



Ce document a été réalisé par Citec avec la collaboration du bureau Transitec et de l'atelier Urbagraphics, sous la direction de l'Office des Transports et de la Circulation du Canton de Genève.

Reproduction autorisée avec mention de la source: Citec-Régulation Mars 1996

5

PRÉAMBULE

- Une signalisation lumineuse à votre service

6

INTRODUCTION

- La régulation du trafic depuis quand?

8

LA RÉGULATION, UN OUTIL PARMI D'AUTRES

- Pourquoi la régulation lumineuse?

10

LA RÉGULATION AU QUOTIDIEN

- Les outils de détection
- Les outils de décision
- Les outils de signalisation

14

MOYENS POUR ASSURER LA MAÎTRISE DU TRAFIC

- Contrôle d'accès et bipasse
- Priorité TC aux carrefours
- Carrefours coordonnés, liés ou isolés

17

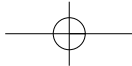
LES INSTRUMENTS CENTRALISÉS DE TRAITEMENT
ET DE DÉCISION

- La gestion générale du trafic
- Le poste central de régulation du trafic (PCRT)

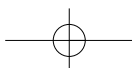
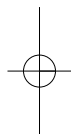
19

PERSPECTIVES D'AVENIR

- La technologie au service de la gestion



réq



Régulation

Une signalisation lumineuse au service

Usagers des transports publics, automobilistes, chauffeurs poids-lourds, conducteurs deux-roues, ou piétons, nous sommes tous confrontés journalièrement aux contraintes du système des transports.

Les déplacements occupent en moyenne deux heures de notre quotidien, et ce, quel que soit le mode choisi.

Cette remarque liminaire démontre l'importance de bien gérer les problèmes de circulation avec toute la compétence requise.

Les objectifs de la gestion du trafic sont multiples, et peuvent paraître souvent antinomiques : en effet, il convient d'assurer la mobilité de la population tout en préservant la qualité de l'air; il convient également de maintenir l'accessibilité des centres urbains, tout en assurant la fluidité du trafic; il convient encore d'assurer ces mouvements dans le respect de la législation en vigueur et de nos attentes en matière de sécurité.

L'Office des Transports et de la Circulation (OTC) a pour mission de mettre en oeuvre tous les moyens à sa disposition pour gérer ces problèmes. Il lui incombe plus particulièrement de le faire en respectant les aspirations de la population genevoise, des autorités et des associations.

La régulation lumineuse des carrefours est l'une des composantes essentielles de cette gestion. Elle vise à assurer non seulement la

maîtrise du trafic, mais également une sécurité accrue pour l'ensemble des usagers de la route. De plus, elle permet de moduler la gestion du trafic en faveur des différents modes de transports.

L'évolution technologique permet aujourd'hui d'envisager une exploitation plus performante au service de l'ensemble des usagers.

Cette brochure a pour but de vous faire partager nos connaissances sur la régulation et de mieux vous faire comprendre nos objectifs, en souhaitant qu'ils soient également les vôtres.

Frédé Wittwer
Directeur de l'OTC



PRÉAMBULE



INTRODUCTION

La régulation du trafic depuis quand?

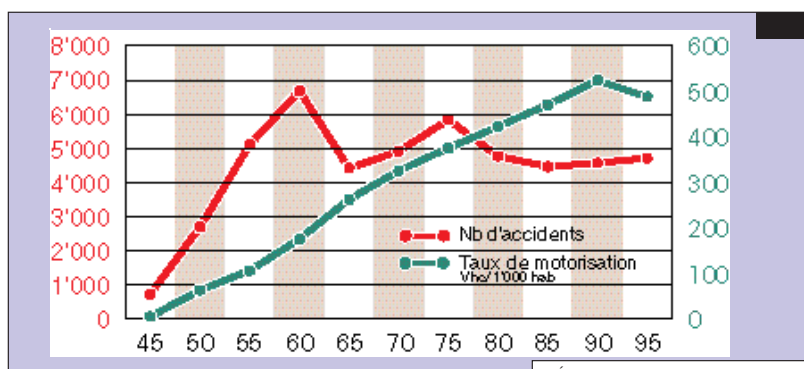
En 1996, 338 intersections sont contrôlées par signalisation lumineuse à Genève, soit pour un jour de semaine plus de 5'000'000 de véhicules «régulés» par jour. 277 carrefours sont coordonnés et on compte plus d'une centaine de feux clignotants (signalisation des écoles, passages piétons, etc.).

L'évolution fulgurante des déplacements, d'abord en voiture puis en transports collectifs n'est plus à retracer. A Genève, le nombre de véhicules a presque doublé en vingt-cinq ans (125'000 en 1970 et 218'000 en 1995), la saturation qui ne touchait que le centre-ville en 1960 s'étend aujourd'hui à l'ensemble du réseau routier de l'agglomération. Pourtant, l'équipement progressif des carrefours avec une signalisation lumineuse a permis d'abord de maîtriser ces augmentations, puis de prendre en compte les diverses exigences des transports publics, des piétons et des deux-roues (à l'origine, les signaux lumineux ne concernaient que les voitures) et enfin il a aussi permis de réduire le nombre des accidents.

Pour rappel, l'équipement de la première installation de signalisation lumineuse remonte

à 1933. Il s'agissait d'une installation automatique d'un genre assez original, la «lanterne japonaise», qui devait assurer la régulation du trafic à l'intersection boulevard Georges-Favon/rue du Stand jusqu'en 1948. Elle fut alors remplacée par la première installation «conventionnelle» (feu tricolore), mais la gestion du carrefour resta fixe et isolée.

La première régulation centralisée du trafic a été mise en service en 1964 sur l'axe des Acacias, bientôt suivi par celui des Charmilles en 1968. L'évolution de l'équipement des carrefours, aussi rapide que constante, nécessita bientôt de disposer d'une certaine «intelligence» pour mieux adapter le fonctionnement des signaux lumineux en fonction des besoins du trafic. Le premier ordinateur de commande carrefour



Évolution du taux de motorisation et du nombre d'accidents



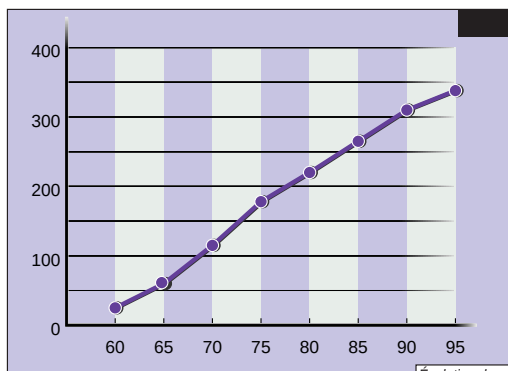


(poste de commande centralisé PC) a été mis en service en 1971 à Cornavin, suivi de Rieu en 1978, d'un complément à Cornavin en 1982 et de Meyrin en 1985. Le remplacement des anciennes centrales électromécaniques des Acacias et des Charmilles fut réalisé en 1988. Dans ce système de régulation, la plus grande partie des carrefours régulés de l'agglomération sont gérés par les ordinateurs centraux (PC), travaillant de manière indépendante, ce qui implique une fragmentation géographique, chaque PC pouvant gérer environ 50 carrefours.

D'une part, les diverses situations devenant

de plus en plus conflictuelles et les demandes de performances de plus en plus pointues et d'autre part la technologie ayant beaucoup évolué, l'intelligence a pu être distribuée localement au niveau des carrefours. En effet ceci permet la prise en compte des demandes locales en temps réel, tout en conservant un contrôle centralisé par le nouveau poste central de régulation du trafic (PCRT) assurant la maîtrise globale du trafic multimodal.

Grâce à la mise en place de ce nouveau système de régulation du trafic, le trafic individuel et ses fortes variations journalières pourra être mieux maîtrisé, les transports publics et les piétons d'avantage favorisés en fonction de leurs besoins et la sécurité en



général encore améliorée.

Évolution du nombre de carrefours régulés par signalisation lumineuse

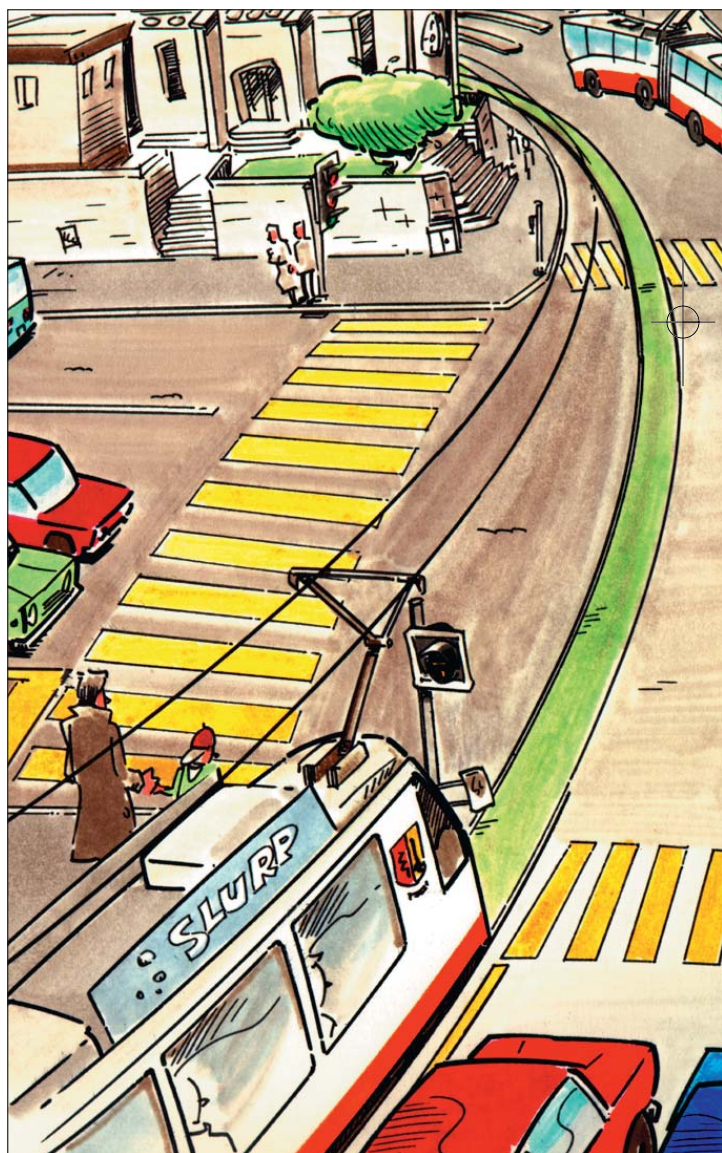


Pourquoi la **régulation** lumineuse?

La gestion du trafic en milieu urbain est des plus complexes. Pour atteindre les différents objectifs de développement urbain, d'urbanisme et de gestion des espaces publics, tout en respectant l'environnement, une approche multimodale est nécessaire, à savoir une véritable politique des déplacements. La maîtrise des flux de circulation est la condition sine qua non pour la mise en place d'une réelle gestion des différents flux de circulation en constante augmentation.

Pour mettre en place la politique des transports de Genève (C2000), différents outils sont à la disposition du planificateur, soit bien entendu la régulation lumineuse du trafic, mais aussi la hiérarchisation du réseau - à savoir pour C2000, le réseau routier primaire garantissant une circulation fluide, le réseau secondaire où la priorité est accordée aux transports collectifs (nouvelle loi sur le réseau des transports publics 1988) et le réseau de quartier où les circulations douces sont favorisées - une politique du stationnement, un plan directeur du développement des transports collectifs, l'aménagement du territoire (localisation des nouveaux pôles d'attraction), la modération du trafic, le jalonnement dynamique, etc.

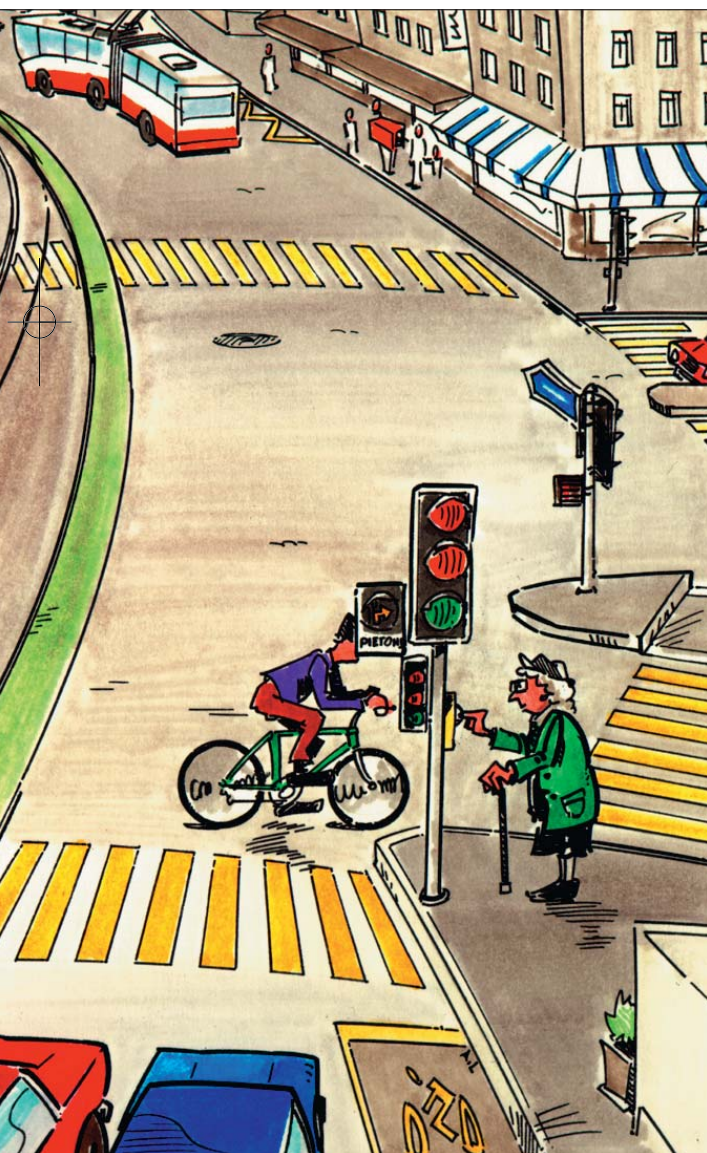
Aux intersections, les conflits sont impor-





tants et la sécurité n'est pas toujours assurée. De plus, en terme de capacité (nombre de véhicules par heure), les carrefours constituent le maillon faible du réseau routier (convergence et entrecroisement des flux). Il existe deux solutions; la séparation des mouvements dans l'espace (passages dénivelés) et dans le temps (cédez le passage, stop et régulation). Les giratoires constituent une catégorie intermédiaire, puisqu'ils agissent à la fois sur la séparation dans l'espace (aménagement) et la séparation dans le temps (perte de priorité aux entrées).

Lorsque les flux de trafic sont importants et



la place à disposition restreinte, comme c'est le cas en milieu urbain, la régulation lumineuse du trafic est le principal, voire souvent le seul outil à disposition permettant d'atteindre au mieux les objectifs définis et assurer la maîtrise du trafic, la gestion des priorités et la sécurité de tous les usagers.



LA RÉGULATION AU QUOTIDIEN

régulation

Les éléments «physiques» de régulation lumineuse constituent la base du système de régulation, en transmettant les informations du véhicule à l'ordinateur et de l'ordinateur aux usagers.

Les différents éléments constitutifs des carrefours peuvent être classés en trois catégories; les outils de **détection**, les outils de **décision**, et les outils de **signalisation**.

Légendes

Les outils de **détection**

- 1 Boucles de détection véhicules
- 2 Boutons poussoirs (piétons et cycles)
- 3 Récepteur radio

Les outils de **décision**

- 4 Contrôleur de carrefour
- 5 Liaisons internes
- 6 Liaison externe

Les outils de **signalisation**

- 7 Boîtes à feux (véhicules, TPG et piétons), signaux

Liaison

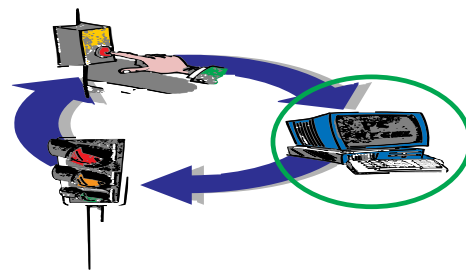
Les outils de **détection**



On compte aujourd'hui environ 1'700 boucles de détection dans le canton, tous types confondus. L'OTC dispose de son propre réseau de canalisations abritant plusieurs milliers de kilomètres de câbles progressivement complétés par de la fibre optique entre les pôles importants. Il n'était auparavant pas possible de rassembler autant d'informations, le nombre de boucles étant limité par carrefour en raison d'une part du nombre important de liaisons par fils nécessaires pour relier ces outils à l'ordinateur qui les traite, et d'autre part aux performances limitées dudit ordinateur.



Les outils de décision



Les contrôleurs de carrefours permettent de traiter une partie de l'information directement dans le carrefour. Ils peuvent être isolés ou coordonnés et gèrent jusqu'à 32 groupes de feux. Ce type de contrôleur, doté d'un microprocesseur, permet de gérer la signalisation lumineuse de manière adaptative en tenant compte de façon très précise de l'évolution du trafic en temps réel (grâce aux outils de détection) et permet donc de résoudre, dans un contexte général, les problèmes locaux sur la base de stratégie, de priorités prédéfinies, etc. (priorités bus, passage des pompiers, ondes vertes à certaines heures, déblocage d'un carrefour, désaturation de tronçons, etc.). Le tram 13 est un exemple concret; lorsqu'il quitte une station, il rejoint la suivante sans s'arrêter. Les feux sont commutés en sa faveur, si nécessaire en modifiant la succession et la durée des autres phases vertes. Dans le cas où les conditions de passage du tram sans arrêt ne peuvent être assurées, par exemple à cause d'une longue traversée piétonne en conflit sur le tronçon, une prolongation de la durée d'arrêt du tram sera commandée de façon à

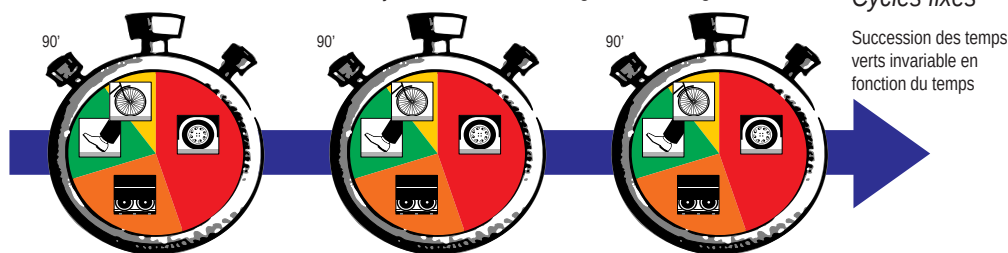
favoriser la montée d'éventuels passagers supplémentaires.

Ces outils de décision permettent en parallèle d'assurer le contrôle et la surveillance du système, facilitent les tâches d'entretien en indiquant presque instantanément les déficiences diverses telles que lampes, boucles, contrôleurs ou autre, garantissant ainsi la sécurité des usagers et la maîtrise du système. D'autre part, ils assurent également des fonctions statistiques.

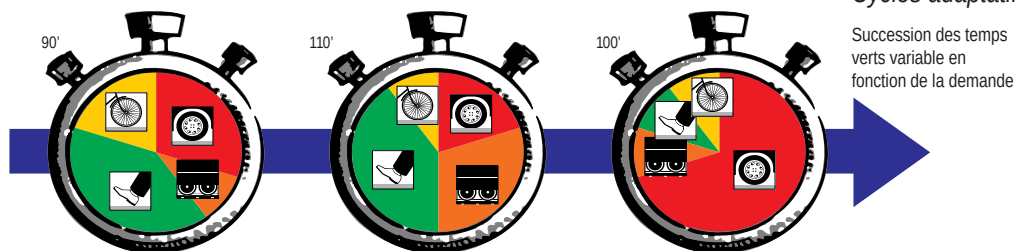
Ces possibilités n'existaient pas avec les armoires de carrefours (ancien système de régulation) sans microprocesseurs. Le temps était alors fixe ou éventuellement sur demande, mais avec une durée prédéterminée, d'où des temps d'attente souvent inutiles pour les piétons et les véhicules, des flux de trafic ou des files d'attente moins bien gérées, etc.

Ce sont les feux lumineux, connus de tous. On appelle «boîtes à feux» les lanternes permettant de signaler à l'usager concerné, la

Cycles fixes



Cycles adaptatifs



La régulation à temps fixe et adaptative

Les outils de signalisation

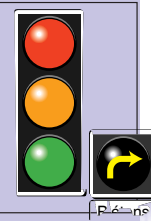
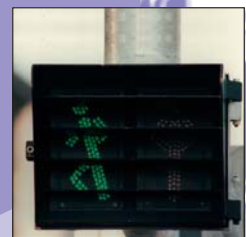
possibilité ou l'interdiction de circuler. Un «groupe de feux» est constitué de l'ensemble des boîtes à feux s'adressant à un même mouvement (véhicule, TPG ou piéton).

C'est l'aboutissement du processus complexe de la régulation lumineuse du trafic. L'information, après avoir été décodée et traitée (choix d'une stratégie de régulation), le feu passe du vert au rouge (ou vice et versa), le bouton poussoir vibrotactile pour malvoyants se manifeste, les feux clignotants signalent le prochain passage du tram, etc. Il faut relever qu'un feu tram, également utilisé pour les bus, a été créé en collaboration avec les conducteurs exclusivement pour le système de régulation du trafic de Genève et que les bons résultats obtenus laissent présager de son utilisation dans d'autres villes.

Les outils de signalisation permettent également d'informer l'usager que sa demande a été prise en considération (témoin lumineux).

Il faut noter que seuls les automobilistes ne bénéficient pas de cette fonction, les piétons, les deux-roues et les transports en commun sont avertis que leur demande est prise en compte.

Lors d'un conflit véhicule tournant à gauche ou à droite avec un passage pour piétons, un feu jaune clignotant avec la flèche indiquant le sens concerné ainsi qu'une plaquette avec la mention piétons sont installés à côté du feu rond.



Fonctionnement du nouveau feu destiné aux transports publics



Pas de demande, passage interdit



Dans les 3 secondes, voie libre, passage interdit mais préparation au départ



Demande enregistrée et passage interdit



Demande encore enregistrée et voie libre



A un arrêt TPG:
Moment favorable pour la fermeture des portes



Demande encore enregistrée
Fermeture du signal dans les secondes, voie libre

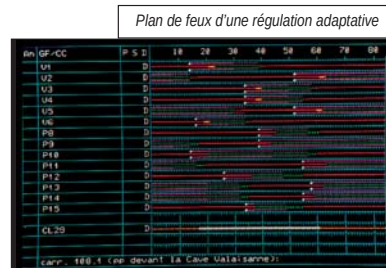
A un contre-feux sans arrêt TPG:
Indication de l'ouverture probable du signal dans les 8 secondes
Dans tous les cas, passage interdit



MOYENS POUR ASSURER LA MAÎTRISE DU TRAFIC

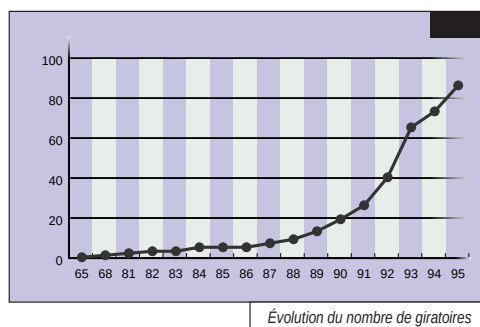
L'avantage d'une régulation par feux est la possibilité de gérer globalement la circulation, à l'échelle de l'agglomération, contrairement à la gestion ponctuelle que peut offrir un carrefour d'un autre type.

Par exemple les giratoires, souvent cités comme aménagement «réussi» d'un carrefour, ne peuvent pas offrir de priorité pour les transports collectifs (en dehors des couloirs d'accès au carrefour), et la sécurité et le confort des piétons et des deux-roues ne sont pas toujours satisfaisants. Comment parler dans ce cas de maîtrise du trafic? On appelle «stratégie de régulation» la partie



d'étude permettant de traduire en terme concret de concept de régulation - définition du rôle de chaque carrefour régulé, «matérialisée» par le plan de feux - les objectifs, principes ou directives définis par la politique des transports. En fonction des informations transmises sur l'état en temps réel du carrefour, une stratégie ou une autre sera adoptée.

La capacité d'un réseau routier est limitée - à

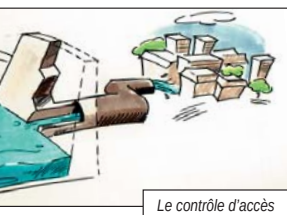


Les carrefours du contrôle d'accès

- 1er niveau de contrôle d'accès
- ◐ 2ème niveau de contrôle d'accès
- niveaux supérieurs



Contrôle d'accès et bipasse



Le contrôle d'accès



un instant donné - par l'offre maximale admissible (espace-temps) compte tenu de l'ensemble des objectifs définis, exactement comme en hydraulique où le débit d'eau ne peut être plus grand que le diamètre du tuyau ne le permet. Si la demande de trafic n'atteint pas cette offre, la circulation est continue et fluide, mais si elle dépasse l'offre maximale, une «accumulation» se crée naturellement au niveau du ou des points faibles. Ce phénomène crée les files d'attente. Il est intéressant d'en tirer parti en réduisant artificiellement l'offre maximale par l'installation d'un «feu robinet», permettant de régler le débit des véhicules pénétrant dans le noyau urbain en fonction de la capacité du réseau interne. Ce genre de feu permet la localisation des files d'attente en fonction de l'efficacité de son implantation et des nuisances qu'il peut occasionner.

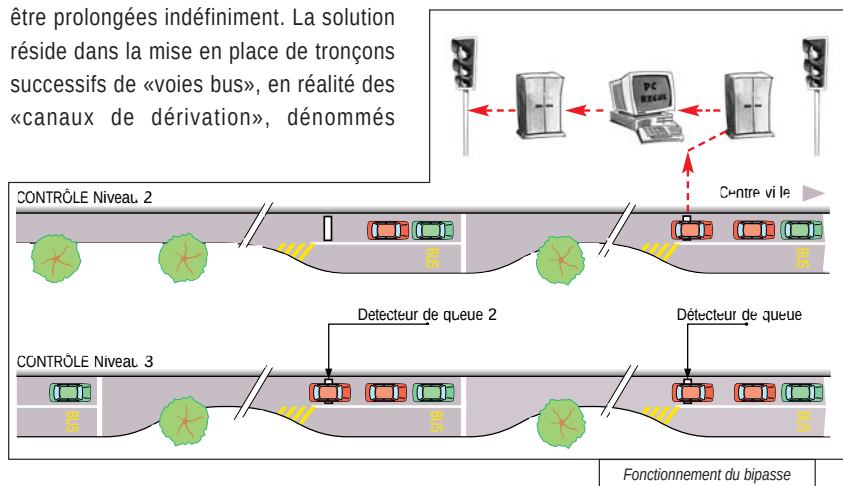
Concrètement, l'allongement des files d'attente dû à l'accroissement de la mobilité et de la motorisation a pour conséquence une difficulté toujours plus grande pour les véhicules des TPG d'atteindre les voies qui leurs sont réservées. Ces dernières ne peuvent être prolongées indéfiniment. La solution réside dans la mise en place de tronçons successifs de «voies bus», en réalité des «canaux de dérivation», dénommés

bipasses et qui permettent aux véhicules des TPG de devancer les files d'attente en amont des carrefours et de circuler quasiment dans les mêmes conditions que dans un site propre.

Ce principe de gestion de la voirie permet de gérer la circulation des TPG presque indépendamment du degré de saturation du réseau routier du centre-ville. Il est dynamique dans le temps et permet de s'adapter quasiment en temps réel aux conditions de circulation du moment. Finalement il ne pénalise pas ou peu la circulation des transports individuels, le débit pouvant être maintenu, seul l'emplacement des files d'attente est déplacé.

Ce concept nécessite la mise en place d'un système de régulation très performant, privilégiant le traitement immédiat des informations locales du trafic, mais en accord avec la stratégie générale.

Pour permettre le passage amélioré des transports collectifs (TC) dans les intersections, il est nécessaire de connaître le moment exact de leur arrivée. La technique



Priorité TC aux carrefours

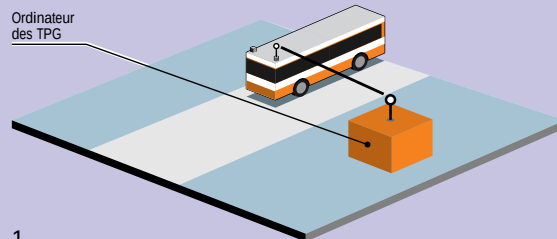
repose sur l'annonce anticipée et répétée des véhicules à l'approche des carrefours (outils de détection), qui permet une commutation opportune des phases de la signalisation lumineuse minimisant l'impact sur les autres usagers.

Dans le détail, les bus sont en liaison constante avec le poste de régulation centralisé du trafic (RCT) des TPG ce qui leur permet, entre autres, de connaître leur position dans le réseau, leur avance et retard sur l'horaire (1). Ce positionnement n'étant pas suffisamment précis pour une régulation du trafic performante, une balise située entre 200 et 500 mètres du carrefour indique au bus la distance exacte à laquelle il doit s'annoncer au contrôleur de carrefour (2). A la distance fixée, le bus envoie son annonce dans laquelle il indique son écart à l'horaire, son degré de priorité, etc. (3). Le contrôleur, en fonction de stratégies générales prédéfinies, met le groupe de feux au vert ou au rouge (4).

Les principaux axes à coordonner dans le centre d'une agglomération ont pour but de

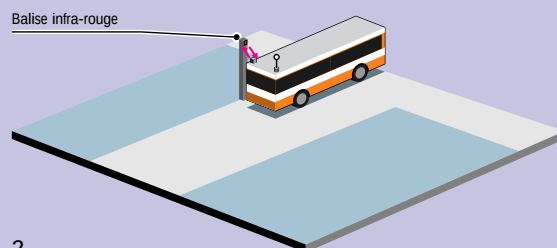
SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME (IFAS)[®] DE TRANSMISSION BUS - CENTRALE - CONTRÔLEUR

Les véhicules des TPG sont équipés d'un ordinateur informant en permanence le véhicule de sa localisation sur le réseau.



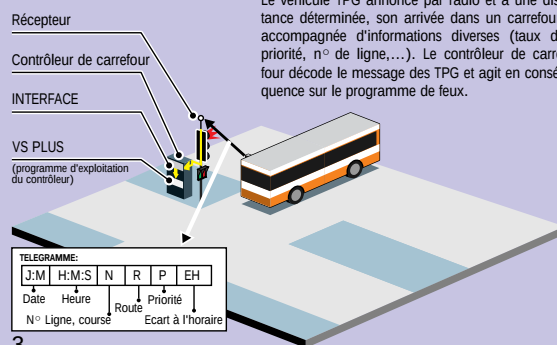
1

La balise indique au bus le moment où il doit signaler son arrivée au carrefour.



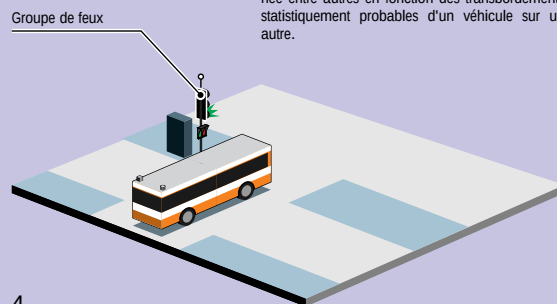
2

Le véhicule TPG annonce par radio et à une distance déterminée, son arrivée dans un carrefour, accompagnée d'informations diverses (taux de priorité, n° de ligne,...). Le contrôleur de carrefour décode le message des TPG et agit en conséquence sur le programme de feux.



3

Le groupe de feux se met au vert ou au rouge. La priorité entre deux véhicules TPG est déterminée entre autres en fonction des transbordements statistiquement probables d'un véhicule sur un autre.



4

rendre attractifs les déplacements sur certains itinéraires (par exemple telle ou telle radiale, ceinture ou rocade autoroutière) de

Carrefours coordonnés, liés ou isolés

façon à protéger d'autres zones, notamment le centre-ville. Ils sont l'essence d'une bonne maîtrise du trafic routier.

La possibilité de favoriser un itinéraire en jouant sur la durée des temps verts et en coordonnant les carrefours sur le parcours considéré (onde verte) est bien connue des usagers. L'onde verte permet également une modération du trafic par l'homogénéisation des flux de circulation. Les véhicules ont avantagé à rouler à vitesse constante (qu'il

est possible de modérer) pour ne pas être arrêtés au feu suivant. En minimisant les arrêts, les accélérations-décélérations et les files d'attente, la coordination des carrefours permet aussi de réduire les nuisances.

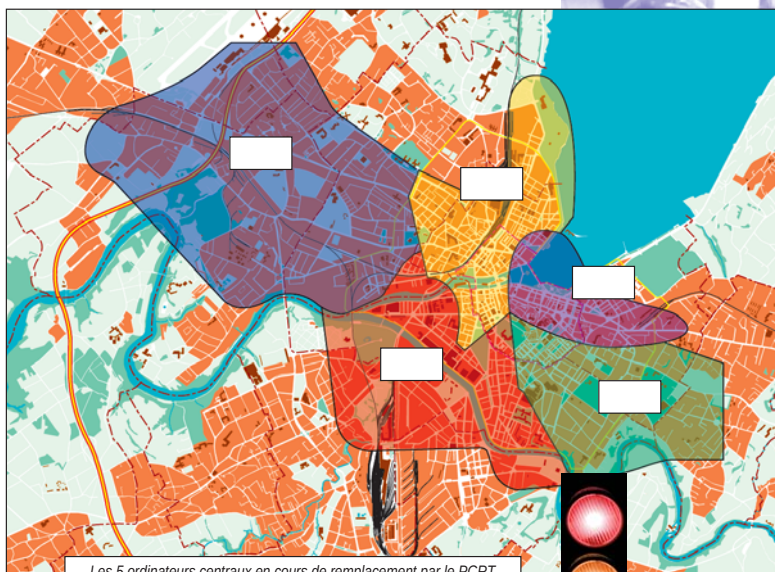
La gestion générale du trafic

Le choix de la meilleure stratégie (c'est-à-dire la succession et la combinaison des moyens utilisés) pour un cas donné peut être effectué directement par le poste central de régulation du trafic (PCRT) ou par le contrôleur de carrefour (outil de décision local). Dans le premier cas il s'agit de macrorégulation, soit un changement centralisé de programme en fonction de l'intensité du trafic (le matin ou le soir, en période de vacances, un jour férié, etc.). Les programmes de macrorégulation sont déjà entièrement prédéfinis, seule la décision sur le choix du programme se prend en temps réel. Le second cas, la microrégulation modifie localement le déroulement du cycle en temps réel, pour donner la priorité à une catégorie d'usagers: piétons, bus, cycles, etc. mais dans le cadre général défini par la macrorégulation.

Avec l'ancien système de régulation, la plus

grande partie des carrefours régulés de l'agglomération était gérée par cinq ordinateurs centraux (PC) travaillant de manière indépendante. Dès à présent et progressivement ces cinq postes centraux seront remplacés par le PCRT.

L'évolution du matériel informatique est une

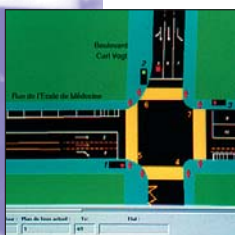
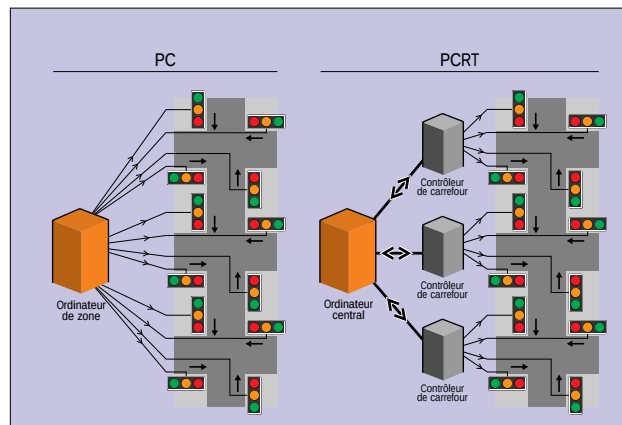


Les 5 ordinateurs centraux en cours de remplacement par le PCRT



LES INSTRUMENTS
CENTRALISÉS DE
TRAITEMENT ET DE
DÉCISION

Le poste central de régulation du trafic (PCRT)



donnée fondamentale dans l'amélioration des performances des systèmes de régulation. Les premières installations de commande étaient électromécaniques et les premiers ordinateurs ne pouvaient prendre en compte qu'un nombre restreint de variables (au maximum une ou deux boucles de détection par carrefour).

Aujourd'hui le nombre d'outils de détection n'est plus limité ni par le nombre de liaisons par fil, ni par la capacité de l'ordinateur. En contrepartie, l'augmentation des données à intégrer dans l'étude et la programmation de l'installation ont multiplié par un facteur important le temps de travail. Le logiciel d'aide à l'ingénierie de trafic CATE est une aide puissante pour la conception de la régulation par signalisation lumineuse, particulièrement en ce qui concerne la matrice des temps interverts, les plans de feux, les diagrammes «ondes vertes», ainsi que pour la programmation des contrôleurs de carrefours.

A titre d'exemple, pour gagner 3 minutes sur le temps de parcours du tram 12, soit une économie de 500'000 francs par année (un convoi en moins), la régulation de 23 carrefours a dû être retouchée.

Le poste central de régulation du trafic est doté d'un ordinateur performant effectuant les tâches de niveau supérieur. Il peut :

- grâce aux données fournies par les contrôleurs de carrefours, prendre des décisions quant au choix des programmes, globalement au niveau de la ville ou plus localement

par zone (programme TASS)

- commander directement un carrefour depuis le local d'exploitation
- présenter un synoptique de l'état des carrefours qu'il commande
- détecter les informations de panne à tous les niveaux du système (ampoules ou boucles défectueuses, mal fonctionnement du contrôleur, etc.)
- effectuer des statistiques de comptages, densité, files d'attente, etc. à partir des informations fournies par les détecteurs. Une représentation graphique des variations de trafic désirées est possible sur écran ou sur papier
- visualiser le fonctionnement d'un carrefour en temps réel, montrant la mise en relation des outils de détection avec ceux de décision et de signalisation, facilitant ainsi le contrôle.

Des écrans de contrôle permettent de visualiser les images des caméras situées le long de l'autoroute. De nouvelles installations seront bientôt posées en site urbain.

La technologie au service de la gestion du réseau

La régulation lumineuse du trafic ainsi que les techniques de gestion des informations à tous les niveaux sont en perpétuelle évolution. Outre la généralisation d'équipements existants: contrôleurs de carrefours à microprocesseurs, système vidéo, etc., de nouveaux moyens seront utilisés pour renforcer la maîtrise du réseau.

Jusqu'à présent, ce sont principalement les outils de décision qui ont été perfectionnés, afin de leur donner à la fois plus de souplesse et plus de capacité.

Aujourd'hui, ce sont les outils de détection qu'il faut moderniser pour assurer la fiabilité du système. Par exemple, un système de caméras vidéo (type télésurveillance), avec analyseur d'images reconnaissant les différents types d'usager et leurs mouvements, aura comme avantage un entretien facilité, le coût et la vision des carrefours en temps réel.

Les outils de signalisation seront également perfectionnés, par exemple il sera possible d'indiquer sur les panneaux à informations variables de l'autoroute quelle sortie

emprunter pour quelle destination ceci en fonction de la saturation des différents axes. De plus, le jalonement dynamique permettra d'aiguiller les automobilistes vers les parkings encore libres.

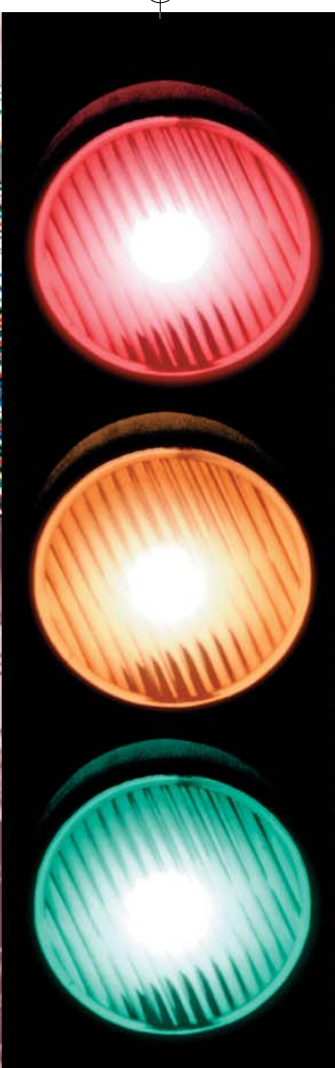
Les nouvelles technologies seront encore nombreuses, mais même si elles sont aujourd'hui encore inconnues, leur but sera, lui, toujours identique: assurer la maîtrise du trafic pour le confort et la sécurité de tous les usagers.

PERSPECTIVES
D'AVENIR

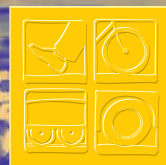




Une signalisation lumineuse à votre service



Mars 1996



PLESSEY