste doit s'y arrêter à chaque fois. Comme le montre, la gestion intelligente des feux de circulation est au coeur de nombreuses problématiques STI et est capable de fluidifier le trafic routier, en plus de servir indirectement l'environnement [2].

Qu'il s'agisse de routes, d'intersections, de feux de circulation ou de simples places de stationnement, l'infrastructure routière urbaine est aujourd'hui devenu comparable à un véritable réseau de communication. L'utilisation de systèmes de transports intelligents pour gérer cette infrastructure rend ce parallèle d'autant plus intéressant.

Ainsi, si rendre l'infrastructure routière intelligente est un objectif développé depuis bien des années, il nous faut aujourd'hui intégrer les problématiques propres aux liaisons entre les différents équipements.

Actuellement, en France, les réseaux routiers urbains sont en majorité gérés par des centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT). Le rôle de tels organismes, généralement responsables d'une zone géographique bien particulière, est de coordonner au mieux les différents éléments routiers, et de faire face aux situations quotidiennes (travaux, accidents, gestion du trafic routier et des pics d'affluence, etc.).

Ces centres, instaurés à la fin des années 1990 en France, possèdent généralement un poste de contrôle (PC) permettant l'exploitation d'un ensemble de technologies placées sur le terrain. Ces systèmes sont au centre d'une infrastructure urbaine. Citons par exemple le PC Lutèce situé au coeur de Paris, qui est relié à plus de 1 800 feux de circulation. Les missions des CIGT sont multiples : recueillir les données en provenance des véhicules, usagers et routes afin de remplir un rôle de superviseur et d'agir cas de problème, gérer le trafic en cas d'imprévu ou encore informer les usagers.

Remarquons que dans les pays anglo-saxons, la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines qui sont gérés par des organismes tels que l'Institut of Transportation Engainée en charge des aspects suivants :

Caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, son maintenance : organisationnelle, administrative et matérielle.

Le développement des villes intelligentes nous impose toutefois d'acquérir des informations en temps-réel sur l'infrastructure routière.

Nous sommes en droit de nous poser deux questions fondamentales. Tout d'abord, cette volonté de centralisation est-elle un frein pour le développement des transports intelligents ? Ensuite, quels mécanismes pouvons-nous proposer afin de rendre certaines composantes du système autonomes ? [2].

## 1.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines qui sont gérés par des solutions différentes, les caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, et maintenance : organisationnelle, administrative et matérielle....

Par la suite penche sur le problème de régulation dans les carrefours à véhicules autonomes ce qui nous amène à un problème d'optimisation de passage de véhicules.

D'autre part, La problématique posée par le trafic et de plus en plus complexe, ce qui impose d'intervenir en permanence et de trouver toujours des solutions efficaces pour remédier à ce problème.

Cela nous donne d'autres possibilités pour améliorer la situation du trafic de manière beaucoup plus efficace.

# Chapitre 2 Automate Programmable Industriel Siemens

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourrait suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués [12].

Un automate programmable est une machine électrique spécialisée par la commande et la surveillance en temps réel de processus industriels. Elle exécute une suite d'instructions introduite dans ses mémoires sous forme de programme, soit par une console de programmation ou un micro-ordinateur. Actuellement, dans le marché mondial il existe plusieurs types d'automates programmables, qui se différencient par des caractéristiques techniques. Parmi lesquels on cite : Schneider, Omron, PCD1, SIEMENS, Télémécanique....etc [13].

Et comme notre travail s'effectue sur un automate programmable du type SIEMENS, donc une description lui sera consacrée dans ce chapitre.

## 2.1 La structure d'un système automatisé

Un système automatisé est un moyen d'assurer l'objectif primordial d'une entreprise, la compétitivité de ses produits. Il permet d'ajouter une valeur aux produits entrants [2]-[14].

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en matière d'objectifs par :

- § Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système.
- § Améliorer la flexibilité de production.
- § Améliorer la qualité du produit
- § Adaptation à des contextes particuliers tels que les environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereux... nucléaire...) adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées ....)
- § Augmenter la sécurité, etc.

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

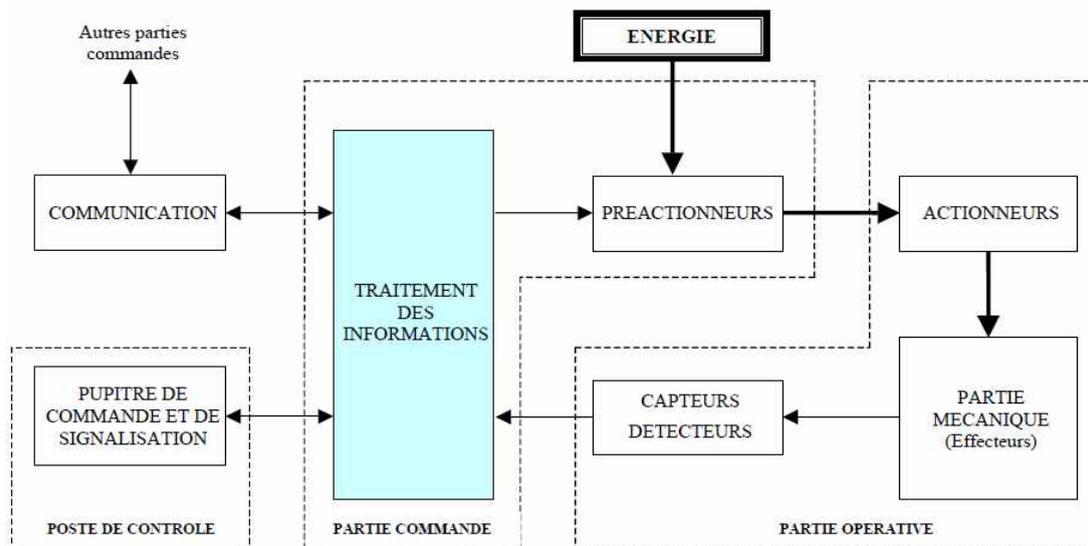


Figure (2-1) structure d'un système automatisé.

### 2.1.1 Partie opérative

Également appelée \*partie puissance\*, la partie opérative comporte les actionneurs et les éléments fonctionnels (éléments mécaniques, outillages, ...) qui agissent sur le processus automatisé. Elle agit sur la matière d'oeuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

#### 2.1.1.1 Les actionneurs

Est un élément de la partie opérative qui reçoit une énergie\*transportable\* pour la transformer en énergie\*utilisable\* par le système. Il exécute les ordres reçus en agissant sur le système ou son environnement.

Ces actionneurs appartiennent à deux technologies [2] :

##### A. Actionneur électrique

En fonction de la nature de l'énergie issue de la conversion effectuée par l'actionneur, on distingue différents type d'actionneurs électriques, selon la conversion de l'énergie électrique en :

- § Energie mécanique de rotation : Moteur rotatif.
- § Energie mécanique de translation : Moteur linéaire, électro-aimants.
- § Energie radiante : lampes à décharge.
- § Energie thermique : résistances de chauffage, électrodes.

##### B. Actionneur hydraulique

Très souvent retenus dans le cas où les efforts et puissance demandés sont importants, ce type d'actionneurs utilise l'énergie véhiculée par un fluide liquide (huile) mis en mouvement par une pompe et circulant dans des canalisations.

### 2.1.1.2 Les capteurs

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande.

Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique.

Dans les systèmes automatisés séquentiels la partie commandée traite des variables logiques ou numériques. L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 Etats), numérique (valeur discrète), analogique (dans ce cas il faudra adjoindre à la partie commande un module de conversion analogique numérique) [2].

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- § en fonction de la grandeur mesurée ; on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression, etc ;
- § en fonction du caractère de l'information délivrée, on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tous ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs : les capteurs mécaniques, électriques, pneumatiques [2].

#### A. Principales caractéristiques des capteurs

- § L'étendue de la mesure : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- § La stabilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- § La rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- § La précision : c'est la capacité de respectabilité d'une information: position, vitesse,...

#### B. Différents types de capteurs

- § capteur à seuil de pression pneumatique : Ce sont des capteurs fins de course qui se montent directement sur les vérins. Pour pouvoir fonctionner correctement, il est nécessaire de les coupler avec une cellule non inhibition à seuil.

Le principe de fonctionnement de ce capteur est d'utiliser la contre pression (pression résistant au déplacement) qui existe dans la chambre non soumise à la pression du réseau.

Lorsque le piston subit une pression il se déplace. Ce déplacement entraîne une réduction du volume de la chambre qui n'est pas soumise à la pression du réseau. Ceci entraîne une augmentation de la contre pression qui est amplifiée par des régulateurs de débit [2].

- § Capteur capacitif : Les capteurs capacitifs sont des capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants .lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité de couplage du condensateur [2].
- § capteur inductif : les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie [2].
- § Capteur de position : Les capteurs de position sont des capteurs de contact .ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille .l'information donnée par ce type de capteur et de type tout ou rien et être électrique ou pneumatique.
- § capteur optique : un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande.

### 2.1.2 Partie commande

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

Les pré-actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

Ces pré-actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations.

Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs / détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée), elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

### 2.1.3 Poste de contrôle

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM).

## 2.2 Définition d'un automate programmable industriel (API)

Un automate programmable est un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel. Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions utilisées aux fins de la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que : des fonctions logiques, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander, au moyen des entrées/sorties (du type tout/rien ou analogiques), de divers types de machines ou de processus. L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement

s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues [15].

Un API a trois caractéristiques fondamentales :

- § Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses E/S industrielles ;
- § Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères ;
- § Enfin, sa programmation à partir de langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en oeuvre.

## 2.3 Architecture des automates programmables industriels

L'architecture du processeur d'un automate programmable est fondamentalement la même que celle d'un ordinateur à usage général. Néanmoins, il existe certaines caractéristiques importantes qui les distinguent. Tout d'abord, contrairement aux ordinateurs, les automates programmables sont conçus pour résister aux conditions difficiles de l'environnement industriel. Un automate bien conçu peut être placé dans une zone avec d'importantes quantités: de bruit électrique, des interférences électromagnétiques, des vibrations et d'humidité sans condensation. Une deuxième distinction des automates est que leurs matériels et logiciels sont conçus pour une utilisation facile par les électriciens et les techniciens. Les interfaces matérielles pour la connexion d'appareils de terrain font en réalité partie de l'automate lui-même et se connectent facilement. Les circuits d'interface modulaires et autodiagnostic sont en mesure d'identifier les dysfonctionnements et, d'ailleurs, ils sont facilement enlevés et remplacés. En outre, la programmation du logiciel utilise des symboles traditionnels relais d'échelle, ou d'autres langues apprises facilement, qui sont familières au personnel de l'usine. Alors que les ordinateurs sont des machines informatiques complexes capables d'exécuter plusieurs programmes ou tâches simultanément et dans n'importe quel ordre. La norme PLC exécute un programme unique dans un mode séquentiel ordonné de la première à la dernière instruction [15].

### 2.3.1 Aspect extérieur

Les automates peuvent être du type compact ou modulaire Figure (2-2) [16].

#### A. Type compact

On distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Grouzet...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogique...) et recevoir des extensions.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

#### B. Type modulaire

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant " le fond de panier " (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes ou de puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

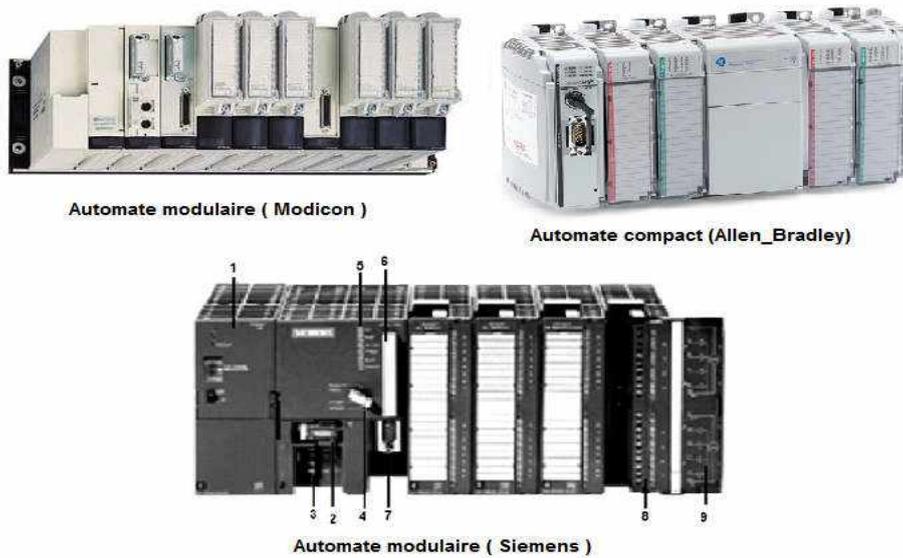


Figure (2-2) Les types des automates.

- 1- Module d'alimentation
- 2- Pile de sauvegarde
- 3- Connexion au 24Vcc
- 4- Commutateur de mode (à clé)
- 5- LED de signalisation d'état et de défauts.
- 6- Carte mémoire
- 7- Interface multipoint (MPI)
- 8- Connecteur frontal
- 9- Volet en face avant

### 2.3.2 Structure interne

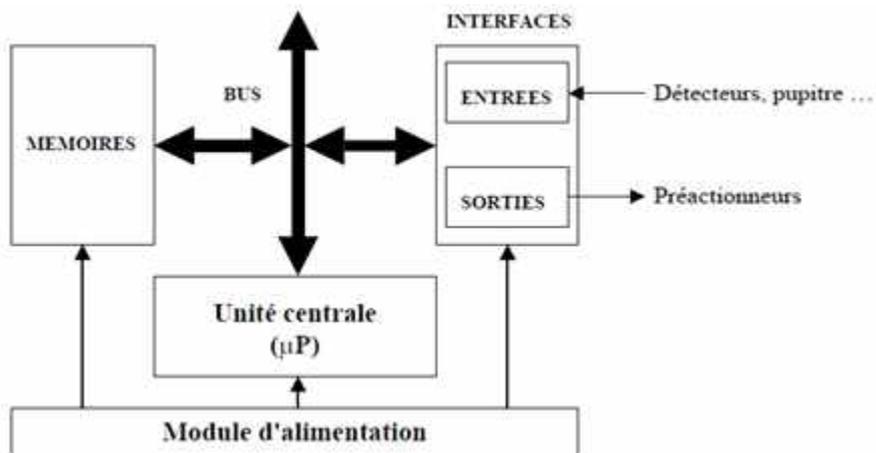


Figure (2-3) Structure interne d'un API.

§ Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

§ Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

- § Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- § Mémoires : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires types PCMCIA.
- § Interfaces d'entrées / sorties :

Interface d'entrée : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre

Interface de sortie : elle permet de commander les divers pré-actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique.

## 2.4 Fonctionnement d'un automate programmable industriel

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire [12] :

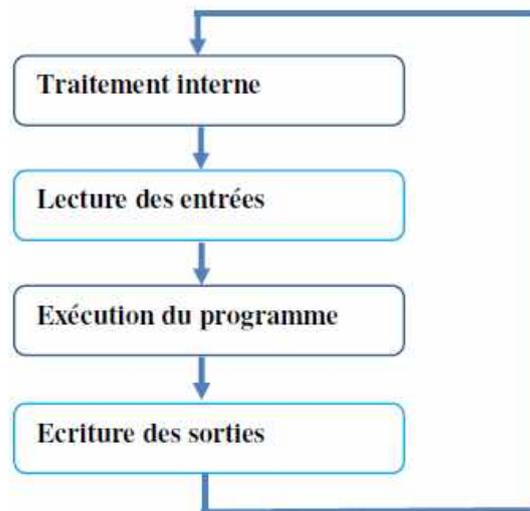


Figure (2-4) Schéma récapitulatif du fonctionnement d'un API.

- § Traitement interne : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur, ...).
- § Lecture des entrées : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.
- § Exécution du programme : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans le mémoire image des sorties.
- § · Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

## 2.5 Critères de choix d'un API

Le choix d'un automate programmable est, en premier lieu, le choix d'une société ou d'un groupe où les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ.

Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une très grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation du type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel) [15].

Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables. Il faut ensuite quantifier les besoins :

- § Nombre d'entrées/sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé ;
- § Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue ;
- § Fonctions ou modules spéciaux ;
- § Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision, ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus).

## 2.6 Les avantages et inconvénients des API

### 2.6.1 Les avantages des API

- § Il facilite la documentation des applications, donc leur maintenance.
- § La possibilité d'agir sur deux paramètres matériels et programme.
- § La facilité de mise en oeuvre par rapport aux autres systèmes d'automatisation qui les précède.
- § Les API permettent d'ajuster la disponibilité du système aux besoins.
- § L'API est favorable aux traitements évalués, calculs numériques, régulation, etc. ...
- § Sa compacité conduit à une économie de place et à une fiabilité accrue.

### 2.6.2 Les inconvénients des API

- § L'API ne supprime pas tout le relayage, il reste le câblage du circuit de puissance.
- § Sa vitesse peut s'avérer insuffisante.
- § Le déroulement cyclique des programmes peut s'avérer un facteur de complexité et limite les possibilités d'organisation des tâches.

## 2.7 Les automates programmables industriels (A.P.I) SIEMENS

SIEMENS est l'une des sociétés très connues dans le domaine de la fabrication des automates programmables, elle a développé plusieurs types des A.P.I, et les plus connus sont la famille S5 (Step 5) et la S7 (Step7). Parmi les S5, il y a S5-90 U, S5-95 U, S5-100 U, S5-115 U, S5-135 U et S5-155 U.

En ce qui concerne les S7, SIEMENS a développé d'autres nouvelles générations : S7-200, S7-300 et S7-400 La figure (2-4) montre un automate programmable de la famille S7 qui est S7-300.



Figure (2-5) L'automate programmable S7-300

## 2.8 Présentation des spécificités de L'A.P.I S7-300

La famille S7-300 est constituée d'automates programmables, de conception modulaire, utilisés pour des automatismes de gamme et peuvent être connectés entre eux au moyen d'un câble-bus PROFIBUS.

Un automate S7-300 consiste en une CPU, un module d'alimentation PS, un module de signaux FM, un module de signaux SM et un processeur de communication.

### 2.8.1 Gamme de modules

Le SIMATIC S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de modules représentés par la figure (1.2) suivantes [13]-[15] :

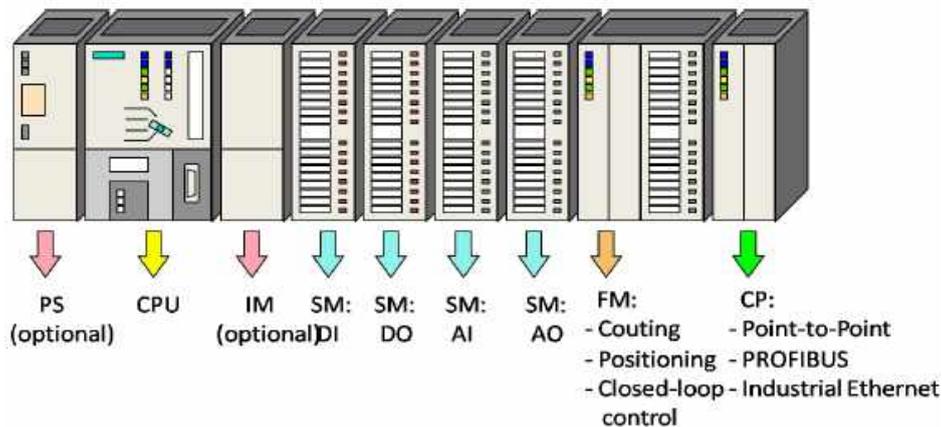


Figure (2-6) Constitution d'un API S7-300.

Module de fonction (FM) : Il a pour rôle, l'exécution de tâche de traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité de mémoire comme le comptage, positionnement et régulation.

Module de communication (CP) : Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine qui sont effectuées par les interfaces de communications : Point à point, Profibus et l'Ethernet Industriel ;

Caractéristiques de la CPU : la gamme S7-300 offre une grande variété de CPU telle que la CPU312, 314M, 315 ,315-2P, etc. Chacune possède certaines caractéristiques différentes des autres. Par conséquent, le choix de la CPU, pour un problème d'automatisation donné, est conditionné par les caractéristiques offertes par la CPU choisie.

Interface (MPI) : une liaison MPI (multi Point Interface) est nécessaire pour programmer un SIMATIC S7 300 depuis le PC. Elle est une interface de communication utilisée pour la programmation, le contrôle-commande avec HMI et l'échange de données entre CPU SIMATIC S7 jusqu'à 32 noeuds maximum. Chaque CPU du SIMATIC S7-300 est équipée d'une interface MPI intégré.

Signification d'état : La CPU comporte des LED de signalisation suivante [15] :

- § SF (rouge) : signalisation groupée de défauts qui s'allume si on a des défauts matériels et en cas d'erreurs de programmation, de paramétrage, de calcul, etc.
- § BATF (rouge) : défaut pile qui s'allume si elle est défectueuse, absente ou déchargée.
- § DC5V (verte) : alimentation 5Vcc pour la CPU et le bus S7-300 qui s'allume si les 5V sont présentes et elle clignote s'il y a surcharge de courant.
- § FRCE (jaune) : forçage permanent qui s'allume en cas de forçage permanent.
- § RUN (verte) : état de fonctionnement RUN qui clignote en cas de démarrage de la CPU.
- § STOP (jaune) : état de fonctionnement STOP qui s'allume si la CPU ne traite aucun programme utilisateur et clignote en cas ou la CPU demande un effacement général.

Les LED de signalisation de défauts SF-DP et BUSF ne se rencontrent que dans le cas de la CPU314 relative à la configuration maître-esclave du S7-300.

Commutateur de mode :

- § RUN-P (mode de fonctionnement RUN programme) : la CPU traite le programme utilisateur et la clé ne peut être retirée. Il est possible de lire le programme de la CPU avec une PG (CPU vers PG) et de transférer des programmes dans la CPU (PG vers CPU)
- § RUN (mode de fonctionnement RUN) : la CPU traite le programme de l'utilisateur. dans cette position, la clé peut être retirée pour éviter qu'une personne non habilitée change le mode de fonctionnement.
- § STOP (mode de fonctionnement STOP) : la CPU ne traite aucun programme utilisateur, la clé peut être retirée pour éviter le changement de mode inattendue mais on peut lire et écrire dans la CPU.
- § MRES : c'est position instable du commutateur de mode de fonctionnement, en vue de l'effacement général de la CPU. Le contenu de la mémoire de chargement rémanente intégré reste inchangé après un effacement général.

La pile : Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure du courant.

Profibus : Le réseau PROFIBUS (Process Field Bus) est un réseau conçu pour les niveaux cellule, et terrain. C'est un système de communication ouvert (non propriétaire), il est utilisé pour transmettre des volumes de données petites et moyennes entre un nombre restreint de correspondants [13].

Utilisé en liaison avec le protocole DP, PROFIBUS assure la communication avec des composants de terrain intelligents. Ce type de communication est caractérisé par un échange de données cycliques rapides.

- § Principe d'accès au BUS : Les équipements maître, appelés stations actives, dirigent la transmission de données sur le bus et émettant librement des messages, sous réserve d'obtenir le droit d'accès au médium, déterminent par le passage d'un jeton.

PROFIBUS met en oeuvre un modèle de communication du type Maître-esclave selon un mode d'accès au bus de nature hybride.

### 2.8.2 Les caractéristiques du S7-300

L'automate possède les caractéristiques suivantes [17] :

- § Gamme diversifiée de CPU.
- § Programmation libre.
- § Logiciel exploitable en temps réel.
- § Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- § Raccordement central de la console de programmation avec accès à tous les modules.
- § Liberté de montage aux différents emplacements.
- § Possibilité de mise en réseau.

## 2.9 Programmation via STEP 7

### 2.9.1 Définition du logiciel STEP7

STEP 7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes SIMATIC (S7-300). Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Les tâches de bases qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont [15] :

- § La création et gestion de projet.
- § La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- § La gestion des mnémoniques.
- § La création des programmes.
- § Le test de l'installation d'automatisation.

Le logiciel Step 7 professionals V15 (TIA PORTAL V15) est l'outil de programmation des automates [17] :

- § SMATIC S7-1500.
- § SMATIC S7-1200.
- § SMATIC S7-300.
- § SMATIC S7-400.
- § SMATIC S7-WinCC.

Il s'exécute sous les systèmes d'exploitation de Microsoft à partir de la version Windows 95. Par conséquent, il s'adapte à l'organisation graphique orientée objet qu'offrent ces systèmes d'exploitation.

### 2.9.2 Création du projet SIMATIC STEP7

Afin de créer un nouveau projet STEP7, en utilisant l'assistance de création du projet, ou bien crée le projet soi-même et le configurer directement. En sélectionner l'icône SIMATIC manager, on aura la fenêtre principale qui s'affiche, pour sélectionner un nouveau projet. Deux approches sont possibles. Soit on commence par la création du programme puis la configuration matérielle ou bien l'inverse [2].

### 2.9.3 Configuration matérielle HW config

Dans une table de configuration, on définit les modules mise en oeuvre dans la solution d'automatisation ainsi que les adresses permettant d'accéder depuis le programme utilisateur, pouvant en outre paramétrer les caractéristiques des modules [2].

### 2.9.4 Définition des mnémoniques

Les mnémoniques sont les noms que l'on attribue aux variables globales de l'API. L'emploi des mnémoniques à la place des adresses absolues améliore considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme et aide à isoler des défauts éventuels. Les mnémoniques ainsi définies sont utilisables dans tout le programme utilisateur d'un module programmable [13].

Type des variables :

- § E : Mémoire des entrées.
- § A : Mémoire des sorties.
- § M : Mémoire utilisateur (mémoire Internes),(Mémentos).
- § L : Mémoire locale, variables locales à chaque bloc.
- § P : Accès à la périphérie.
- § T : Mémoire des temporisations.
- § Z : Mémoire des compteurs.

### 2.9.5 Création du programme utilisateur

En utilisant l'un des langages de programmation mis à disposition, on crée un programme affecté, qu'on enregistre sous forme de bloc, de sources ou de diagramme [2].

Blocs dans un programme utilisateur :

Le système d'automatisation utilise différents types de blocs dans lesquels peuvent être mémorisés le programme utilisateur et les données correspondantes. Selon les exigences du processus, le programme peut être structuré en différents blocs [15].

#### A. Bloc d'organisation

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système OB d'exploitation et le programme utilisateur. L'ensemble du programme peut être concaténé dans un seul bloc OB1 (programme linéaire) appelé de manière cyclique par le système d'exploitation, ou être structuré dans plusieurs blocs (programme structuré).

#### B. Fonction

Une fonction (FC) assure une fonctionnalité spécifique du programme. Les fonctions peuvent être paramétrables. Dans ce cas, des paramètres sont transmis à la fonction lorsqu'elle est appelée. Les fonctions conviennent pour la programmation de fonctionnalités récurrentes et complexes (e.g., effectuer des calculs). Les fonctions système (SFC) sont des fonctions paramétrables, intégrées au système d'exploitation de la CPU, dont le numéro et la fonctionnalité sont définis de manière fixe.

### C. Bloc fonctionnel

Du point de vue du programme, les blocs fonctionnels s'apparentent aux fonctions FB et SFB, mais ils disposent en plus de zones mémoires spécifiques, sous forme de blocs de données d'instance. Les blocs fonctionnels conviennent pour la programmation de fonctionnalités récurrentes encore plus complexes (e.g., assurer des tâches de régulation).

### D. Blocs fonctionnels système (SFB)

Ce sont des blocs fonctionnels paramétrables, intégrés au système d'exploitation de la CPU, dont le numéro et la fonctionnalité sont définis de manière fixe.

### E. Blocs de données

Les blocs de données (DB) sont des zones de données du programme DB utilisateur, mis à la disposition d'espace mémoire pour les variables de types données. Il existe deux types de blocs de données :

- § Bloc de données globales : Contrairement aux blocs de code, les blocs de données ne contiennent pas d'instruction STEP7. Ils servent à l'enregistrement des données du programme utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs. Ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise.
- § Bloc de données d'instance : Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres. Ces blocs contiennent les paramètres effectifs et les données statiques du FB. Les variables déclarées dans le FB déterminent la structure du bloc de données d'instance. L'instance est l'appel d'un bloc fonctionnel.

#### 2.9.6 Programmation à schéma logique (LOG)

Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les blocs logiques [13].

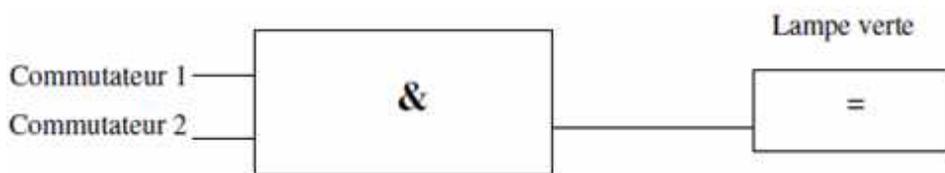


Figure (2-7) Présentation d'un schéma logique (LOG).

#### 2.9.7 Programmation à schéma contact (CONT)

C'est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions est très semblable aux schémas de circuits électriques. Le langage à CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines [13].

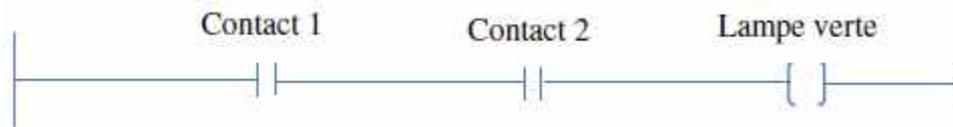


Figure (2-8) Présentation d'un schéma CONT.

## 2.10 les progiciels de conception des interfaces homme/machine (HMI) Siemens

Suite à l'automatisation industrielle, l'opérateur humain a été contraint de conduire ou de superviser des machines automatisées, en réduisant les prises d'information et les actions directes sur le processus, ce qui conduit à l'élaboration d'interface d'interaction Homme /Machine, flexible et aussi lisible pour un simple opérateur. Le dialogue est d'autant plus facile, l'écran comporte des images avec des synoptiques, des graphes,...etc [2].

Siemens avec sa gamme SIMATIC C7, contribue dans ce sens, et met à la disposition de cette demande exigeante, un grand choix en matière de pupitre de supervision et de contrôle paramétrable par le biais d'outils divers.

Le logiciel WinCC flexible, reste le plus approprié, en matière de simplicité, pour la conception de ce type d'interfaces de (commande /diagnostic) [2].

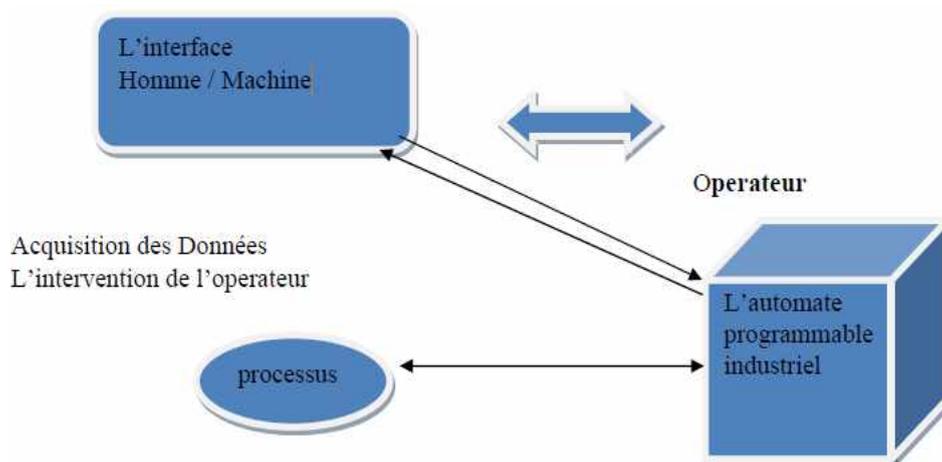


Figure (2-9) L'interface homme/machine un processus automatisé.

## 2.11 WINCC (windows control center)

Les exigences auxquelles doit répondre un système de supervision et de pilotage de processus ainsi que l'archivage et le traitement informatique des données de production se sont fortement accrues ces dernières années. Pour les satisfaire, de nouveaux systèmes IHM(Interface homme-machine) ont été développés par les constructeurs.

WinCC est un de ces nouveaux systèmes. En ce qui concerne les fonctionnalités, l'ouverture et l'actualité (état de l'art du logiciel), WinCC est certainement inédit.

Les systèmes IHM de l'ancienne génération ne proposaient souvent qu'une seule manière de résoudre les problèmes posés. WinCC propose presque toujours plusieurs solutions. Il présente et propose les solutions permettant d'utiliser WinCC avec un maximum d'efficacité dans les projets de commande de process [13].

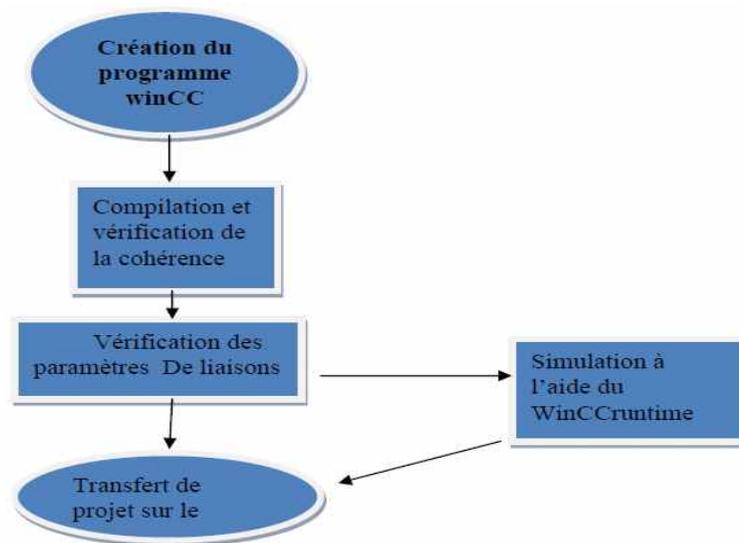


Figure (2-10) conception d'une interface winCCflexible.

## 2.12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait en premier temps une présentation des systèmes automatisés de production (SAP) pour savoir l'utilité de l'automatisation des systèmes et pourquoi faire l'automatisation, en plus l'apport des API dans le développement technologique voyait le nombre d'entrées et de sorties des informations et la communication assurée entre les API et les capteurs afin d'avoir un système stable avec plus de précision dans les installations industrielles.

Par la suite on constate la facilité et la souplesse qu'offre l'A.P.I dans sa programmation, connexion et adaptation aux conditions industrielles avec toutes les fonctionnalités indispensables à l'automatisation des processus. En plus des systèmes modulaires et les fonctions spécifiques prêtes à être utilisées dans sa riche bibliothèque de fonctions.

L'environnement du logiciel Step7 est un outil très riche avec sa base de données qu'il dispose et les fonctions de programmations en plus de l'assistant qui vous guide tout le long de la création du programme.

La conception des images pour la visualisation et la commande plus le paramétrage se fait d'une façon simple et efficace avec les HMI gérés par des logiciels tel que WinCC qui dispose aussi d'une riche bibliothèque adaptée à la programmation et intégration dans STEP 7. Tout cela pour rendre les tâches humaines pénibles très faciles à l'utilisation et à l'exploitation.

# Chapitre 3 Programmation et simulation

Les automates programmables industriels effectuent des tâches d'automatisation traduites sous forme de programme d'application qui définit la manière dont l'automate doit commander le système par une suite d'instructions, le programme doit être écrit dans un langage déterminé avec des règles définies pour que l'automate puisse l'exécuter, pour cela les automates de la famille SIEMENS sont programmés grâce au logiciel STEP7 via une console de programmation ou PC et sous un environnement WINDOWS.

## 3.1 Le logiciel SIMATIC STEP7

Step7 est le logiciel de base qui permet la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. Il s'exécute sous un environnement Windows, à partir d'une console de programmation ou d'un PC.

## 3.2 Modélisation par GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) est un modèle de représentation graphique des comportements successif d'un système logique, préalablement défini par ses entrées et ses sorties [2].

Le grafcet est constitué d'un ensemble des éléments graphiques de base Figure (3-1) :

- 1) Les étapes.
- 2) La transition.
- 3) Les liaisons orientées.
- 4) Les actions associées aux étapes.
- 5) Les réceptivités associées aux transitions.

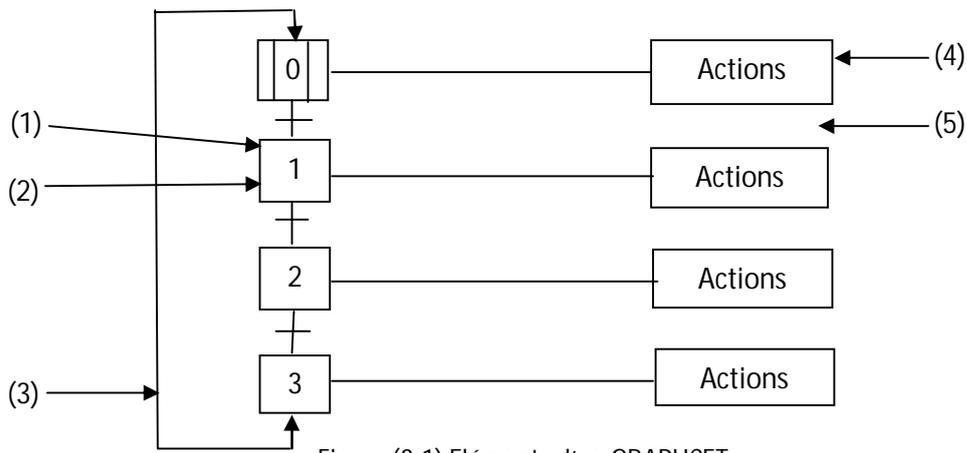


Figure (3-1) Eléments d'un GRAPHCET.

### 3.3 Installation du step 7

Pour la configuration matérielle, on doit tout d'abord installer le step 7 [2].

Pour installer le logiciel step 7, on doit tenir compte environnements logiciel et matériel requis. On trouve ceux-ci décrits dans le fichier qui se trouve sur le CD\_ROM de step 7.

On inséré CD\_ROM de STEP 7 dans le lecteur. Le programme d'installation est automatiquement lancé après l'installation et le redémarrage de l'ordinateur, l'icône du " SIMATIC Manager" s'affiche sur le bureau.

### 3.4 Démarrage du logiciel STEP7

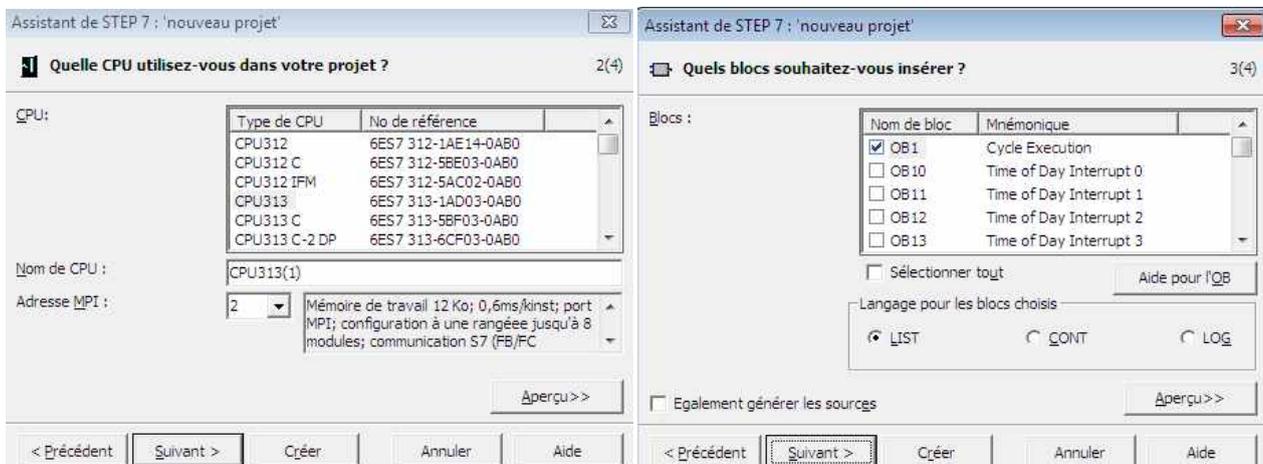
Pour lancer le logiciel STEP7, on localise l'icône SIMATIC Manager sur l'écran de l'ordinateur puis avec un double clic sur cette icône, on se permet d'ouvrir sa fenêtre fonctionnelle Figure (3-2) [15].



Figure(3-2) Assistant de STEP7.

### 3.5 Création d'un projet STEP7

Le logiciel SIMATIC Manager étant maintenant ouvert, on clic sur l'item fichier puis assistant nouveau projet. Après la sélection du type de la CPU (pour notre projet, on a choisi une CPU314) et l'insertion du bloc d'organisation et le langage à liste, une fenêtre s'ouvre pour donner un nom au projet. Pour notre cas (Gestion du trafic urbain) et on clic sur créer [15].



Figure(3-3) Choix de la CPU et du bloc d'organisation.

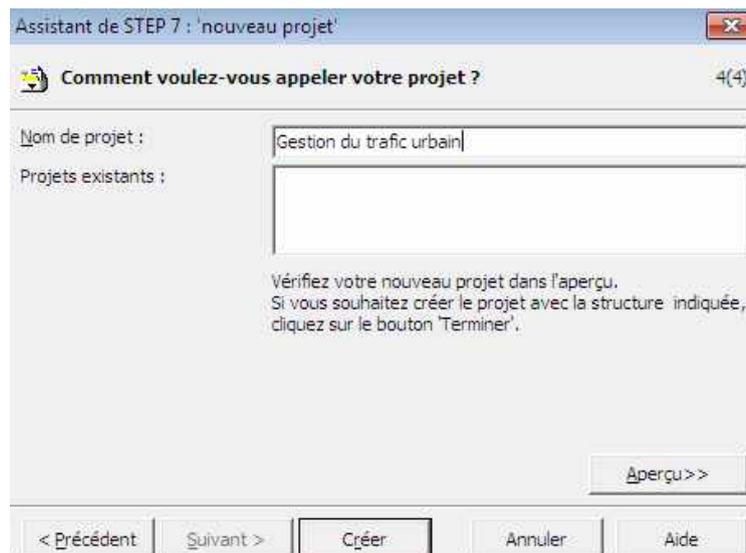
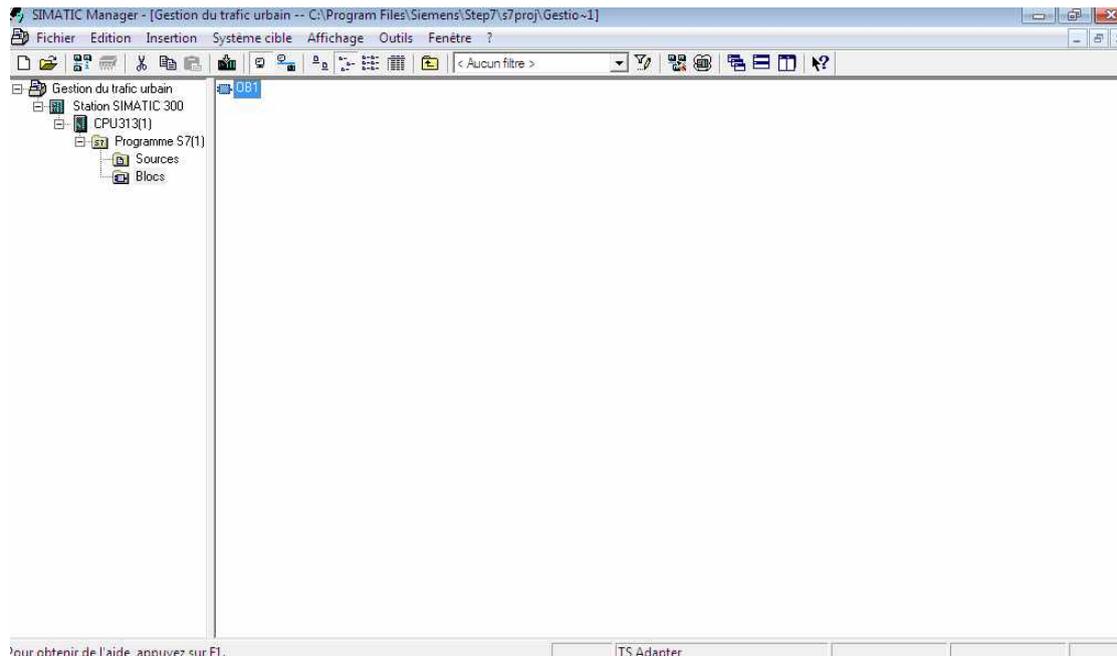


Figure (3-4) Nom et création du projet.

En cliquant sur créer, la fenêtre suivante apparaît Figure (3-5) :



Figure(3-5) Fenêtre SIMATIC MANAGER d'un projet.

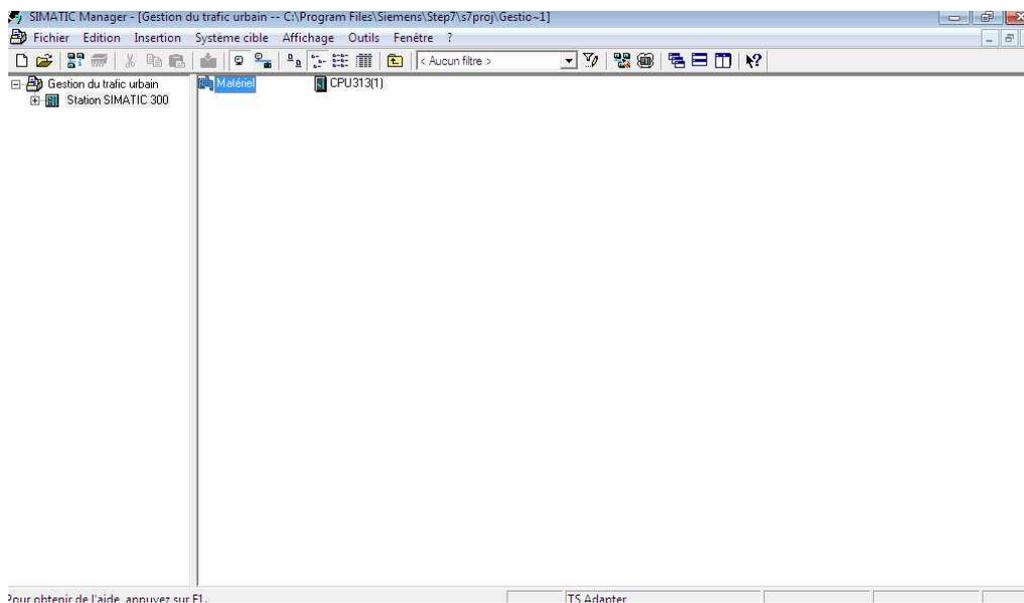
### 3.6 Configuration matériel

C'est une étape importante qui correspond à l'agencement des châssis et des modules.

Ces derniers sont fournis avec des paramètres définis par défaut en usine [15].

Une configuration matériels est nécessaire pour :

- § Les paramètres ou les adresses pré-réglées d'un module.
- § Configurer les liaisons de communication.



Figure(3-6) Station SIMATIC S7-300.

Le choix du matériels SIMATIC S7-300 avec une CPU313, nous conduit à introduire la hiérarchie suivante [15] :

- § On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant. Pour la station SIMATIC S7-300, on aura « RACK-300 » et on le glisse dans le châssis ;
- § Après avoir choisie le RACK, on lui glisse la CPU313 dans l'emplacement N°2 ;
- § L'emplacement N°1 est réservé pour l'alimentation et le N°3 réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi-châssis ;
- § Les autres emplacements sont réservés pour les modules qui se trouvent dans le fichier SM-300. L'automate se compose de deux modules d'entrée digitales et un pour les sorties et de trois modules d'entrées analogiques et deux pour les sorties.

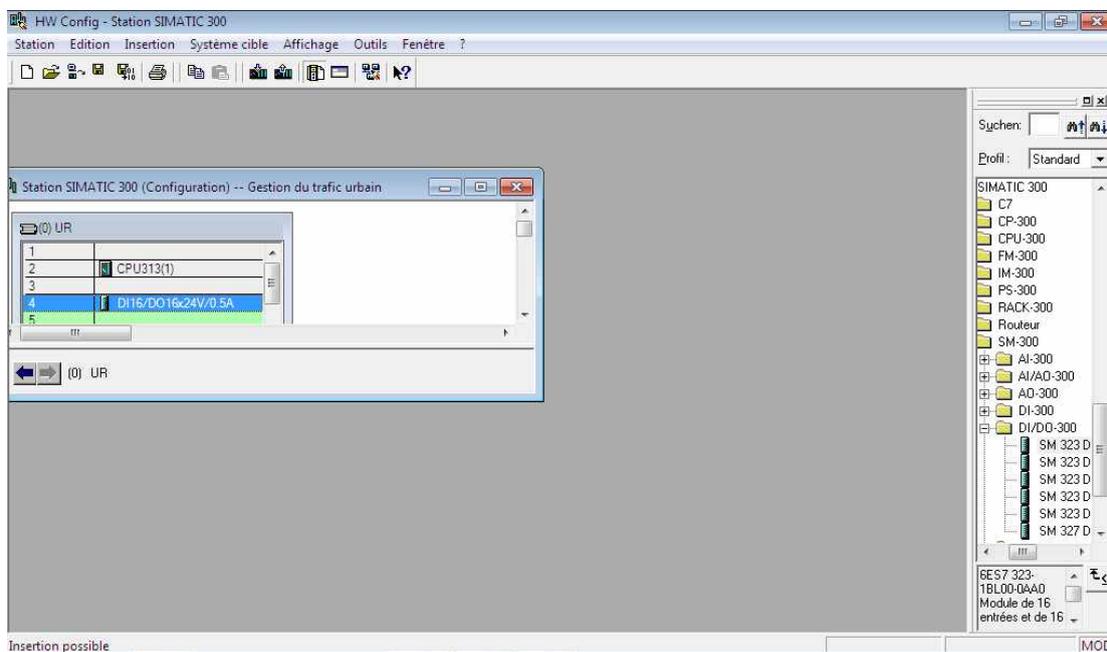


Figure (3-7) Configuration du matériel.

### 3.7 Table des Mnémoniques

Une table des mnémoniques vide est automatiquement générée lors de la création d'un programme STEP7. Elle se trouve dans le menu <programme>table des mnémonique. En programmant sur STEP7, nous travaillons avec des opérands tels que les E/S, mémentos, compteurs, temporisations, blocs de données et fonctions. Nous pouvons les adresser de manière absolue dans le programme. Mais, nous pouvons aussi améliorer considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme en utilisant des mnémoniques à la place des adresses absolues [15].

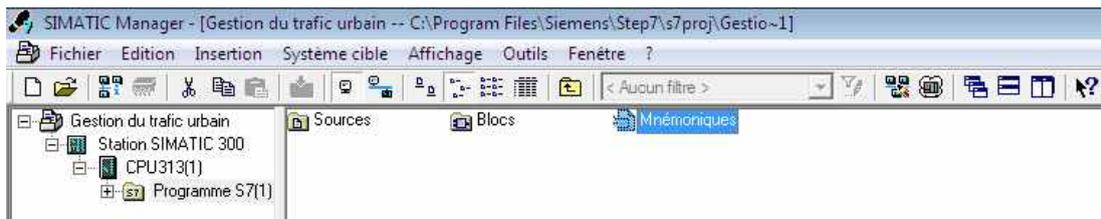


Figure (3-8) Image de l'éditeur mnémorique.

### 3.8 Blocs du programme utilisateur

Le logiciel STEP7 dans ces différents langages de programmation possède un nombre important de bloc utilisateur, destinés à structurer le programme utilisateur dont on peut citer les blocs importants suivants [16] :

- § Bloc d'organisation (OB).
- § Bloc fonctionnel (FB).
- § Bloc de données d'instance (DB d'instance).
- § Blocs de données globales (DB).
- § Les fonctions (FC).

### 3.9 Structure du programme

L'écriture du programme utilisateur complet peut se faire à partir du bloc d'organisation OB1, cela n'est pas recommandé pour les programmes de grande taille, ou même de taille moyenne [16].

Pour les automatismes complexes, la subdivision en parties plus petites est recommandée, celle-ci correspond aux fonctions technologiques du processus, et sont appelées blocs (programmation structurée).

Cette structure offre les avantages suivants :

- § Standardiser certaines parties du programme.
- § Simplifier l'organisation du programme.
- § Modifier facilement le programme.
- § Simplifier le test du programme en l'exécutant section par section.
- § Faciliter la mise en service.

### 3.10 Les langages de programmation sur STEP7

Pour créer des programmes S7, nous disposons dans STEP7 de trois langages de programmation CONT, LIST ou LOG.

- § Langage liste (LIST) : image textuelle proche du comportement interne de l'automate.

- § Langage logigramme (LOG) : langage graphique, utilisant les symboles de l'électronique numérique (portes logiques).
- § Langage contact (CONT) : suite de réseaux parcourus séquentiellement dont les entrées sont représentées par des interrupteurs et les sorties par des bobines.

Pour notre programme, on choisit le langage LOG. On clique deux fois sur « OB1 ». L'éditeur de programme LOG s'ouvre.

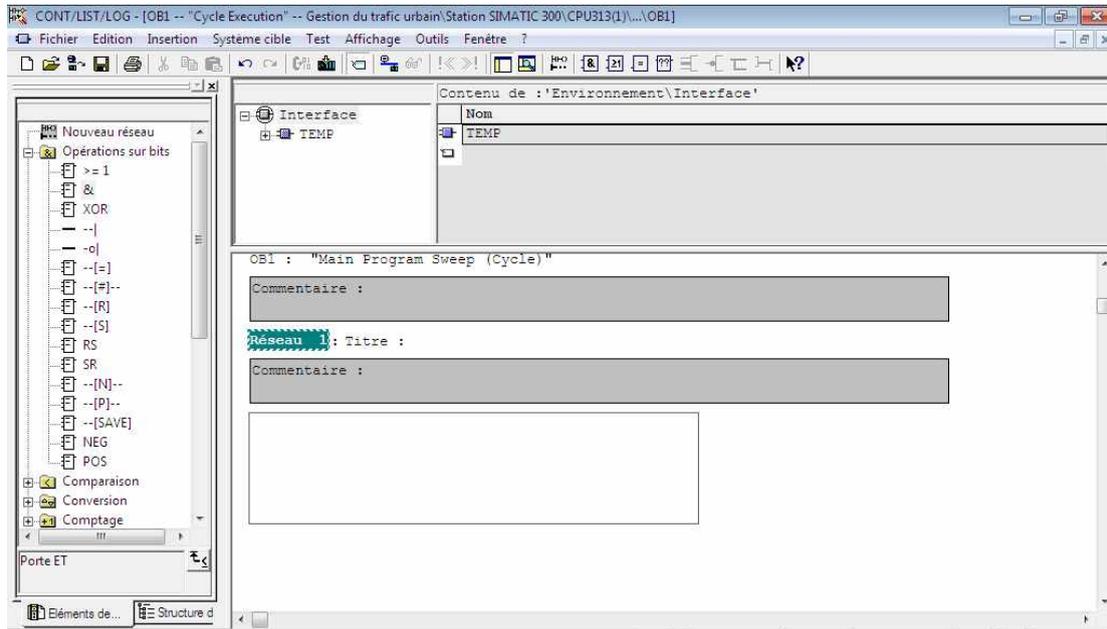


Figure (3-9) L'éditeur de programme LOG.

### 3.11 Description du cahier de charge

Nous allons appliquer nos connaissances de programmation en STEP7 pour la résolution du problème de congestion de trafic à cause du blocage d'une voie dans une route à double sens à cause de travaux de chantier qui bloquent l'une des voies de la route. En raison de ces travaux d'entretien, on doit franchir la voie en circulation alternée. A Chaque extrémité de la voie est placé un feu possédant simplement un voyant rouge et un voyant vert. Des capteurs de présence de véhicules sont placés sur les deux voies pour permettre de gérer le trafic en fonction de l'encombrement sur l'une des extrémités. A la mise en marche du système (SW0 ON) les feux de signalisation sont au rouge. A la détection de la présence d'un véhicule, la voie concernée reste au rouge pendant une durée de 10 secondes pour laisser passer les voitures qui viennent de s'engager au milieu de la route, puis il passe au vert pendant une durée de 20 secondes. Le feu reste dans cet état jusqu'à la détection d'un véhicule sur l'autre voie. Et le cycle recommence continuellement. L'opérateur peut agir à tout moment sur les paramètres de temporisations et de réglage. Le schéma de l'installation est donné sur la Figure (3-10)

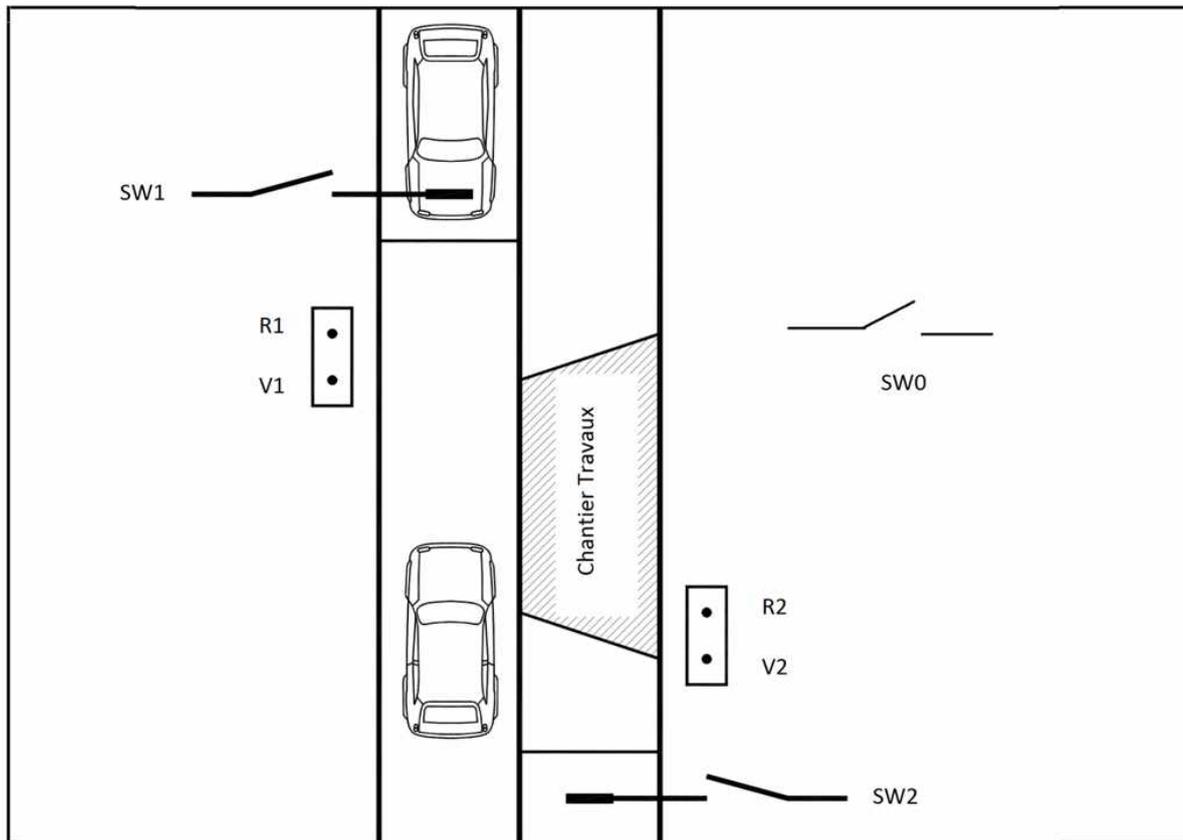


Figure (3-10) Schéma de l'installation.

### 3.11.1 Analyse du fonctionnement

On doit tout d'abord recenser les variables du système

- ✓ Les variables d'entrée
  - Ø Le bouton de mise en marche de l'installation (SW0)
  - Ø Le capteur de véhicule sur la voie 1 (SW1)
  - Ø Le capteur de véhicule sur la voie2 (SW2)
- ✓ Les variables de sortie
  - Ø Voyant rouge voie 1 (R1)
  - Ø Voyant vert voie 1 (V1)
  - Ø Voyant rouge voie 2 (R2)
  - Ø Voyant vert voie 2 (V2)

Le chronogramme de fonctionnement de l'installation est montré sur la Figure (3-11). Nous avons recensé huit (8) étapes déterminées par les conditions d'activations et les temporisations allouées à chaque étape.

- § Etape 1: Etape initiale caractérisant l'état avant le blocage de la route. Tous les feux sont éteints
- § Etape 2: Etape de mise en marche de l'installation (SW0 ON) . Les feux rouges sont allumés sur les deux voies afin de permettre de dégager la voie par les véhicules bloqués au milieu de la route
- § Etape 3: Présence de véhicule sur la voie1 (SW1 ON) . On doit maintenir le rouge pendant une durée de 10 secondes pour les mêmes raisons indiquées sur l'étape 2.
- § Etape 4: Allumage du voyant vert de la voie1 pendant une durée de 20 secondes au minimum.
- § Etape 5: Maintien du vert à la fin des 20 secondes jusqu'à la détection d'un véhicule sur la voie2 (SW2 ON) ou mise à l'arrêt de l'installation (SW0 OFF).
- § Etape 6: Présence de véhicule sur la voie2 (SW2 ON) . On doit maintenir le rouge pendant une durée de 10 secondes pour les mêmes raisons indiquées sur l'étape 2.
- § Etape 7: Allumage du voyant vert de la voie2 pendant une durée de 20 secondes au minimum.
- § Etape 8: Maintien du vert à la fin des 20 secondes jusqu'à la détection d'un véhicule sur la voie1 (SW1 ON) ou mise à l'arrêt de l'installation (SW0 OFF).

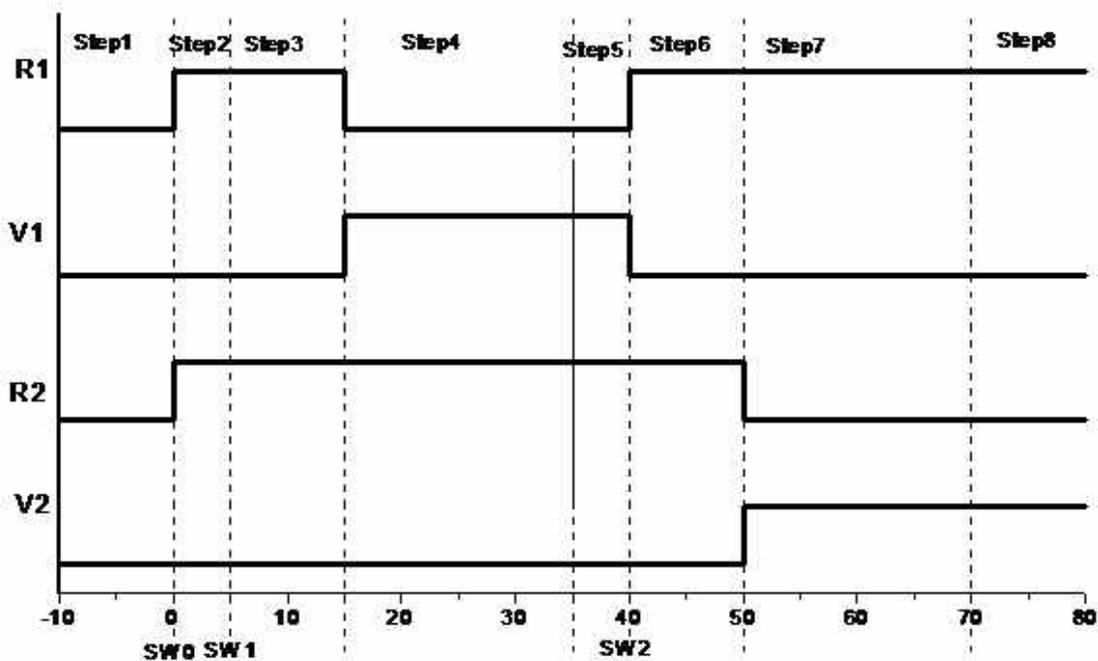


Figure (3-11) Le chronogramme de fonctionnement.

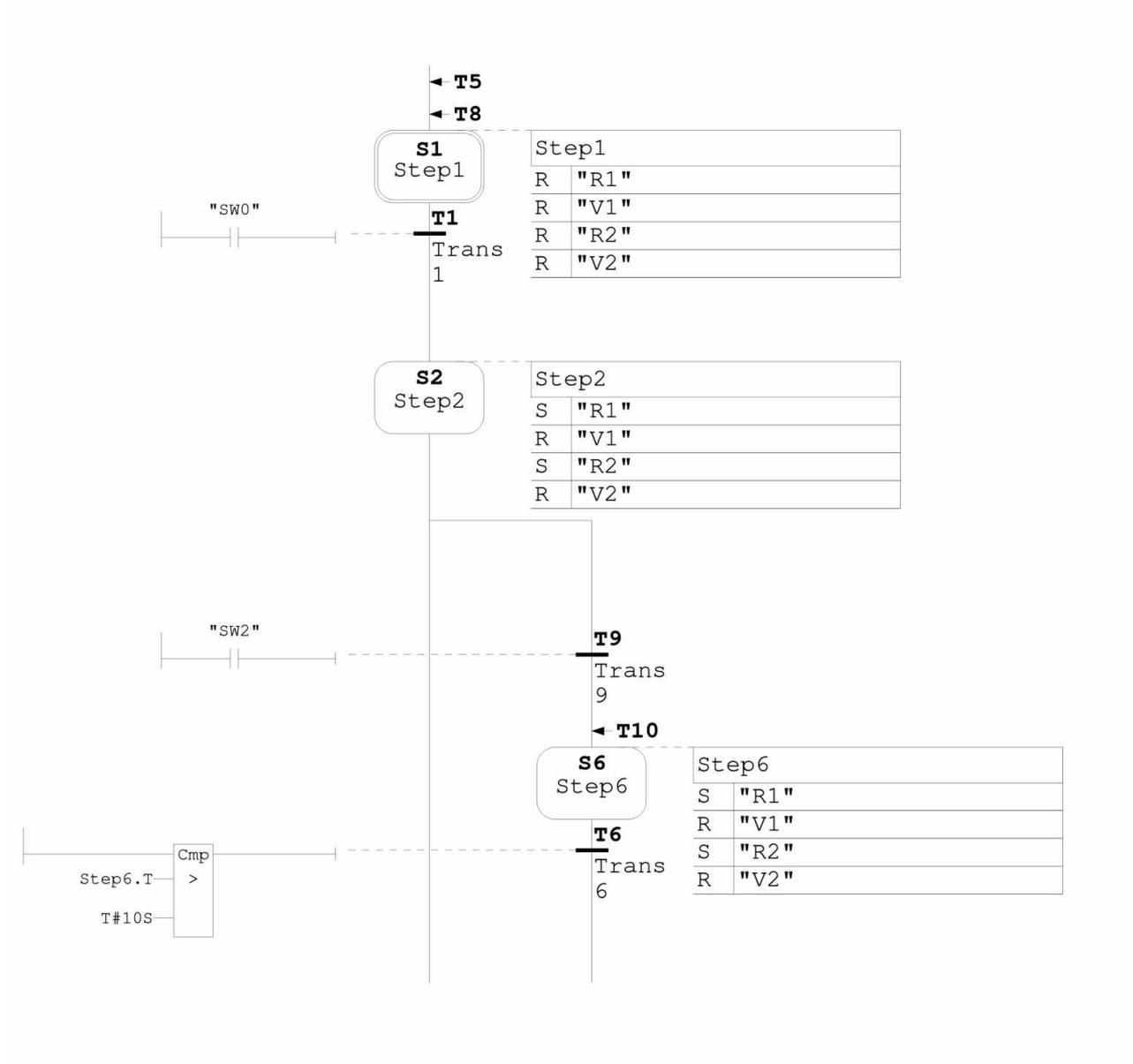
### 3.11.2 Implémentation du grafcet

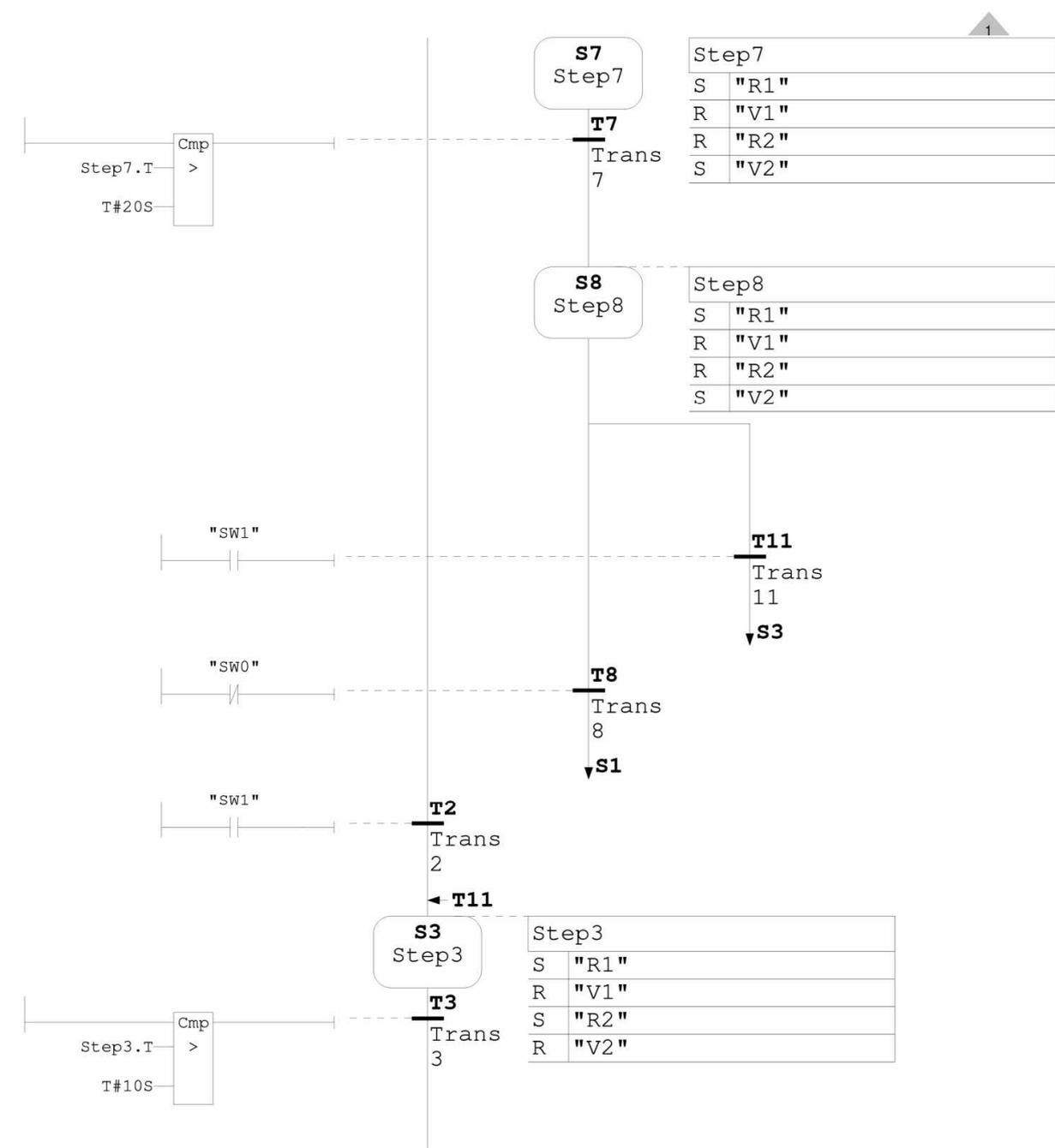
Sur la base de l'analyse de fonctionnement présenté et le chronogramme de fonctionnement nous avons dressé la table des mnémoniques indiquée sur la Figure (3-12)

| Status | Symbol          | Address | Data type | Comment                    |
|--------|-----------------|---------|-----------|----------------------------|
|        | G7_STD_3        | FC 72   | FC 72     |                            |
|        | SW0             | I 1.0   | BOOL      | Arrêt/Marche du système    |
|        | SW1             | I 1.1   | BOOL      | Capteur de véhicule voie1  |
|        | SW2             | I 1.2   | BOOL      | Capteur de véhicule voie 2 |
|        | Cycle Execution | OB 1    | OB 1      |                            |
|        | R1              | Q 1.0   | BOOL      | Voyant Rouge voie 1        |
|        | V1              | Q 1.1   | BOOL      | Voyant Vert voie 1         |
|        | R2              | Q 1.2   | BOOL      | Voyant Rouge voie 2        |
|        | V2              | Q 1.3   | BOOL      | Voyant Vert voie 2         |
|        | TIME_TCK        | SFC 64  | SFC 64    | Read the System Time       |

Figure (3-12) Table des mnémoniques.

Le grafset de commande de l'installation est implémenté sur la base du cahier de charge et est illustré sur la figure (3-13).





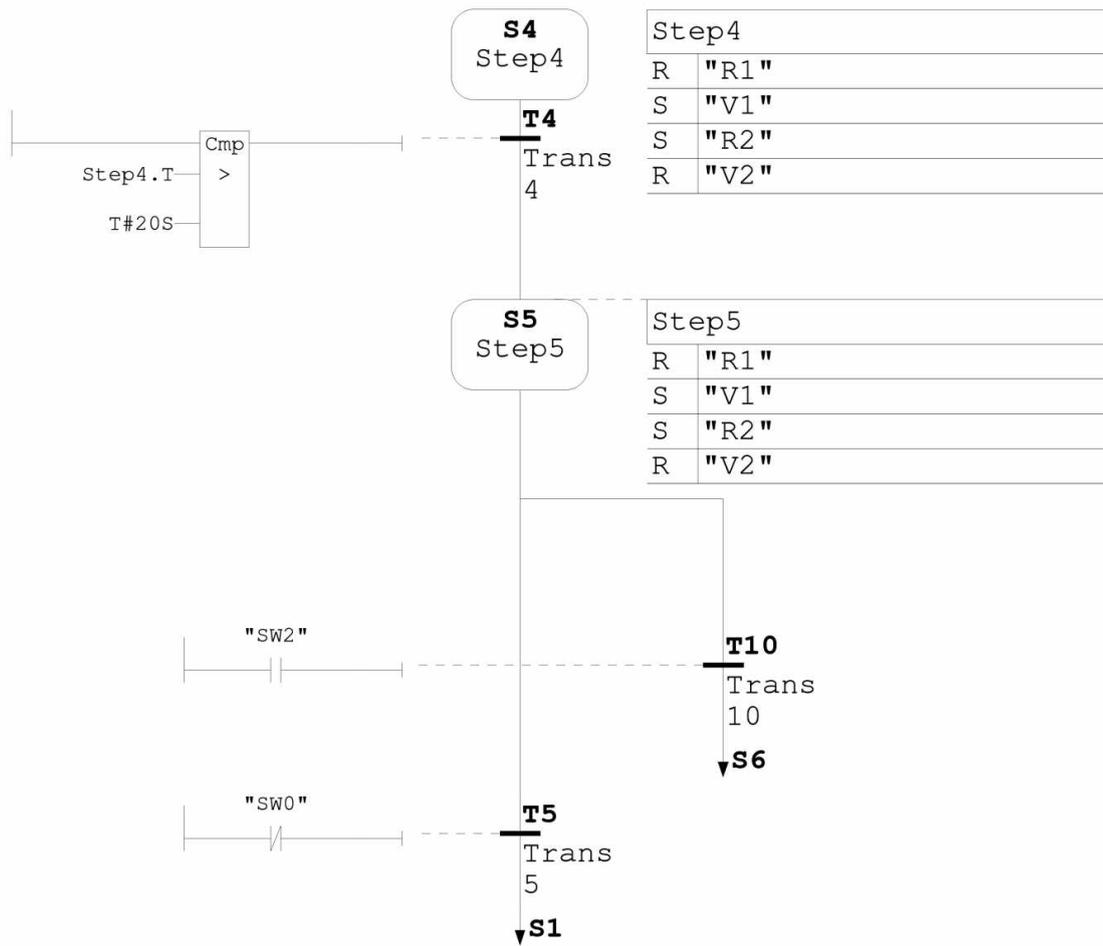


Figure (3-13) Le grafcet de commande de l'installation.

### 3.12 Conclusion

Un langage de programmation permet de décrire les structures des données qui seront manipulées par l'API à l'aide de l'analyse d'un modèle graphique réalisé sur GRAFCET.

Toutes les séquences possibles modélisées dans le Grafcet donne un aperçu sur les solutions possibles pour n'importe quelle problématique posée. Cette solution est programmée dans le logiciel Step7 de SIMATIC avec des CPU choisies de la gamme S7/300, les réseaux de programmation séquentielles sont réalisés avec le langage LADDER (contact). Et avec ces différents modules CPU, CP (processeur de communication) et des cartes d'E/S, le S7-300 pour répondre à toutes les exigences de l'automatisation, avec une flexibilité d'ajouter ou de modifier des lignes de programmations même en ligne dans quelque cas.

Les réseaux décrivent le cheminement séquentiel du programme tel qu'il est vu dans la problématique posée dans ce mémoire.

La boîte à outils intégrée dans STEP 7 facilite la réalisation du programme avec son simulation pour prouver les résultats en offline même avant d'injecter le programme finale dans un automate réel pour exécution.

# Conclusion générale

La congestion du trafic routier est l'un des problèmes socio-économiques qui doivent être résolus pour supporter l'évolution de la société.

Ce travail donne une perspective sur la résolution des problèmes quotidiens de congestion dans les carrefours, en introduisant l'automatisation dans n'importe quel système étudié tel que la gestion des feux de trafic urbain, avec une amélioration continue et plus de sécurité pour les êtres humains et leurs biens.

Ces stratégies contribuent en particulier à fluidifier le trafic, à diminuer les longues files d'attente dans les carrefours en diminuant les émissions polluantes dans l'environnement et à réduire le bruit en ville.

Ce travail est basé sur l'application des automates programmables SIMATIC S7-300, de Siemens plus la supervision HMI (interface : Homme / Machine) réalisée sur le logiciel WinCC flexible (Siemens).

La simulation du travail sera exécutée sur un automate de simulation SCADA intégré dans le logiciel Step7, et la visualisation sur RUNTIME de WINCC.

En plus nous avons défini la configuration matérielle de l'API nécessaire pour réaliser ce projet, plus tous les données et les paramètres du système de gestion des feux de trafic cela est visualisé sur WinCC flexible avec RUNTIME afin de donner un aperçu sur le système réel proposé.

L'analyse du modèle graphique réalisé sur GRAFCET. Ce qui donne un cheminement de l'étude de n'importe quel système automatisé, le logiciel Step 7 de SIMATIC avec sa configuration riche en matériel et logiciel donne une large gamme d'outils S7 afin de répondre à toutes les exigences de l'automatisation avec une flexibilité d'ajouter ou de modifier dans le projet.

# Références bibliographiques

- [1] Aksa K, Titouna F, Benali B, Djettaou B. « Gestion dynamique des carrefours à feux », The International Journal of Multi-disciplinary Sciences - ISSN : 2421-9606 (Online), vol 1-17, www.ijmsonline.net - All rights reserved, 2017.
- [2] Talbi S, Serat W. « Gestion automatique de feu du trafic urbain par un API » : Université de Saida ; 2017.
- [3] Hassina C, Somia T. « Contrôle de feux de carrefour par arduino ». 2019.
- [4] Dimon C. « Contributions à la modélisation et la commande des réseaux de trafic routier ». 2012.
- [5] Joseph A. « Construire de nouvelles infrastructures routières ». 2011.
- [6] « Plan de gestion du trafic et gestion de crise dans les transports », Politiques d'exploitation et d'entretien des routes. 2015.
- [7] Faye S, Chaudet C, Demeure I. « Contrôle du trafic routier urbain par un réseau fixe de capteurs sans fil ». 2012.
- [8] Liu B, Liu W. « Evaluation of traffic control methods at traffic circles », In control and decision conference (CCDC), 2011 Chinese, pages3371–3377, May2011.
- [9] Shan-Chen P, Yan-Sen S, Ye L, Jie S, Huai-Zhou Z. « A study on the model of the traffic signs in the traffic circle », In international conference on information Engineering and computer science (ICIECS 2009), pages 1 –4, Dec. 2009.
- [10] Zeng X, Zheng H. « The intelligent control and modeling of a traffic circle », In international conference on information Engineering and computer science (ICIECS 2009), pages 1 –4, Dec. 2009.
- [11] Zheng Q, Li M. « The methods of traffic circle problem », In International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems (LEITS 2010), pages 1 –4, Nov. 2010.
- [12] Salem O. « Automatisation de la machine de moulage, Expansur ACE 25 AR, avec un automate siemens S 7-300, ainsi que sa supervision win cc » : Université Mouloud Mammeri ; 2016.
- [13] Seghiour A. « Grafset d'un ascenseur » : Ecole supérieur en génie électrique et énergétique d'Oran
- [14] GONZAGA A. « Les automates programmables industriels ». PDF téléchargé du www geea org. 2004.
- [15] Cherchour H, Chahboune ML, Mendil B. « Commande et supervision d'un processus de margarine via un automate programmable chaîne pilote » : Université Abderrahmane mira béjaia ; 2015.

- [16] Kharati B, Hidouche R. « Automatisation et supervision d'un système d'entraînement de la centreuse M3T par l'automate programmable industriel (API) S7/300 » : Université M'hamed Bougara Boumerdes ; 2016.
- [17] Bensalem E B, Meghraoui M H. « Automatisation d'une station de pompage d'eau traitée » : Université Saad Dahlab de Blida ; 2019.