

# Gestion et congestion de la circulation urbaine

*Jean-Michel Lattes*

Conseiller municipal délégué

à la circulation, aux transports et au stationnement

L'attribution en 2002 par le Maire de Toulouse de la responsabilité de la délégation municipale de la circulation,

des transports et du stationnement à un Universitaire, juriste de surcroît, ne pouvait que me surprendre m'étant plutôt préparé à d'autres types de fonctions dans le domaine de la culture ou de l'enseignement.

J'ai cependant découvert avec passion un domaine d'études, éminemment scientifique, et laissant peu de place à l'amateurisme et à l'improvisation. La problématique était, pour moi, à la fois simple à appréhender et complexe à traiter. Il y a dans notre agglomération – chaque mois – environ 1 200 véhicules supplémentaires. De fait, et en raison du particularisme historique du centre urbain de Toulouse, le fait de décider de rester totalement inerte en 2002 pouvait permettre de considérer qu'à échéance de quatre ans, la ville serait entièrement congestionnée. Une ville qui ne bouge pas est une ville morte. Ce qui fait la ville c'est son activité. Il convenait donc d'évaluer, de diagnostiquer et de décider... bref de faire de la politique dans sa dimension originelle, la gestion des affaires de la cité.

## Une science à découvrir

### ► Un service performant

Le service Circulation, transports, circulation de la ville de Toulouse est situé à proximité du boulevard d'Atlanta et

comprend plus de 120 salariés, ingénieurs, techniciens, administratifs et agents de maintenance. Le bâtiment Campus Traffic qui regroupe ces agents est, par ailleurs, occupé par d'autres acteurs de la circulation : DDE, Tisseo, Taxis, Polices municipale et nationale, ASF... Lors de sa réalisation en 2000, l'idée a été de regrouper sous un même site tous les acteurs de la circulation afin qu'ils puissent travailler en commun et mutualiser leurs expériences. Les premières années de fonctionnement du site témoignent de la pertinence de ce choix et le regroupement de services travaillant sur des thématiques identiques a permis d'optimiser les choix et les politiques. Les problématiques relatives à la circulation ne peuvent être traitées de manière isolée par des intervenant dont les fonctions sont nécessairement liées et dépendantes les unes des autres.

### ► Un bâtiment intelligent

Le site constitue, en outre, un formidable outil de travail. Dans un atrium central, grâce à une quarantaine de caméras, des opérateurs peuvent améliorer la régulation du trafic en jouant sur les temps de feux. Les paramétrages permettent de distinguer l'importance des problématiques spécifiques à diverses phases de la journée et de mesurer les situations posant problème par le moyen de diodes organisées sur une carte de la ville affichée sur écran géant.

Les ordinateurs enregistrent en permanence les données d'utilisation des voi-

ries toulousaines et permettent ainsi de mesurer les flux et les densités de passages. De fait, chaque décision prise peut être évaluée dans ses conséquences immédiates ou à moyen terme en particulier par l'étude des mesures relevées par des boucles magnétiques installées dans le sol de l'ensemble des voiries principales de Toulouse et reliées par fibres optiques au centre Campus Traffic.

### ► Une humilité nécessaire

Lors de ma prise de fonction, parfait ignare en matière de circulation, j'ai eu l'illusion que j'allais "faire des miracles". Je suis arrivé sur de moi et des solutions géniales que j'allais apporter à ce lourd problème. Les ingénieurs, avec indulgence, m'ont proposé de "modéliser" mes solutions. Le résultat a été immédiat... mes éclairs de génie auraient eu pour conséquences de bloquer entièrement le centre ville. En la matière, l'humilité m'est rapidement apparue comme une qualité indispensable. Les problèmes de congestion sont des problèmes "de robinet" consistant à gérer – au mieux – des flux souvent complexes à appréhender. Toute analyse doit nécessairement être globale pour permettre de comprendre les problèmes dans leur complexité et les décisions prises ne doivent pas porter sur un point fixe sans mesurer les multiples conséquences induites en amont et en aval par les modifications opérées. Le temps constitue une donnée complémentaire à intégrer, les évolutions n'étant véritablement intégrées par

les usagers qu'au bout d'une période pouvant aller de 1 à 3 mois.

## Une lecture globale des problèmes

### ► Le nécessaire rééquilibrage des moyens de transports

L'équation toulousaine évoquée en début d'article (1 200 véhicules supplémentaires chaque mois) conduit nécessairement à s'interroger sur la place de la voiture en ville, l'espace urbain ne pouvant plus, à terme, supporter une telle masse.

A ce stade, par opposition à la culture Pompidolienne du "tout voiture", deux stratégies apparaissent concevables, soit le tout piéton, soit le semi-piéton. La piétonisation totale a constitué une première réponse dans de grandes cités décidées à tourner la page des années 70. Les résultats sur le long terme sont apparus mitigés. Le fait de privilégier un seul mode de transport, fut-il le plus doux, a généré des effets pervers imprévus. Les familles et les personnes âgées se sont éloignées des centres villes, les commerces ont mutés pour tendre vers la mono activité "confection" et une insécurité s'est développée. A l'inverse les axes semi-piéton ont pu permettre de maintenir toutes les fonctionnalités indispensables aux différents modes de vie des quartiers tout en ramenant la voiture à une fonction subalterne. L'exemple toulousain est particulièrement parlant, l'axe Saint Rome (Tout piéton) a vu se développer des commerces exclusivement consacrés à la restauration rapide et au vestimentaire. Les habitants ont progressivement délaissé un axe comportant pourtant de beaux immeubles anciens du fait des difficultés du quotidien. A l'inverse, le rue du Taur a conservé ses habitants et une remarquable diversité commerciale (petit Casino, bistrot, restaurants, bouquinistes...).

Le choix toulousain n'est donc pas l'exclusion d'un mode particulier de transport mais, plutôt, la recherche d'un nouvel équilibre. Le lancement de la ligne B du métro facilite une réorganisation complète des modes de fonctionnement du centre ville. L'extension des plateaux piéton, la réduction des fonctionnalités accordées aux voitures ( interruption des transversalités rue d'Alsace, Place du Capitole ou Place Saint Sernin – inversion de la rue de Rémusat... ), la création de

120 vélos station avec, dans un premier temps, 1 200 vélos disponibles, la création d'un nouveau réseau bus avec le développement des sites propres, la première ligne de tramway, l'agrandissement des parkings de dissuasion... tout cela constitue une politique globale recherchant des complémentarités et des mises en cohérences.

### ► La fin de l'indiscipline pour un meilleur partage de l'espace

L'usage de l'espace public à Toulouse est peu à peu devenu sauvage et c'est une indiscipline généralisée qui s'est installée sur le centre ville. La campagne lancée par la Ville de Toulouse et qui visait à montrer que "chacun est le chauffard de l'autre", reprenait ce constat d'un usage non partagé de l'espace en ville.

Un travail de fonds a été nécessaire pour répartir un espace par nature insuffisant à répondre à tous les besoins. Le respect de l'espace de l'autre constitue cependant un moyen d'améliorer de manière très significative la situation.

La signature d'une charte pour la régulation des livraisons en centre ville en partenariat avec la CCIT et les transporteurs, la création de lieux de stationnement dédiés aux deux roues (vélos et motos), la mise en place du stationnement résidant, le traitement des discontinuités cyclistes, l'extension de la semi piétonisation, la création des sites propres, le contrôle accru du respect des aires de livraison et des places handicapées... tout cela participe à une redistribution des cartes dans la recherche de meilleurs équilibres.

### ► L'utilisation de nouveaux outils

L'information de l'utilisateur constitue un élément important pour lui permettre d'anticiper et, donc, d'éviter les difficultés. Le site Internet "Toulouse déplacements" constitue une première réponse (<http://www.toulouse-deplacements.com>) en réalisant la centralisation de toutes les informations relatives au trafic routier de l'agglomération toulousaine. Il propose une information complète sur les conditions de circulation routière, à savoir : les restrictions et fermetures d'axes routiers pour travaux, les accidents, bouchons et autres incidents susceptibles de réduire la circulation. S'il fonctionne actuellement sous une

forme expérimentale, le site devrait évoluer pour offrir à terme un service complet d'information sur les déplacements aux usagers, en présentant l'offre en matière de moyens de transports sur l'agglomération toulousaine ainsi que l'état en temps réel des réseaux routiers ou des transports collectifs.

Cette information, largement relayée par les médias locaux ( presse écrite, radios, télévisions... ) sera prochainement accessible sur le GPS.

## Toulouse demain

Il est possible de mesurer, à ce stade, ce que sera Toulouse demain suite à la mise en œuvre de ces aménagements et procédures.

### ► Une meilleure répartition des moyens de transport

L'agglomération toulousaine se caractérise par son étalement urbain. Les communes du grand Toulouse ne constituent pas une zone d'habitat regroupé et dense. Ce qui peut apparaître comme agréable en matière de qualité de vie se révèle peu adapté en matière de transports en commun et, de fait, de développement durable. Le réseau toulousain présente, dans une telle configuration, d'évidentes faiblesses. La ligne B du métro va donner au réseau sa colonne vertébrale par la création de ce que l'on appelle "la croix du métro" du fait de sa connexion avec la ligne A. Le réseau bus va être entièrement réorganisé en s'appuyant désormais sur les stations dans le cadre de la multiplication de l'intermodalité bus-métro. Cette réorganisation permettra, par ailleurs, le renforcement des lignes passant dans les quartiers les plus éloignés des stations de métro. La création de nouveaux parkings de dissuasion en entrées de ville et l'extension des parkings existants devraient faciliter la connexion entre les zones mal couvertes en transports en commun pour un accès facilité en hyper centre. La création de sites propres comme l'axe Gramont-Balma-Quint et le premier axe tramway (Blagnac-Arènes) devraient renforcer l'attractivité des transports en commun et entraîner une baisse de l'usage des véhicules individuels.

Les déplacements en centre ville seront eux aussi facilités par l'extension considérable du plateau piétonnier y compris sur l'axe structurant de la Rue d'Alsace, par le maillage des stations de métro des

deux lignes A et B et par les multiples aménagements dédiés aux deux roues (vélos stations, stationnements aménagés, résorption des ruptures des continuités cyclables...).

Cette nouvelle organisation des modes de déplacement vise clairement au ré-équilibrage des moyens de transports, meilleure arme contre l'actuelle congestion urbaine.

### ► De nouvelles logiques urbaines

Ces évolutions apparaissent comme fondamentales et traduisent véritablement un changement de mode de vie. L'enjeu est clair. Il est impossible de rester dans la simple perspective d'un déplacement solitaire en véhicule individuel. Une nouvelle manière de se déplacer doit être mise en œuvre. Il est du rôle des élus de participer et d'accompagner ces mouvements. Il faut pour cela convaincre plutôt que contraindre. Cela passe par la

mise en place d'alternatives véritablement attractives. Le choix d'un mode de transport peut dépendre de nombreux facteurs mais l'efficacité et la facilité du déplacement constituent des données de base. Il est vain de croire que l'on peut convaincre les usagers d'utiliser – pour de simples raisons morales – des modes alternatifs de déplacement. A l'inverse lorsque ces moyens de se déplacer deviennent aussi attractifs que les moyens individuels, le pari est alors gagné. La ville retrouve de la mobilité et les congestions se résorbent.

# La gestion et l'automatisation des feux tricolores à Toulouse

*Jean-Michel Lattes*  
Conseiller municipal délégué  
à la circulation, aux transports  
et au stationnement

*Patrick Lafont*  
Ingénieur du service circulation  
à Toulouse

## Un peu d'histoire

Les premiers feux de contrôle des flux de circulation sont apparus à la fin du 19<sup>e</sup> siècle à Londres. Ils étaient constitués de lentilles colorées vertes et rouges qui pivotaient autour d'une lanterne au gaz. Diverses technologies ont été testées pour arriver en 1914 où apparaissent les premiers feux électriques bicolores aux Etats-Unis. En France la première installation de feux, eu lieu en 1923 à Paris. C'est à l'intersection de la rue d'Alsace et de la rue de Metz que le premier carrefour à feux a été installé à Toulouse. Les automates et les signaux lumineux s'inspirent des matériels jusqu'alors développés pour le milieu ferroviaire. Les séquences de feux étaient commandées

par des dispositifs électromécaniques, arbre à came par exemple. Les premières générations d'automates électroniques sont apparues courant des années 1970, celles à microprocesseurs dans la décennie suivante.

## Les installations de signalisations tricolores

La création d'un carrefour à feux relève d'une problématique complexe où se confrontent des éléments aussi variés que les dimensions géométriques de l'intersection, la situation géographique dans ou hors agglomération, la présence ou l'absence de générateur de trafic important, la proportion de piétons et/ou de cyclistes, l'existence de lignes de transports en commun, de la présence

proche d'autres intersections, du relevé d'accident, de l'existence d'un sentiment d'insécurité, des volontés politiques, etc.

L'aménagement d'un carrefour doit donc être le résultat d'une démarche réfléchie qui doit aussi tenir compte des coûts générés, des éventuelles nuisances générées par le carrefour et de la volonté de favoriser tel ou tel type d'usagers.

La mise en place d'une installation de signalisation lumineuse doit correspondre à une démarche visant à accroître la sécurité : tout usager doit pouvoir franchir l'intersection sans qu'il ne soit confronté à un danger.

En termes d'infrastructure, le projeteur doit porter son attention sur les éléments suivants :

- Réaliser un aménagement le plus lisible possible.



- Réduire les longueurs de traversées piétons.
- Améliorer la perception de tous les signaux lumineux.
- Limiter les temps d'attente des divers usagers.

Il existe donc une très forte interaction entre infrastructure et gestion des temps alloués aux divers usagers.

Les Contrôleurs de carrefour visent à gérer des conflits, pour cela une installation de feux tricolores permet d'admettre dans une intersection des courants de circulation considérés comme compatibles dans la même séquence de temps.

Cette gestion est assurée par des automates spécialisés dénommés Contrôleurs de carrefour. Ces matériels fonctionnent de manière autonome ou sont asservis à des systèmes de coordination. Les principales fonctions qu'ils assurent sont :

Commander les sources lumineuses : elles doivent suivre scrupuleusement les commandes de l'automate. Des contrôles sont donc réalisés continuellement entre commande et retour d'informations sur l'état des feux. Si un défaut est constaté l'installation passe au jaune clignotant sur tous les signaux destinés aux véhicules.

► Assurer les sécurités de fonctionnement : Les mouvements de véhicules ou de piétons antagonistes sont décrits à l'automate. Celui-ci vérifie en temps réel que deux mouvements en conflit ne peuvent être à l'état vert simultanément. Cette étape est fondamentale car elle engage le gestionnaire de voirie et permet de gérer les éventuels contentieux.

► Mettre en œuvre un ou plusieurs réglages plans de feux : le réglage des temps de vert doit être ajusté au plus proche des conditions réelles de circulation. Pour ce faire un contrôleur peut commuter des réglages différents en fonction des heures de la journée par exemple. Une autre possibilité consiste à utiliser des fonctions d'automatisme spécifiques aux contrôleurs de carrefours. Ce sont les fonctions de micro régulation qui sont décrites dans un chapitre suivant.

► Dialoguer avec différents périphériques : un contrôleur de carrefour permet de gérer un carrefour de manière indépendante. Mais les configurations des agglomérations font se succéder les intersections. Il faut donc réaliser des coordinations entre ces installations. Ce sont les fonctions de macro régulation qui se-

ront décrites dans un chapitre spécifique. Le contrôleur doit pouvoir communiquer avec les PC de supervision et de commande

► Assurer une assistance à la maintenance : les défauts pouvant éventuellement apparaître sont tracés dans un journal de bord. Ceci permet de préciser aux équipes de dépannage les contextes de fonctionnement et de fournir des éléments de réponse aux requêtes des usagers.

La gestion des temps : Un contrôleur de carrefour fonctionne sur un réglage de temps de base, appelé plan de feux de base. Par exemple pour un carrefour simple, les séquences se succèdent comme suit :

La durée des états 1 et 2 dépend du nombre de véhicules pouvant être présents aux heures de pointes par exemple. Le temps de cycle, c'est-à-dire le temps de la somme des états 1 et 2, est le plus souvent inférieur à 80 secondes.

## ► Les fonctions de micro régulation

Le fonctionnement sur des plans de feux à temps fixe présente l'inconvénient de ne pouvoir s'adapter aux conditions réelles de circulation. En particulier le cycle précédemment décrit génère des temps longs la nuit, que les automobilistes pourraient ne pas respecter et les conduire à franchir les feux au rouge. C'est pourquoi des algorithmes spécifiques d'optimisation furent développés ce sont les fonctions de micro-régulation.

On distingue :

### • Les fonctions d'escamotage :

Si une séquence n'est pas demandée par des véhicules ou des piétons elle n'est pas servie. C'est le cas la nuit où des voies transversales restent au rouge tant qu'il n'y a pas de demande. C'est aussi le cas pour les passages piétons en section courante où s'il n'y a pas de piéton les feux restent au vert pour les voitures.

• Les fonctions d'adaptativité sur état : Cette fonction joue sur les temps de vert. Dans le plan de feux initial, le temps prévu était de 40 secondes. Or s'il n'y a plus de véhicules à évacuer en entrée du carrefour il est inutile de rester sur une phase verte, il vaut mieux passer au rouge et servir les autres voies. C'est le rôle de la micro régulation d'adaptativité sur état.

### • Les outils de la micro régulation :

Pour mettre en œuvre ces fonctions,

l'automate a besoin d'informations provenant de son environnement. C'est le rôle que jouent les capteurs de trafic. Dans la grande majorité des cas ce sont des boucles électromécaniques, constituées de câbles électriques noyées dans la chaussée, et qui permettent de détecter la masse métallique des véhicules. Ces capteurs à boucles peuvent être remplacés par des capteurs radars à effet Doppler ou par des capteurs optiques.

## ► Les fonctions de macro régulation et les Postes de Gestion du trafic

Le trafic automobile augmentant les gestionnaires ont réalisé de nombreux carrefours à feux. Cette multiplication d'installations lumineuses a conduit à générer des bouchons importants. Industriels et chercheurs ont donc développé des techniques de coordination entre les différents carrefours à feux. Les premiers coordinateurs de zone sont apparus en France dans les années 1960. Leur rôle était de créer des "ondes vertes" qui génèrent des apparitions de vert au fur et à mesure de l'avancée des pelotons de véhicules. Très rapidement et grâce aux progrès de l'informatique les postes de gestion et de commandes se sont imposés dans les grandes et moyennes agglomérations.

La Mairie de Toulouse s'est intéressée dès le début des années 1970 à la problématique de la gestion coordonnée des feux tricolores. Un premier PC fut aménagé en 1972. Il était le résultat d'une collaboration entre la Mairie de Toulouse, le LAAS et la Compagnie Générale d'Automatisme. Il commandait 36 carrefours. En 1983, le PC Capitoul fut installé et commandait 210 carrefours. Depuis 1999 le PC Capitoul 2 est aménagé dans les locaux de Campus trafic et supervise 500 installations de carrefours à feux.

## ► Le rôle des PC de Gestion

La mission principale des PC est de participer à la gestion des déplacements sur leur domaine de compétence géographique. Ils mesurent en temps réel les états représentatifs des conditions de déplacements et agissent sur les différents actionneurs à leurs dispositions. Ce sont un des outils des Plans de Déplacements Urbains. A l'origine, dédiés essentiellement au trafic automobile, le rôle des PC s'est progressivement orienté vers une gestion multimodale.

Les objectifs opérationnels :

## • Optimiser la commande des feux tricolores :

Les objectifs généraux sont : Arbitrer entre les différents modes de transports, réguler les temps de parcours, diminuer le nombre d'arrêts.

Les contrôleurs de carrefours sont connectés aux calculateurs par des réseaux de transmission, transmettent en temps réel les mesures de trafic (nombre de véhicules présents à certains points du réseau, mesure de la fluidité en ces points). Ensuite les calculateurs renvoient les commandes de séquences de feux vers les contrôleurs. Le PC agit sur les temps de vert, de rouge et sur les décalages entre les différents carrefours à feux. Le schéma suivant résume le fonctionnement.

### ► Ce dispositif de contrôle/ commande se déroule suivant plusieurs séquences d'analyse :

1) Toutes les 3 minutes les calculateurs fixent la stratégie à appliquer sur les feux d'une zone de trafic homogène. C'est par ce moyen que l'on peut appliquer des réglages différents entre les heures de nuit, les heures creuses et les heures de pointe. Pour ces dernières, des réglages différents sont réalisés pour les heures d'entrée et de sorties. Dans les zones saturées, les paramètres de feux visent à retarder le plus possible l'apparition des bouchons et s'ils se constituent, à mettre en œuvre des stratégies de contrôle de sas qui permettent de limiter le blocage des chaînons internes des carrefours.

2) Tous les cycles (entre 50 et 90 secondes) certains carrefours critiques peuvent remettre en cause les réglages de la stratégie initiale afin d'optimiser localement le fonctionnement de certaines branches du carrefour.

3) Sur quelques carrefours il est aussi possible de conditionner l'apparition de séquences de feux à la présence ou l'absence d'événements particuliers. L'analyse est réalisée toutes les secondes et cette fonction est principalement utilisée pour favoriser les transports en commun.

Les automatismes précédemment décrits ne peuvent traiter tous les phénomènes particuliers de circulation. C'est pourquoi les opérateurs du PC peuvent toujours se substituer aux calculateurs et commuter des réglages spécifiques permettant de gérer ces événements. Ils disposent à ces fins d'un réseau de vidéo surveillance des carrefours et de synoptiques synthétisant les états et événements de trafic.

### • Optimiser la maintenance

Les contrôleurs à feux sont des matériels gérant la sécurité des carrefours. Le PC permet de surveiller leur bon état de fonctionnement et si un défaut se produit de mobiliser les équipes de maintenance. Les différents états de fonctionnement des contrôleurs sont tracés dans des journaux de bord qui permettent ainsi de traiter les requêtes des usagers. Les analyses des états de défauts servent aussi à organiser les opérations de maintenance préventive.

### • Obtenir des données statistiques

Toutes les informations transmises par les réseaux de mesures de terrain alimentent des bases de données trafic. Les informations collectées permettent par la

suite de construire des indicateurs de trafic destinés :

- à l'évaluation de l'efficacité des plans de feux calculés et éventuellement de les corriger ;
- à l'établissement de macro indicateurs de trafic qui permettent de suivre l'évolution des déplacements sur l'agglomération ;
- à la communication vers les usagers.

Pouvoir informer les usagers outre les automatismes précédemment décrits un des leviers importants sur les conditions de déplacements consiste à informer l'usager final. Cette diffusion doit permettre le transfert des situations temps réel et d'informations prévisionnelles. Le PC Capitoul élabore de manière automatique les états de trafic et reçoit des informations sur les événements se déroulant sur les rues qu'il gère et sur les voies exploitées par les partenaires.

A partir de ces éléments il est donc possible de :

- réaliser des cartographies temps réel des conditions de circulation qui sont médiatisées par Internet (site [Toulouse.Deplacements.com](http://Toulouse.Deplacements.com)) ;
- de transmettre ces informations à des radios ou télévision (Radio Trafic 107,7, TLT,...) ou à des opérateurs qui diffusent de l'informations embarquées (Via Michelin, Médiamobile,...) ;
- d'alimenter les gestionnaires des autres réseaux de déplacements (DDE, ASF, TIS-SEO, SNCF, Département, Services de Secours, police...)
- d'utiliser des Panneaux à Messages Variables.

## En guise de conclusion

Les feux tricolores qui étaient à l'origine des outils essentiellement destinés à solutionner des problèmes de sécurité sont devenus progressivement des instruments de gestion des déplacements. Ils participent aujourd'hui à la gestion multi modale et, en permettant de favoriser les modes doux et les transports en commun, de construire une cité vivante qui s'inscrit dans les perspectives du développement durable.

