



MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT,  
DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DE LA MER

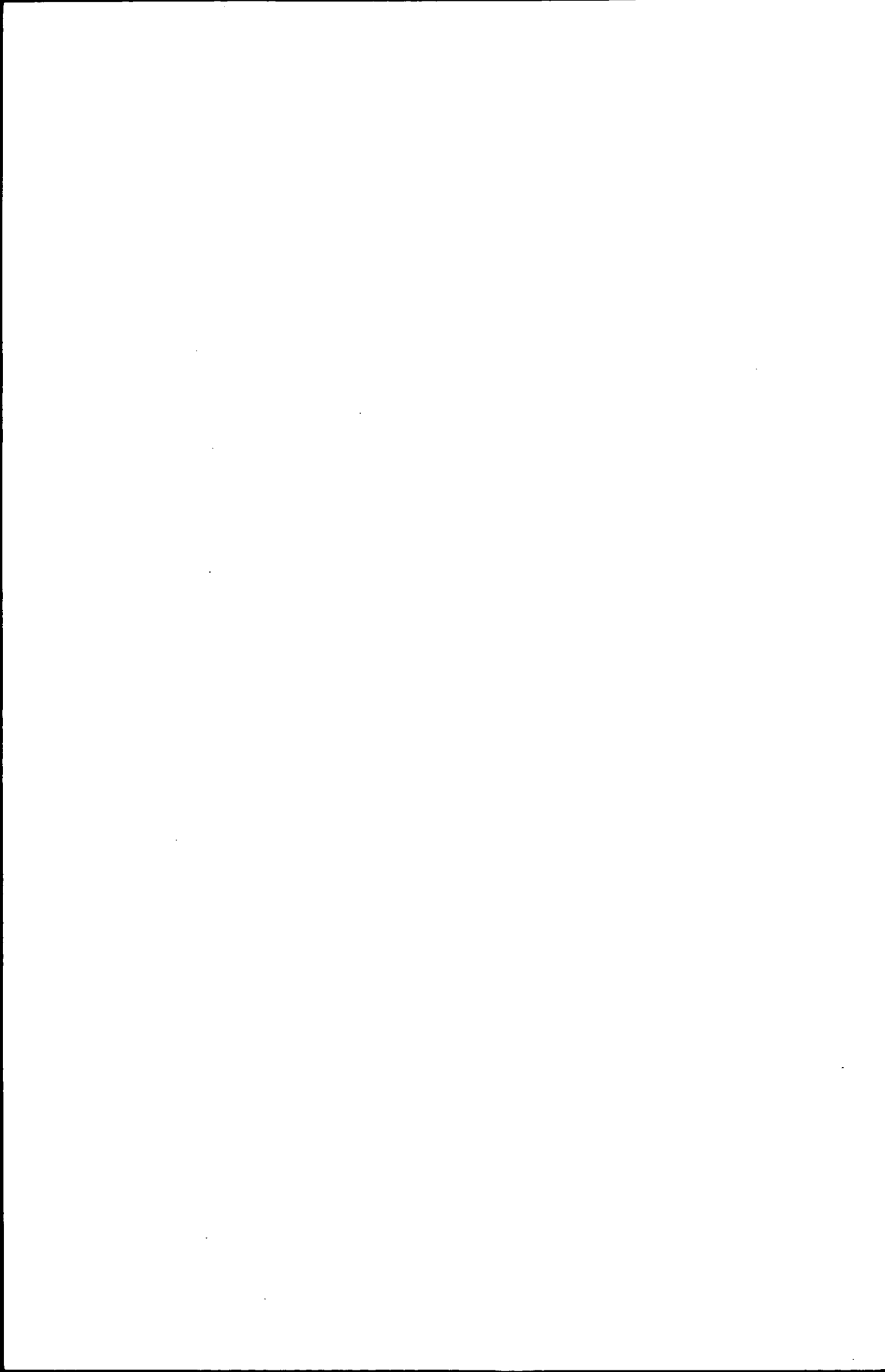
# GAGNER DU TEMPS SUR LE TEMPS

Le développement  
de l'information routière

Rapport présenté par René Mayer

LA DOCUMENTATION FRANÇAISE

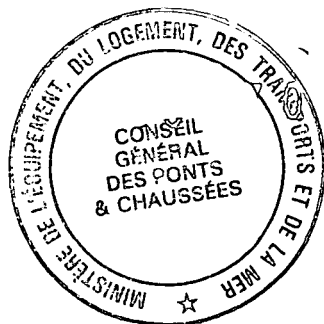
CDAT  
1225





CONSEIL GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES

# GAGNER DU TEMPS SUR LE TEMPS



Le développement  
de l'information routière

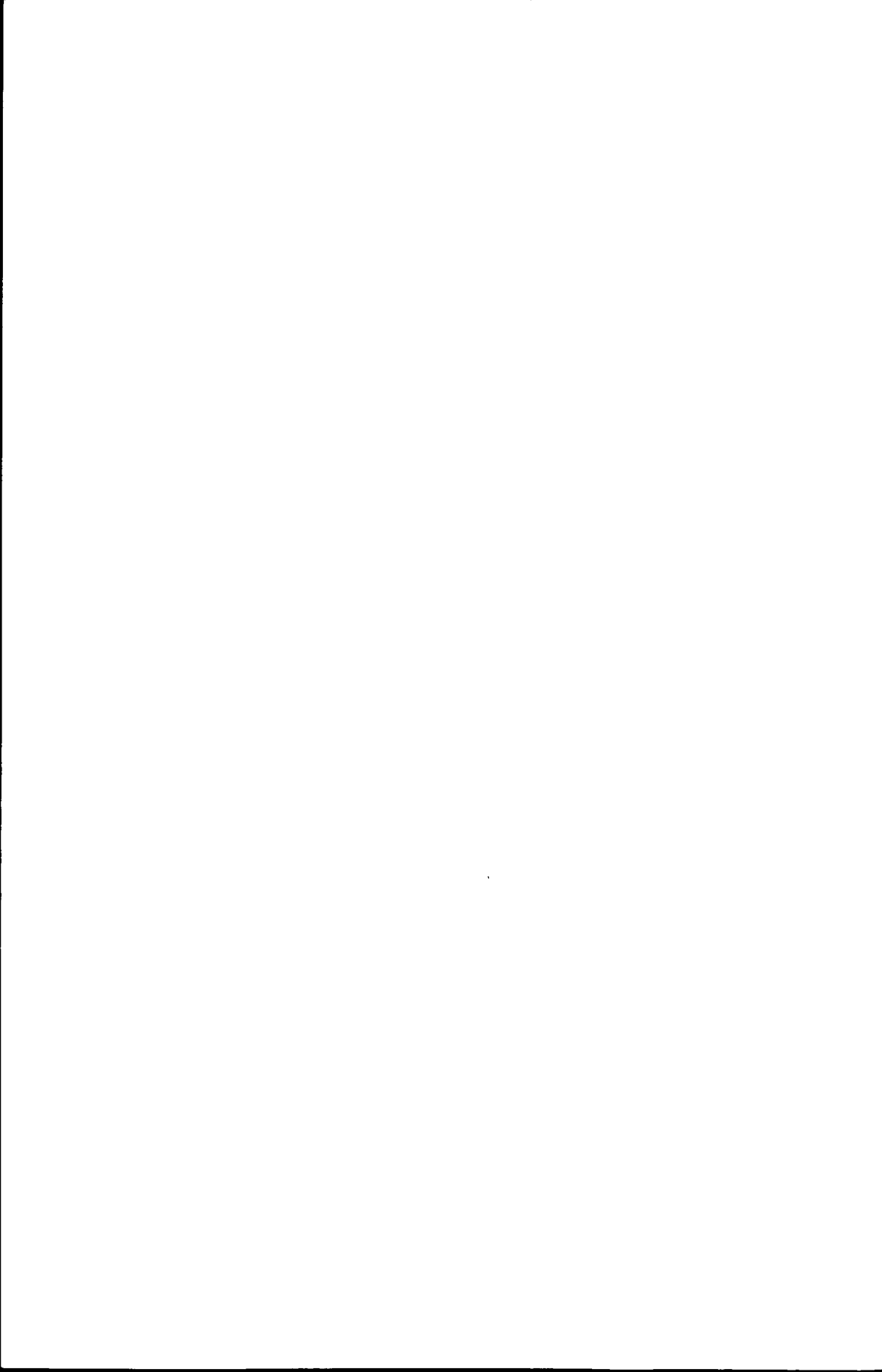
Rapport présenté par René Mayer, Président de Section

Décembre 1988

© La Documentation Française - Paris, 1989  
ISBN 2-11-002169-1

## SOMMAIRE

Chapitre I	
Le temps perdu, le temps retrouvé .....	7
Chapitre II	
Technologie de l'information routière .....	39
Chapitre III	
Les marchés potentiels des services embarqués .....	77
Chapitre IV	
Nature et rôle de l'information routière .....	99
Chapitre V	
Responsabilités, pouvoirs et moyens de l'État .....	133
Chapitre VI	
Résumé et propositions .....	147
<i>Décision du 6 juillet 1987 constituant un groupe de travail sur le développement de l'information routière .....</i>	<i>153</i>
Table des matières .....	157



### **Remerciements**

Je dois, en tête de ce rapport, exprimer mes plus vifs remerciements à tous ceux qui, en m'assurant l'appui de leurs compétences et de leurs réflexions, en ont fait une œuvre collective. La pierre que chacun a apportée, était indispensable à l'édifice tout entier.

Mes remerciements s'adressent particulièrement aux membres du groupe de travail et à son rapporteur général, Charles Parey, ainsi qu'à son adjoint Dominique Bouton.

Ils vont aussi à ceux qui ont eu la charge de réunir, présider et animer des groupes de travail spécifiques :

— Georges Dobias qui s'est penché plus spécialement sur les aspects techniques les plus complexes ;

— Jean-François Poupinel qui a dégagé la délicate problématique économique du sujet ;

— Jean Labrousse auquel a succédé André Lauer ; ils ont su, avec l'aide notamment de Claude Caubet, définir les besoins en information et leurs finalités ;

— Max Fortin, qui a souligné les responsabilités de l'État et les moyens dont celui-ci dispose ;

— Alain Sarignac, responsable du programme Carminat au groupe Renault, et Georges Dubrulle qui ont contribué à l'éclairage industriel du rapport, etc.

Nous avons tenu nombre de réunions, « interviewé » nombre de personnalités du monde de l'industrie, des médias et de l'administration. Que tous ceux que je ne peux citer ici me pardonnent.

Je suis persuadé que l'intérêt que soulèvera ce document à la préparation duquel ils ont si positivement participé sera la récompense à laquelle ils seront le plus sensibles.

**René Mayer**



CHAPITRE I

---

**Le temps perdu  
Le temps retrouvé**



L'automobile, le camion, les infrastructures qu'ils nécessitent, ont trop été vus comme des objets techniques.

Certes, leur réalisation fait appel aux disciplines les plus avancées et aux matériaux les plus performants. En ce sens, ce sont bien des fruits de la science et de la technique, des « artefacts » dira-t-on.

Mais à ne saisir d'eux que cette vision tronquée, il est arrivé qu'on sous-estime la place immense qu'ils allaient prendre dans la ville, dans la vie, dans l'économie.

Qui ne se souvient par exemple des dénonciations d'Alfred Sauvy, génial inventeur de la démographie mais virulent contempteur des « quatre roues de la fortune »<sup>1</sup>. A ceux qui inscrivait dans leurs prévisions un avenir où la voiture occuperait une place majeure, à l'image de ce qu'on pouvait constater à l'époque aux États-Unis, on répondait que la sagesse européenne enracinée dans des millénaires de culture bien tempérée, devait nous épargner une telle mise en cause de notre urbanisme et de notre économie.

Plus récemment, la même incompréhension des rapports que l'homme entretient avec sa voiture s'est trouvée à l'origine de quelques surprises quand malgré les problèmes de sécurité routière et les chocs pétroliers, nos concitoyens ont porté leurs achats vers des voitures plus puissantes et plus rapides.

On sait aujourd'hui que si la voiture européenne a des caractéristiques sensiblement différentes de la voiture américaine, le

1. *Les quatre roues de la fortune* — Alfred Sauvy — 1968 — Ed. Flammarion.

taux de motorisation européen suit fidèlement celui des États-Unis, qu'il continue à augmenter et que nous sommes encore très loin de la saturation. Ce taux a atteint 365 voitures pour 1 000 habitants en 1987. Il devrait être de 475 en 2005. Le comportement de groupes « leaders » permet d'estimer que la saturation se situe aux alentours de 600. Encore conviendrait-il peut-être de relever ce plafond pour tenir compte de certaines évolutions telles que la multiplication des « ménages » ne comportant qu'une seule personne, la généralisation du travail et du permis de conduire féminins, le vieillissement de la population, etc.

Si le véhicule automobile n'était qu'une prothèse destinée à améliorer les performances de nos jambes ou celles de nos animaux domestiques, bœuf, âne, cheval, il est peu vraisemblable qu'il aurait connu une telle extension au cours du siècle. Aucune analyse économétrique fondée sur la valeur du voyageur x kilomètre ne peut en effet justifier l'usage qui en est fait.

Ce développement ne s'explique et ne se justifie que si on prend en compte d'autres facteurs : valeurs de confort mais aussi d'identification et d'affirmation d'une personnalité en ce qui concerne la voiture, valeurs de souplesse, de rapidité, de qualité et de variété du service rendu pour le camion.

Tous les vendeurs savent bien que, pas plus qu'on ne s'habille pour se protéger du froid, on ne s'équipe d'un véhicule pour produire et consommer du transport. Porter sa préférence sur une BMW, une Range-Rover, une 205 GTI, une « Deuch », une 405 bien tranquille, la dernière japonaise ou la plus confortable des Mercedes, n'est pas seulement affaire de budget, de composition familiale ou de distance à parcourir. C'est principalement une affirmation d'appartenance à un courant socio-culturel déterminé et l'expression d'un désir de distinction (au sens de Pierre Bourdieu).

Mais voici que cette machine à laquelle l'homme s'identifie et dont l'une des fonctions majeures est d'exprimer la personnalité de son propriétaire se dote d'une nouvelle dimension.

*Le développement imminent et accéléré de nouvelles techniques va en effet doter les véhicules d'une panoplie de moyens de télécommunication et leur conférer une capacité relationnelle qui leur faisait jusqu'ici cruellement défaut. Essayons donc de ne pas renouveler les erreurs du passé et de ne pas sous-évaluer l'impact économique et « sociétal » du phénomène.*

Cette prise de conscience concerne les industriels de l'automobile dont la présence attentive et fertile au sein de nos différents groupes de travail a montré qu'ils connaissent l'importance du sujet.

Elle vaut évidemment aussi pour les industries de l'électronique qui auront à fournir, pour les seuls équipements *embarqués*, 10 à 15 % de la valeur des véhicules, sans compter les équipements fixes à installer au long des routes et des rues.

Elle est surtout valable pour les prestataires de services qui devraient, à la fin du siècle, assurer un chiffre d'affaires annuel de 200 milliards de francs à l'échelle européenne.

Elle concerne enfin très directement l'État qui, malgré la décentralisation, endosse (voir chapitre V) de larges responsabilités en matière d'infrastructures, de sécurité et de gestion du trafic, les régions et les collectivités locales, notamment les villes chargées de gérer les flux de trafic sur leur territoire, tâche qui va être bouleversée par l'émergence de ces nouvelles techniques et simultanément rendue plus ardue par l'augmentation continue du trafic.

## **Le trafic automobile occupe une place prépondérante dans les déplacements de personnes et de marchandises**

Depuis 1970, l'importance de la fonction transport dans l'économie française n'a cessé de croître. Le trafic intérieur, voyageurs et marchandises, a en particulier crû de 2,7 % par an. Les chiffres les plus récents tendraient même à traduire une accélération de cette tendance puisque le trafic 1987 est en augmentation de 3,7 %<sup>2</sup> c'est-à-dire à un rythme sensiblement plus rapide que l'ensemble de l'économie.

Les déplacements de personnes sont les principaux responsables de cette croissance.

Le trafic d'Air-Inter a, malgré les désordres que l'on connaît, été multiplié par cinq pour atteindre 9 milliards de voyageurs x kilomètres par an ou « GVK ».

Le train à grande vitesse (TGV) a effectué une percée spectaculaire qui n'en est encore qu'à ses débuts. Il représente déjà 10 GVK.

Les autobus et autocars assurent 40 GVK. Le réseau ferré national SNCF 60, son réseau banlieue parisienne 8, la RATP près de 9.

2. Source : Observatoire économique et statistique des transports — 55, rue Brillat Savarin, 75013 Paris.

Mais c'est la voiture individuelle qui se taille la part du lion. En progression de 80 % depuis 1970, elle atteint 536 GVK, soit 81,5 % de l'ensemble des déplacements de personnes (deux-roues et marche à pieds mis à part). Si on ajoute à ce chiffre celui des transports collectifs, le pourcentage, tous véhicules automobiles confondus, atteint 87,5 % !

Pendant la même période (1979-1987), les transports de marchandises ont progressé nettement moins vite. Ils sont restés d'ailleurs pratiquement stables de 1975 à 1985. Parmi les profondes transformations industrielles qui expliquent ce ralentissement, il faut citer :

— la substitution de matières premières légères ou peu volumineuses à des pondéreux : le plastique à l'acier, le gaz et l'énergie nucléaire au charbon et au pétrole, etc. ;

— les économies de matière et de poids dues aux progrès intervenus dans la conception des objets industriels ou des produits du bâtiment, l'assistance de l'ordinateur étant souvent à l'origine de ces progrès ;

— la « dématérialisation » de l'économie, la proportion de biens immatériels et de services ne cessant de croître dans la consommation finale.

Mais cette stagnation des transports de marchandises sur un palier situé aux alentours de 180 milliards de tonnes x km, s'accompagne de forts déplacements de parts de marchés. Le transport routier est ainsi passé de 38,9 % du total en 1970 à 56,4 % en 1987. Malgré son excellent réseau ferré, la SNCF perd donc du terrain et la France ne s'écarte plus beaucoup désormais de la moyenne européenne pour ce qui concerne les parts respectives du rail et de la route.

Cette « stagnation » doit d'ailleurs être relativisée. La tonne x kilomètre, unité de mesure usuelle en matière de transport, rend en effet mal compte du développement réel du trafic. Car les produits transportés, biens intermédiaires et biens de consommation, ont tendance à être moins lourds et moins denses. Si par exemple, on distribue des couches-culottes pour bébés, on transporte essentiellement de l'air. Mais le faire nécessite néanmoins une impressionnante flotte de semi-remorques qu'on peut voir circuler au long des autoroutes.

En résumé, en France aujourd'hui, les véhicules automobiles assurent 7/8 des déplacements de personnes et 4/7 des transports de marchandises.

## **Cette suprématie est destinée à durer**

Début 1988, l'Observatoire économique et statistique des transports a publié sous la direction de G. Bessay, un document intitulé : *Perspectives transports 2005*. Cette étude est fondée sur une analyse relativement fine des tendances des différents secteurs de l'économie et sur leurs rapports avec l'activité de transport.

Ce qui la rend relativement crédible c'est que le même type de prévision exécuté il y a vingt ans peut, sans trop de dommages, être confronté à la réalité telle que nous la vivons en 1988. Or, il est peu fréquent que des exercices de prospective à long terme soient soumis sans effets destructeurs à une telle vérification a posteriori.

Quelle vision le document publié en 1988 fournit-il de l'horizon 2005 ?

Trois types de transports de personnes connaîtraient une croissance plus rapide que la voiture individuelle : le transport aérien, le TGV et le transport par car. Cette prédiction appelle quelques remarques.

Le transport aérien intérieur sera soumis à des influences contradictoires. Il est, sans conteste, actuellement sur une rampe de croissance extrêmement rapide. La déréglementation et l'ouverture des frontières européennes à la concurrence ne manqueront pas de lui donner un sérieux coup de fouet supplémentaire. Mais le ballon d'oxygène fourni par l'important accroissement de la taille des appareils (de la Caravelle à l'Airbus) est aujourd'hui entièrement absorbé. Les problèmes qui hantaient les années soixante resurgissent donc : où trouver les immenses terrains nécessaires à la multiplication des aéroports ? Comment éviter de saturer le ciel de la circulation aérienne civile ?, etc. De plus, la qualité de service du transport aérien ne cesse de se dégrader et ce mode de déplacement qui a eu longtemps une image très « haut de gamme », pourrait bien se retrouver bientôt assimilé à un transport de nécessité analogue aux trains de banlieue, la régularité en moins.

Le TGV a effectué une percée spectaculaire sur Paris-Lyon-les Alpes. Au 1<sup>er</sup> octobre 1989, doté d'un matériel sensiblement plus performant, il desservira la Bretagne. Un an plus tard, la façade atlantique. Les liaisons avec l'Angleterre, la Belgique, les Pays-Bas et l'Allemagne du Nord seront mises en service avant la fin du siècle. Celles avec l'Allemagne du Sud, au début du siècle suivant.

Le TGV divise par deux l'espace-temps. Ses nouvelles rames équipées de nouveaux boogies, offriront des conditions de confort remarquables. Ce mode de transport collectif devrait donc connaître un vigoureux essor sur les liaisons à moyenne distance entre agglomérations denses.

Quant au transport par autobus et par cars, le développement des voyages touristiques organisés s'ajoutant à ses secteurs d'activité traditionnels (ramassages scolaires, bus, liaisons délaissées par le fer, etc.) lui fait connaître une expansion qui pour être discrète n'est pas moins très sensible.

Mais la rapide croissance de ces différents moyens (qui secrètent autant de nouveaux déplacements qu'ils en enlèvent à d'autres modes) ne devrait guère entamer l'hégémonie de la route. Le parc de voitures individuelles français passerait donc de 23 à 28 millions de véhicules. A ce stade, l'équipement automobile des ménages européens n'aurait d'ailleurs pas encore atteint la saturation, ni même le niveau américain ! Le kilométrage annuellement parcouru par les Français continuerait à croître lentement car il est sensiblement inférieur au kilométrage moyen allemand. Bref, tous les indicateurs sont pour l'instant à la hausse. Et, au total, le transport des personnes relèveraient donc encore pour les quatre-vingtième de la voiture.

Quant aux marchandises, on constate depuis deux ans une vive reprise du trafic. Tout se passe comme si le tonnage transporté n'avait pas faibli quand la production industrielle diminuait, mais connaissait une rapide croissance dès que celle-ci reprenait sa progression.

De plus, tous les observateurs s'accordent à être sceptiques sur les chances dont dispose le transport ferré d'enrayer sa relative décroissance face à son concurrent routier. Ce scepticisme est fondé sur les nouvelles conditions du développement industriel, dominées d'une part par l'ouverture des frontières européennes et d'autre part par la recherche des « flux tendus », du « Kanban », du « zéro stock », eux-mêmes tributaires d'échanges de données informatisées (EDI), tous sujets sur lesquels Michel Frybourg a écrit des rapports définitifs et percutants (voir notamment *Adaptation des transports à la logistique moderne*, rapport au Conseil général des Ponts et Chaussées du 1<sup>er</sup> juin 1988).

Or, bien que le réseau ferré français soit l'un des meilleurs du monde, le système constitué par les chemins de fer européens se présente mal face à cette nouvelle donne.

Tout d'abord, tous les pays d'Europe ne sont pas également équipés en chemins de fer. Le seul mode de transport



également présent et convenablement réparti dans tous les États, c'est la route.

Ensuite, les chemins de fer existants ne sont pas cohérents entre eux : le gabarit allemand est plus généreux que les autres, l'écartement des rails espagnols n'est pas aux normes européennes, etc. D'énormes investissements sont donc à réaliser avant d'aboutir à une harmonisation technique des réseaux. Mais quelle autorité centrale désignera qui doit s'aligner sur qui ? Quels fonds financeront la mise à la norme européenne des réseaux nationaux qui seraient désignés comme devant s'aligner ?

Enfin, les grands opérateurs de transport, ceux qui sont en mesure d'assurer notamment fiabilité et information (sujet central du présent rapport) sans lesquelles l'objectif du « zéro stock » devient illusion, anarchie et sous-productivité, ces grands opérateurs sont tous enracinés dans le transport routier.

Il n'existe pas, ou pas encore, de stratégie de la logistique qui mise sur le transport ferré et dispose des moyens de coordination internationale et des sous-traitances nécessaires.

Ne parlons pas de la voie d'eau, dont les acteurs ont hélas pratiqué le malthusianisme, et qui est, en France, en voie de disparition. Même un sursaut ne lui permettrait pas de jouer un rôle significatif dans cette répartition du marché.

Toutes ces considérations conduisent donc à penser qu'en Europe, à l'horizon 2005, le transport de marchandises sera assuré à 65 % au moins par la route.

Dans l'état actuel de nos connaissances, tous les indicateurs nous laissent donc penser que la fonction transport en général va voir son rôle continuer à croître et que, tant pour les déplacements de personnes que pour les transports de biens, le mode de transport automobile continuera à en assurer la part essentielle.

Ce n'est pas ici le lieu de tirer les conséquences de cette situation sur l'effort d'équipement qui, à moyen et long terme, attend l'Europe en général et notre pays en particulier.

Disons seulement que, parallèlement aux réalisations qui seront nécessaires en matière de voies ferrées à grande vitesse et d'aéroports, les deux prochaines décennies seront caractérisées par une course des équipements routiers derrière le trafic.

Avant que le « plan Méhaignerie », qui avait l'ambition d'homogénéiser la desserte du territoire, n'ait pu être mené à son terme, il faudra revenir sur les grands axes autoroutiers (vallée du

Rhône, autoroute du Nord, etc.) rendus impraticables par les excès d'encombres et le taux, parfois majoritaire, de véhicules lourds mêlés aux voitures légères.

Avant que la ceinture de la région parisienne n'ait été achevée (A 86), il faudra engager d'autres liaisons de contournement, etc.

Si certains pensent encore que l'important effort d'équipement des décennies 60 et 70 permet aux Ponts et Chaussées français de souffler et aux entreprises de génie civil d'aller exercer leurs talents ailleurs, cette idée est à peu près aussi perspicace que celle qui consistait à affirmer, il y a trente ans, que le superbe réseau de routes nationales dont la France était dotée lui éviterait d'avoir à construire des autoroutes.

## Le temps perdu

Le transport est, dans l'immense majorité des esprits, encore conçu comme une activité qui intervient de manière accessoire et incidente dans les activités de production et de consommation mais n'en fait pas partie intégrante. Dans cette vision, le transport consiste exclusivement à mener une personne ou un objet d'un point d'origine à un point de destination. Et c'est tout.

Ce que font les voyageurs pendant qu'ils se déplacent ainsi est considéré comme étant, d'un point de vue économique, culturel, de loisir ou autre, à peu près négligeable ou même franchement négatif. On évoque couramment le temps perdu dans les encombrements dont nous verrons en effet plus loin l'importance. Chacun se souvient du livre écrit par Brigitte Gros pour dénoncer la proportion intolérable prise dans l'emploi du temps des banlieusards par les fastidieux déplacements habitat-travail<sup>3</sup>. La télévision consacre chaque année des émissions — des scénaristes ont réalisé des films<sup>4</sup> — sur les migrations massives qui entraînent périodiquement les citadins sur les autoroutes et les mènent, en cohorte impatiente et harassée, de leurs villes de résidence vers leurs lieux de vacances. Trajet inévitable, mais que de temps et d'énergie perdus !

Pour les minerais transportés de leurs sites d'extraction vers les lieux de transformation, pour les produits finis amenés des usines de production vers les centres de consommation, pour les

3. Brigitte Gros — *Les Paradisiennes* — Ed. Robert Laffont (1973) ; dont on a tiré un film : *Elle court, elle court la banlieue*.

4. *Week-end* de Jean-Luc Godard (1967)

*Trafic* de Jacques Tati (1971)

*Le grand embouteillage* de Luigi Comencini (1979).

marchandises conduites du pays producteur vers les pays importateurs, le concept est identique. La seule valeur ajoutée reconnue au transport est celle du changement de lieu. L'objet transporté n'est, sauf exception, censé faire l'objet d'aucune opération durant le transport.

En somme le transport serait une opération inévitable (sauf à jouir du don d'ubiquité) mais consommatrice d'argent, d'énergie et surtout de temps. Il est donc logique que tous les efforts convergent pour tenter d'en diminuer le volume, le coût et la durée.

## **Le développement des télécommunications n'a pas réduit les besoins en transports**

Les télécommunications ont été perçues, surtout vers la fin des années 70, comme un moyen de diminuer les besoins en transports.

Elles favorisent en effet le travail à domicile, permettent de tenir des conférences dont les participants restent dans leurs bureaux respectifs ou se bornent à se rendre dans ces salles de « téléconférences » qui équipent tous les « téléports » dont tant de villes d'importance variable entendent se doter.

Les télécommunications réduisent également les besoins de transports de marchandises puisqu'elles offrent la possibilité d'opérer des opérations de compensation, de mieux gérer les flux et les stocks, de réduire la surcapacité structurelle des systèmes de transport, de remplacer le courrier en papier par un courrier électronique, les flux de monnaies et de titres par la monétique, etc.

Pour l'instant, les espoirs qui avaient ainsi été placés dans le travail à domicile et dans la substitution des téléconférences aux rencontres physiques entre participants, peuvent être considérés comme ayant été déçus.

Diverses études convergentes fixaient à 20 % le taux de déplacements pouvant être économisés par le développement des télécommunications, tant en matière de migrations alternantes quotidiennes qu'en ce qui concerne les déplacements d'affaires interurbains.

Nous sommes loin d'avoir atteint un tel taux de diminution par rapport à la tendance précédente.

Il est même probable qu'en facilitant les prises d'informations et les contacts à distance, le développement des télécommunications a contribué puissamment à élargir le champ des clients, les bassins d'emplois, le choix des lieux de vacances, etc. et a, d'une manière générale, accru le rayon de la sphère attachée à toute activité humaine, provoquant ainsi de puissantes incitations à voyager et de nouvelles occasions de transporter des personnes et des biens.

Il est possible que la généralisation du visiophone offre un jour aux relations à distance une dimension humaine plus riche et plus subtile, mieux adaptée aux nécessités de la négociation, du contrôle, de la fertilisation mutuelle des idées, des relations affectives, etc. Il est donc prématuré et peut-être imprudent de conclure dès à présent que le développement des télécommunications ne réduira pas un jour les déplacements de personnes.

· Constatons cependant que ce ne sont là que des hypothèses lointaines et que, pour l'instant, ces déplacements continuent à se multiplier rapidement.

Quant au transport de marchandises, nous avons vu qu'après une longue stagnation du tonnage transporté, la reprise économique actuelle s'est aussitôt traduite par une brusque reprise du trafic.

Le développement des télécommunications n'entrave donc pas l'expansion du transport.

En revanche, il donne à celui-ci une nouvelle dimension.

## **Le temps passé dans les véhicules : le quart du temps passé à travailler**

Le Service des études techniques des routes et autoroutes a bien voulu calculer à ma demande le temps passé dans leurs véhicules par les automobilistes, conducteurs ou passagers, ainsi que par les usagers des transports en commun automobiles et les camionneurs.

En prenant pour base les trafics mesurés en 1987 et les vitesses moyennes de déplacement constatées en 1985 (mais cette discordance difficile à éviter ne doit introduire qu'une cause d'erreur négligeable), M. Caubet, du SETRA, évalue entre *10 et 12 milliards d'heures le temps passé en 1987 par les Français (hommes, femmes et enfants) dans les véhicules automobiles.*

On peut dire d'une autre manière que chacun y passe en moyenne *une demi-heure par jour*. Ce chiffre représente évidemment une moyenne entre ceux qui ne prennent jamais leur voiture sauf pour partir en week-end ou en vacances et ceux qui, tels les camionneurs, chauffeurs de taxis, conducteurs de bus, voyageurs de commerce, etc. peuvent y passer le plus clair de leurs journées.

Dans l'opinion, l'attention se focalise particulièrement sur les heures « perdues dans les encombrements »<sup>5</sup>. Celles qui correspondent au réseau national hors région parisienne sont évaluées à 20 millions d'heures x véhicules soit, à raison de 2 passagers en moyenne, 40 millions d'heures perdues. La région Ile-de-France évalue à 70 millions d'heures x véhicules les heures perdues sur son réseau de voies rapides. Plus de la moitié ne correspondrait pas aux inévitables heures de pointe et pourrait donc faire l'objet d'amélioration (prévention, interventions plus rapides, déviation utilisant un réseau maillé, etc.). La situation tendrait d'ailleurs à s'aggraver rapidement (16 % d'aggravation annuelle moyenne et plus de 30 % d'augmentation du temps perdu de 1987 à 1988 !). La perte pour l'économie générale est évaluée à 5 milliards. Tout un programme (Sirius) est en cours de réalisation pour maîtriser le phénomène.

Quand au temps perdu sur les voies urbaines (toute la voirie parisienne par exemple), il ne fait l'objet d'aucune évaluation sérieuse.

Mais même si on double les chiffres précédents pour tenir compte du temps perdu en ville, on constate qu'aussi exaspérants soient-ils, les encombrements ne représentent au maximum que 5 % du temps total passé dans un véhicule<sup>6</sup>.

Cette proportion est évidemment plus forte dans les grandes agglomérations et à leurs portes, où elle a d'ailleurs tendance à croître. Car toutes les ressources techniques mises en œuvre pour améliorer la fluidité du trafic (souterrains, plans de feux, etc.) commencent à s'essouffler<sup>7</sup> cependant que la recherche d'un hypothétique stationnement devient la cause majeure des ralentissements. Elle peut s'avérer encore plus élevée pour certaines catégories d'usages telles que les migrations habitat-travail aux heures de pointe.

5. « Perdues » et non « passées » dans les encombrements ; on calcule en effet la différence entre le temps mis réellement à parcourir un trajet donné et le temps qu'il aurait fallu mettre pour le parcourir dans des conditions « normales » c'est-à-dire habituelles. Seule cette différence est considérée comme « perdue ».

6. Les progrès accomplis dans les transports, la démocratisation du transport aérien, l'apparition du TGV et du RER, l'accroissement de puissance des voitures et des camions, accroissent le sentiment très subjectif de leur caractère intolérable.

7. Elles ont toutefois permis un quasi-doublement du trafic automobile intra-urbain en vingt ans.

*80 % des encombrements sont recensés en péri-urbain pour 30 % des parcours seulement.*

Ces encombrements apparaissent d'ailleurs de plus en plus comme le seul moyen disponible pour assurer, dans les grandes villes, une régulation de l'équilibre entre les transports en commun et la voiture particulière (les taxis n'ayant, hélas, chez nous, pratiquement aucun rôle). Ils y prennent ainsi une sorte de caractère de nécessité, donc de fatalité.

Il n'en est évidemment pas de même sur les autoroutes et voies rapides où des solutions existent qu'il est d'autant plus souhaitable de mettre en œuvre que les bouchons sont responsables non seulement de pertes de temps mais aussi parfois de dramatiques carambolages.

Quoi qu'il en soit, il semble judicieux de s'interroger sur la valorisation du temps *total* passé dans les véhicules et pas seulement de s'échiner à réduire (ou à cantonner) la faible fraction de ce temps-là passée dans les bouchons. Car ce temps total représente une tranche importante de notre vie. Encore faut-il considérer que cette part est prélevée non pas sur notre budget-temps total mais spécifiquement sur le stock d'heures « utiles » où nous sommes en l'état de veiller, travailler ou nous distraire (sauf bien sûr pour ceux qui dorment tandis que quelqu'un d'autre les conduit...).

Un Français passe *deux ans et demi de sa vie* dans un véhicule automobile. Que faisons-nous de ces années ? Sont-elles inéluctablement condamnées à rester stérilisées entre la parenthèse du départ et celle de l'arrivée ?

Ce sentiment que leur temps est dilapidé n'est-il pas à l'origine de l'agressivité des conducteurs, cause de stress et d'insécurité ?

Le temps passé au travail fait l'objet des soins les plus attentifs : études nombreuses et poussées de productivité, d'ergonomie, de planification, etc. Pas un atelier, une usine, un bureau où on ne se préoccupe d'optimiser l'utilisation du temps de travail. Or, à raison de 25 millions d'actifs et de 1 733 heures (39 heures x 47 semaines) de travail « légal », *le budget-temps consacré au travail par l'ensemble de la nation française n'est après tout que de 46 milliards d'heures x hommes, soit seulement le quadruple de celui passé dans la circulation automobile.*

Même si on décidait de valoriser l'heure d'actif à un prix supérieur à celui d'un inactif, cette comparaison inciterait à mener une réflexion plus approfondie sur la nature du temps consacré au transport et sur sa valorisation.

## Ces techniques qui rompent l'isolement

A l'intérieur d'un véhicule, on peut, quand le niveau sonore de l'habitacle vous y autorise<sup>8</sup>, converser avec les autres passagers. S'il y en a.

On peut aussi recevoir de l'extérieur un certain nombre d'informations. Les unes sont relatives à la circulation elle-même, d'autres viennent du paysage, d'autres enfin sont reçues par ondes hertziennes : de nombreux véhicules sont aujourd'hui équipés de postes radio. Mais ces communications sont unidirectionnelles, de l'extérieur vers l'intérieur.

En revanche, de l'intérieur d'un véhicule, il n'est pas très commode de se faire comprendre à l'extérieur. La capacité d'expression est particulièrement limitée. On peut dire « je vais tourner à droite » en mettant en marche son clignotant. Mais ce signal peut vouloir dire aussi : « attention ! je vais me ranger, laissez-moi la place nécessaire pour prendre ce créneau en marche arrière » ! On peut, et on ne s'en prive pas, exprimer sa mauvaise humeur en appuyant sur le klaxon. Que les autres se débrouillent pour comprendre ce qui excite ainsi ma colère. On peut aussi faire des appels de phares, ce qui pourra s'interpréter comme : « je veux doubler, laissez-moi passer » ! ou, s'adressant aux véhicules venant en sens inverse « attention ! il y a des gendarmes postés un peu plus loin » !

Le vocabulaire est ainsi aussi limité qu'ambigu et aucune interactivité, aucun véritable « dialogue » n'est possible.

Telle était du moins la situation avant l'apparition des nouveaux moyens de communication, objets de ce rapport.

Cet isolement relatif, même si c'est au milieu d'une foule d'autres véhicules, est certainement à l'origine de la perception très particulière, évoquée plus haut, du temps passé à bord d'un véhicule. De l'instant de départ au moment d'arriver, le temps est mis entre parenthèses, l'activité habituelle (travailler, s'amuser) est mise en attente. Au mieux, on peut écouter (de la musique, une conférence, etc.) sans aucune possibilité d'intervenir, d'interrompre, d'applaudir, etc.

La « Citizen Band » ou CB (prononcer Ci-Bi) a constitué la première rupture populaire de cet isolement. Après une période de très vif engouement, la limitation du champ et des sources

8. Et c'est de plus en plus souvent le cas.

d'informations a réduit le réseau français des « Ci-Bistes » à des populations particulières telles que les routiers.

Le téléphone de voiture est encore considéré comme hors de portée du plus grand nombre et réservé à quelques privilégiés<sup>9</sup>. Nous verrons plus loin que sa limitation par le prix exprime en réalité une impossibilité provisoire où se trouvent les Télécommunications de satisfaire toute la demande potentielle. Les obstacles correspondants sont destinés à être surmontés. Plus polyvalent et plus convivial qu'aucun autre, ce mode de communication qui ne suppose aucun apprentissage ni aucun code (si ce n'est le chiffrage du numéro du correspondant), se taillera dès lors la part du lion (voir plus loin le chapitre III sur l'économie).

Un autre « média » entre actuellement en service. Il s'agit de RDS (Radio Data System).

Au départ RDS est né du désir des grandes chaînes de radios de fidéliser leurs auditeurs, en leur permettant de rester sur le même programme malgré les changements de fréquence que nécessite le déplacement d'un véhicule le long d'une autoroute. Assurer le suivi d'un programme et changer de fréquence chaque fois que ceci s'avère nécessaire est réalisé grâce à l'émission d'une onde « sous-porteuse » qui transmet au poste récepteur les instructions nécessaires pour optimiser l'audition.

Tandis que son poste se porte ainsi automatiquement sur la meilleure fréquence, l'automobiliste-auditeur ne s'aperçoit de rien et reste ainsi, tout au long du trajet, sur sa station favorite.

Mais dès lors que cette sous-porteuse est émise, elle peut être modulée au même titre que l'onde principale. Elle peut donc, en sus de la fonction pour laquelle elle a été instituée, véhiculer des informations. Comme on ne peut pas écouter deux émissions à la fois, l'émission secondaire sera réservée à des fonctions particulières. Elle servira, par exemple, à interrompre l'émission principale en cas d'urgence (annonce d'un bouchon constituant un danger de collision, mise en garde contre des conditions météorologiques défavorables, etc.). Elle pourra également porter des informations spécialisées qui pourront être stockées en mémoire et ressorties sur les hauts-parleurs du poste de radio, à la demande du conducteur. Elle fournira alors à une clientèle d'abonnés qui seront en mesure de les décrypter, des messages correspondant à leurs besoins particuliers : cours de la Bourse, résultats des courses, etc.

9. On remarquera par exemple que le combiné de la plupart des téléphones de voiture se tient à la main, comme n'importe quel autre téléphone de bureau ou de maison, ce qui suppose vraisemblablement que quelqu'un conduise à votre place... par exemple un chauffeur.



Une troisième grande catégorie de moyens de communication utilise comme vecteur les rayons infrarouge et les micro-ondes ou hyperfréquences. La portée entre émetteur et récepteur étant limitée, ce média attend pour transmettre un message que le véhicule passe à proximité d'une « balise ». C'est ainsi que sont actuellement conçus les systèmes de « péage dynamique » ou « télépéage » qui permettent de percevoir un prix de passage sans nécessiter l'arrêt du véhicule.

En ville, ce sont également des balises situées aux carrefours qu'utilisent certains systèmes destinés à réguler le trafic et éventuellement à renseigner l'automobiliste sur l'itinéraire qu'il devrait emprunter pour minimiser son temps de parcours (ou pour l'optimiser en tenant compte de la longueur du trajet). Ils sont fondés sur le principe suivant : les véhicules signalent leur passage aux différents carrefours. Un ordinateur central en déduit la vitesse moyenne de circulation sur chaque tronçon. Il peut alors calculer le temps que mettra un véhicule désirant aller d'un point d'origine à un point de destination. On pourra ultérieurement rendre le système plus complexe et plus exact en modélisant le comportement des flux de trafic pour tenir compte du temps de propagation ou de résorption d'un embouteillage, de l'influence des informations fournies par le système lui-même sur la répartition du trafic, etc.

Les camions peuvent, bien entendu, utiliser les mêmes modes de communication que les voitures et être équipés en téléphones, récepteurs radio-RDS, émetteur-récepteurs infrarouges ou hyperfréquence, etc. Mais leur rayon d'action étant, en général, sensiblement plus grand que celui d'une voiture, d'autres médias spécifiques ont tendance à se développer qui sont mieux adaptés à ces grands voyageurs. Une entreprise dont les lourds véhicules parcourent l'Europe souhaite pouvoir :

— les joindre à tout moment quelle que soit la plus ou moins bonne qualité de transmission du réseau téléphonique ou radio ;

— leur transmettre les données numériques, documents douaniers, messages commerciaux, instructions tendant à modifier leur route, ordre de charger ou de livrer, éléments de comptabilité, etc.

Le satellite apparaît alors comme un média adapté à ce problème : il permet la localisation (système GPS <sup>10</sup> ) et la transmission des messages (système Transprodats <sup>11</sup> ). Compte tenu de

10. Global Positioning System.

11. Expérience de télécommunication par satellites dont les promoteurs sont l'Agence spatiale européenne, URBA 2000, la région Nord-Pas-de-Calais et le Centre national d'études spatiales.

l'espace relativement large disponible dans la cabine d'un camion et de l'importance des intérêts en jeu (le prix d'une cargaison sauvée peut suffire à payer une installation), on verra sans doute se développer très prochainement et sur beaucoup de poids-lourds une véritable *bureautique embarquée*.

Ces quatre grandes catégories de nouveaux médias (radiotéléphone, RDS, balises et satellites) n'épuisent pas la liste des moyens « relationnels » désormais offerts aux véhicules. On pourrait en évoquer d'autres destinés à signaler la présence de brouillard, à éviter les collisions, à établir, grâce à un système expert, un dialogue entre une mémoire embarquée (sur CD-ROM ou CD-I) et un service de renseignement extérieur, etc.

Mais la rapide esquisse ci-dessus ne prétend à aucune espèce d'exhaustivité. Elle n'est d'ailleurs qu'une photographie de la situation présente et lorsqu'on sait avec quelle rapidité évoluent les techniques de communication, on peut penser qu'elle sera très rapidement obsolète.

Elle reste néanmoins intéressante dans la mesure où elle montre que la voiture capable non seulement de nous transporter mais, en plus, de nous faire communiquer, n'appartient pas à la science-fiction : le radiotéléphone se répand, RDS vient d'entrer en service (400 émetteurs sont aptes à fonctionner en France depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1988), les systèmes à balises sont expérimentés en Allemagne, en Angleterre, en France, etc., les satellites de positionnement et de communication sont au-dessus de nos têtes ; enfin, beaucoup de voitures sont déjà équipées, pour des besoins de contrôle interne, de microprocesseurs capables de mettre en œuvre de la mémoire et de l'intelligence artificielle qui aideront à piloter ou à valoriser ces moyens de transmission.

Quant aux infrastructures leur coût peut n'être supporté que marginalement par les automobilistes et les transporteurs.

Il eut été bien aléatoire en effet de miser par exemple sur la rentabilité d'un système de localisation par satellite, amorti sur les seuls transports routiers. Mais les satellites de positionnement ont été développés à l'origine pour permettre aux sous-marins nucléaires de « faire le point » sans risquer d'avoir à se manifester. Aujourd'hui, grâce à eux et muni d'une antenne peu encombrante, un véhicule quelconque peut se positionner. Un point fixe géodésique peut même être situé avec une précision plus grande que ne le permettaient les lourdes méthodes classiques de triangulation. Les prix des satellites de positionnement, comme d'ailleurs celui des satellites de communication, ou encore comme celui des émetteurs RDS n'a donc à être supporté que marginalement par les camions ou les voitures.

Nous avons vu précédemment que les nouveaux moyens de communication embarqués visent une « cible » importante puisque les Européens passent une part importante de leur vie dans un véhicule automobile dont ils sont relativement prisonniers et d'où (on peut raisonnablement le supposer) ils souhaitent communiquer.

Nous voyons à présent qu'il existe, reliant le véhicule à son environnement, des moyens de communication mis en place pour des raisons externes d'ordre général, mais dont la capacité de transport est très excédentaire par rapport à celle strictement nécessaire pour satisfaire la raison qui a conduit à les réaliser. Cet excédent est disponible pour desservir les récepteurs embarqués.

Beaucoup de conditions sont ainsi réunies pour qu'un courant s'établisse et que s'amorce un vaste et nouveau marché européen de la communication.

## La dimension européenne

La France est pays de tourisme autant que pays de transit. C'est en grande partie à travers son territoire que les Européens du Nord, notamment, rejoignent les rivages de la Méditerranée.

Aussi, dans certains couloirs comme la vallée du Rhône, la proportion de véhicules étrangers est-elle toujours très forte. Elle peut, au moment des grandes migrations estivales, dépasser la moitié. Tout système de communication installé au long de nos voies de communication nationales doit tenir compte de cette donnée et adopter comme règle d'être en mesure d'atteindre une cible européenne et polyglotte.

Les grands programmes de recherche et développement qui intéressent l'information routière (et dont le volume est considérable : de l'ordre du milliard de francs dépensé annuellement !) se situent pour l'essentiel soit dans le cadre du programme européen Eurêka, (Prometheus, Carminat, Europolis...) soit dans celui des initiatives de la CEE (Drive). Dans les deux cas, ils associent donc organiquement au moins deux partenaires européens. Les grands systèmes de communication ont toutes chances d'être issus des collaborations intra-européennes ainsi engagées.

Le marché des véhicules et des équipements embarqués est aujourd'hui un marché ouvert à l'échelle mondiale.

Il serait vain de prétendre échapper à toutes ces contraintes.

Pour être viable, toute initiative qu'elle soit publique ou privée, tout effort d'équipement ou de développement de services, toute action de « marketing », de promotion, de normalisation ou de réglementation devra nécessairement se situer dans un cadre qui soit, au minimum, européen. Ce constat n'exclut pas la possibilité de voir se développer ici ou là certaines originalités nationales ou régionales. Mais celles-ci ne pourront que se greffer sur un dispositif avec lequel elles devront être compatibles et dont l'essentiel devra (« hard » aussi bien que « soft »)<sup>12</sup> répondre à des normes européennes.

Évoquant la dimension européenne du problème, ayons garde d'oublier la vive concurrence qui se manifeste dès à présent entre partenaires de la communauté, sur ce vaste domaine qui s'ouvre.

Un tout récent appel d'offre lancé par les instances européennes (Drive) en a montré l'âpreté mais aussi les caractéristiques particulières. Celles-ci exigent une adaptation des méthodes françaises traditionnelles.

Pour faire court, disons simplement qu'elles nous commandent de savoir, aussi bien que nos partenaires et concurrents :

— être présent, en état de veille permanente, à Bruxelles et à Luxembourg d'où partent beaucoup d'initiatives assorties de crédits de recherche et développement considérables, et d'action de normalisation ou de « directives » ou « recommandations » dont les conséquences sur les stratégies industrielles, sont déterminantes ;

— pouvoir présenter des « spécialistes » porteurs de diplômes ayant valeur internationale ; le titre « d'ingénieur des Ponts et Chaussées » est en France très prestigieux ; mais il n'est pas toujours compris sur la scène internationale comme garantissant une capacité d'expertise dans ces domaines très particuliers que sont les trafics et la communication ; une meilleure collaboration entre grandes écoles et universités (françaises ou étrangères) et notamment la reprise de certains projets de « mastères » que nourrit l'École nationale des Ponts et Chaussées, amélioreraient sur la scène européenne et internationale la légitimité de nos ingénieurs, dont les qualités et la formation ne sont d'ailleurs pas en cause ; bien entendu le nécessaire développement de la formation s'étend à tous les autres niveaux (agent d'encadrement et d'exécution) : une mission envoyée récemment dans un pays voisin n'affirme-t-elle pas que le nombre de cadres formés spécifiquement à l'information et à l'exploitation de la route y serait dix fois supérieur au nôtre ?

12. Équipement matériel aussi bien que logique et langage.

— assurer également une meilleure collaboration privé-public ; la compétence dans ces domaines en voie de développement, est encore trop souvent, en France, cantonnée au secteur public ou para-public ; il faut penser que ce n'est pas toujours le statut qui convient le mieux pour se présenter à un appel d'offre. Pour celui de Drive, en particulier, nombre d'universitaires d'autres pays ont montré leur souplesse d'adaptation et leur aptitude à se présenter tantôt comme brillants experts publics et tantôt comme prestataires de service disposant de bureaux d'études particulièrement actifs.

## **Le temps retrouvé : la communication, pour quoi faire ?**

Dès que la question ci-dessus est posée, les habitudes administratives et plus généralement la culture française, où la tradition du service public est forte, invitent à se tourner prioritairement vers les usages *collectifs* de l'information.

Dès lors, on pense d'abord à la gestion du trafic, à l'optimisation de la répartition des flux de véhicules, à l'information météorologique, à celle sur les conditions de circulation ou de stationnement, sur l'installation des barrières de dégel, sur l'accessibilité des cols et leur risque d'enneigement, sur l'existence de chantiers, les déviations mises en place, etc., et d'une manière générale à l'usage collectif des véhicules et à la meilleure utilisation des équipements publics. Ou encore à une optimisation des flottes de véhicules professionnels, des « stocks industriels roulants » et de la logistique des transports (cf. Rapport Frybourg du 1<sup>er</sup> juin 1988, déjà cité).

On songe aussi bien sûr à la *sécurité*, sécurité civile (information sur les risques provoqués par les bouchons, les accidents, le verglas, les grands risques naturels...) ou sécurité en temps de crise, voire sécurité sous l'angle de la Défense nationale.

Nous verrons plus loin que ce type de communication entre en effet dans l'exercice des responsabilités publiques. D'ailleurs ces informations sont déjà collectées par le Centre national d'information routière (CNIR) à Rosny-sous-Bois, par les 7 centres régionaux (CRIR), diffusées par télex, téléphone, information radio à travers les journalistes présents au CRIR, par les panneaux à message variable situés le long des autoroutes et par le réseau Saphir de la gendarmerie. Le développement de ce type de service est appelé à jouer un rôle de catalyseur déterminant dans l'engagement des processus conduisant à développer les échanges entre les véhicules et leur environnement.

Mais du point de vue du volume de trafic généré, il ne faut pas se leurrer : dès que ce processus aura réellement démarré, ce sont les usages privés et professionnels qui deviendront largement prépondérants. C'est du développement de ceux-ci que dépendra la rentabilité des systèmes mis en place. Or, il est impossible d'en dresser une liste exhaustive. On peut tout au plus constater qu'au-delà du premier cercle de l'information de service public, s'en développe déjà un second portant sur les services pratiques (restauration, réparation, aires de repos...) et sur les facilités (tourisme, hôtels, campings, animation, présence d'une messagerie, etc.). Mais l'étendue du troisième cercle ne peut être évaluée aujourd'hui et n'a pas à l'être.

Car en réalité, « la communication, pour quoi faire ? » est une question sans objet : *la communication sert... à communiquer*. Communiquer est dans la nature de l'homme, être social par excellence qui ne redoute rien tant que l'isolement. Les nombreuses enquêtes menées par les services spécialisés et les sociétés d'auto-route montrent d'ailleurs que le besoin d'information s'accroît quand par exemple du fait de la difficulté des conditions de circulation ou de la météorologie, le stress augmente.

L'information n'a donc pas qu'une fonction utilitaire. Elle ne sert pas seulement à prévenir du danger et à réguler les flux : elle sert à rassurer. A l'ère mécaniste, la voiture, prolongement anthropomorphique de l'homme devient, elle aussi, communicante.

C'était prévisible et inéluctable.

On entend parfois ironiser sur le radiotéléphone de voiture qui servirait surtout, pour les plus sages à demander à leur épouse s'il reste du veau froid dans le réfrigérateur et pour les autres à donner des rendez-vous galants.

Cette interprétation d'un phénomène novateur rejoint, dans l'incompréhension, la myopie de ce haut responsable politique qui, il y a une vingtaine d'années, à l'époque où la France traînait un retard considérable en matière de télécommunication, avait qualifié le téléphone d'appartement de « gadget ».

Heureusement, le foisonnement des initiatives économiques emporte habituellement vers l'oubli ces jugements de valeur plus ou moins bien fondés. La réalité est plus simple : dès qu'un nouveau média permet de communiquer, il sert rapidement aux usages les plus variés et parfois les plus inattendus.

L'exemple présent dans tous les esprits est évidemment celui du Minitel qui a fait son apparition en 1985 et qui, trois

ans plus tard, est utilisé sur le numéro seul d'appel 36 15 par 5 000 services ! Quant au kiosque professionnel, ouvert en septembre 1987, il comptait en mai 88, soit à peine *huit mois plus tard, près de 1 000 services utilisant près de 300 000 heures de connection mensuelles* et progressant de manière explosive.

La question qui se pose ici est donc moins de chercher à définir quel sera le contenu des messages échangés entre le véhicule et son environnement<sup>13</sup> que de savoir si les conditions sont réunies pour que les nouveaux médias, ceux qui existent déjà et ceux qui ne manqueront pas d'apparaître, fonctionnent dans des conditions propices à leur développement.

Un terrain favorable suppose que soient remplies les deux conditions suivantes :

— que les modalités d'utilisation ne soient pas simplement décalquées de celles auxquelles nous sommes habitués mais qu'elles s'adaptent aux besoins et aux conditions particulières de la conduite automobile : elles doivent en particulier laisser les mains libres, ne pas détourner la vision du conducteur de l'attention qu'il doit à sa conduite, faire la plus large place à la communication vocale, les messages et documents écrits de la bureautique embarquée sur les poids lourds n'étant reçus ou expédiés que lorsque le véhicule est garé sur une aire de stationnement ;

— que la communication soit économiquement viable ce qui suppose qu'existe de part et d'autre un nombre suffisant de correspondants ; que l'automobiliste et le camionneur trouvent, en allumant leur appareil, la variété des services dont ils ont réellement besoin ; et qu'en sens inverse, ces services puissent émettre à destination d'une clientèle assez nombreuse pour justifier (et rentabiliser) leur existence.

## **Un secteur économique important**

Différentes approches permettent de se faire une idée de l'importance des volumes d'activité économique mis en jeu par la communication routière qui occupe une position stratégique au carrefour de l'industrie automobile, de l'industrie électronique et de l'équipement du territoire.

Le premier signe de l'importance des enjeux est fourni par le volume des crédits de recherche et de développement engagés par les différents protagonistes.

13. Le quatrième chapitre vise seulement à cerner le premier cercle : celui des informations relatives au trafic lui-même et à sa sécurité.

A l'échelle européenne, il sera dépensé annuellement en recherche et développement, dès 1989, *plus d'un milliard de francs par an*<sup>14</sup> à Luxembourg, à Bruxelles et ailleurs ; le sujet est donc jugé sensible. Nous avons des raisons de penser que le MITI et l'industrie japonaise engagent pour leur part des sommes sensiblement plus considérables.

Autre approche, celle par le coût des équipements. Le groupement des onze constructeurs automobiles européens groupés dans Prometheus estime que le chiffre d'affaires annuel (en francs constants) de l'électronique montée sur les véhicules européens évoluera de la manière suivante :

- . en 1985 : 13 milliards de francs (GF) ;
- . en 1990 : 45 GF ;
- . en 2000 : 140 GF.

Ces sommes comprennent de la câblerie (8 % du coût du véhicule) et de l'électronique proprement dite (16 % du coût du véhicule en l'an 2000). Dans cette électronique, il est difficile de distinguer ce qui sera affecté au fonctionnement interne du véhicule et à son propre contrôle, de ce qui sera affecté à la communication : souvent, ce sont les mêmes composants qui serviront aux deux usages. On peut néanmoins évaluer la part orientée vers la communication à une grosse moitié, soit 50 milliards environ. L'étude Consultronique décrite au chapitre III, l'évalue pour sa part à *plus de 30 milliards par an*.

Il convient bien sûr d'ajouter à ces chiffres d'équipements embarqués le coût des *équipements* situés au sol, par exemple au bord des routes ou des rues, ou dans les centres de traitement. Ceux-ci sont évalués suivant une étude récente du SETRA<sup>15</sup> à 5 milliards, sans compter le coût des satellites (un peu plus d'un milliard chacun dont une partie seulement est à affecter à la communication routière).

Il faut enfin comptabiliser l'énorme chiffre d'affaires correspondant aux *services* rendus possibles par ces équipements. Il est évalué à l'horizon 2000, à *plus de 200 milliards de francs par an* toujours à l'échelle de l'Europe de la CEE.

L'apparition de ces nouveaux médias devrait donc générer au total, vers la fin du siècle en Europe, environ 250 milliards de francs par an de chiffre d'affaires en services et équipements.

14 . Le programme Drive, subventionné à 50 % par la CEE représente 840 MF en 3 ans. Le seul projet Prometheus du programme Euréka, à peu près 800 MF par an. D'autres projets Euréka concernent partiellement le même sujet ; les constructeurs et les industriels de l'électronique ont leurs programmes de recherche propres, etc.

15 . *Schéma des niveaux de service en information routière*. SETRA 1988.



Parmi ces développements, certains présentent un caractère de probabilité qui confine à la certitude. D'autres sont beaucoup plus incertains. Il faut ranger dans les premiers le radio-téléphone et les télétransmissions destinées aux transporteurs routiers. Comme ces deux modes de transmissions entrent pour plus des neuf dixièmes dans le trafic d'information prévu, le total, aussi impressionnant soit-il, apparaît comme assez vraisemblable.

En revanche, la communication par balise, par RDS et par d'autres modes, fait l'objet d'évaluations qui, comme cela n'a rien d'étonnant au stade où nous en sommes, sont beaucoup plus aléatoires et dépendront pour une large part de ce que feront les différentes autorités publiques, en particulier des initiatives qu'elles prendront pour assurer l'essor des premières expériences pilotes.

## **Le rôle déterminant de la puissance publique**

### *a) Responsabilité et compétence juridique*

Dans le décor ainsi brossé, de nombreux acteurs doivent intervenir. Leur ordre d'entrée en scène ne sera pas indifférent.

Les uns, de loin les plus nombreux, agiront dans le cadre de l'initiative privée.

Les autres sont de droit public. La puissance publique ne peut, en effet, rester étrangère à la partie qui se joue.

La responsabilité de l'État en matière de sécurité civile est d'ordre général depuis un arrêt du Conseil d'État (Labonne — 1919) qui fait jurisprudence. L'État n'assumerait pas pleinement cette responsabilité si, ayant la possibilité de prévenir les automobilistes d'un risque d'accident (bouchon, accident, verglas...) il n'utilisait pas les moyens que lui offre la technique pour les mettre en garde et les conseiller sur la conduite à tenir pour préserver leur sécurité.

La récente loi du 28 juillet 1987 a d'ailleurs renforcé le rôle de l'État en la matière chaque fois qu'est en cause un « risque majeur » (tremblement de terre, inondation, incendie, etc.).

Son article 12, devant les présentes réflexions, a d'ailleurs *explicitement prévu dans ce cas la possibilité de mobiliser les moyens de communication et d'information.*

Inutile de préciser qu'il en est de même en cas de mise en jeu de notre Défense nationale. Des plans de circulation

sont déjà préparés pour faire face aux périodes de crise. L'usage des moyens de communication avec des véhicules fera nécessairement partie intégrante de ces plans.

La loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) confie également à l'État une responsabilité en matière de *bonne gestion du trafic*, responsabilité largement partagée en zone urbaine avec les maires qui y exercent les pouvoirs de police.

Le futur Conseil supérieur de l'audiovisuel aura, pour sa part, la responsabilité *d'autoriser les émissions hertziennes ou filaires et de répartir les fréquences*. Il dispose aussi du droit *d'imposer des cahiers des charges*.

La normalisation des matériels d'émission ou de réception et de la forme des messages aura en revanche tendance à échapper aux instances nationales. Elle se situera de plus en plus au niveau européen.

### ***b) Investir dans la communication***

C'est également sur la collectivité que repose la réalisation de la plus large part des investissements.

Le rythme de développement du radiotéléphone résultera de la politique des Télécommunications.

Malgré les prix très élevés pratiqués tant sur l'installation de l'émetteur-récepteur qui doit être embarqué à bord du véhicule que sur les communications elles-mêmes, qu'elles soient reçues ou demandées, la demande reste en effet supérieure à l'offre. D'ailleurs le nombre d'abonnés au téléphone de voiture est encore sensiblement inférieur en France à ce qu'il est dans d'autres pays européens (Suède, Angleterre...). La marge de développement est donc très importante.

Pour pouvoir techniquement satisfaire cette demande potentielle, les Télécommunications doivent multiplier le nombre de cellules géographiques couvertes par chaque émetteur, de telle manière que le nombre de véhicules présents dans une même zone et désireux de communiquer au même instant reste compatible avec la largeur de la bande de fréquence disponible.

Il faut donc implanter de nombreux nouveaux émetteurs. Pour installer ceux-ci, les Télécommunications auraient intérêt à utiliser certaines emprises publiques telles que les aires de repos ou les péages des autoroutes. Dans le même temps, les services responsables de la gestion du trafic doivent, pour accroître leur efficacité, utiliser largement liaisons hertziennes et radiotéléphones. On voit ici apparaître un intérêt réciproque au rapprochement de

services publics et de corps de fonctionnaires qui, historiquement, opéraient jusqu'ici dans des domaines sans grande connection.

L'équipement des autoroutes en péages dynamiques relève des sociétés concessionnaires de ces voies. Leur décision d'adopter de tels systèmes résultera d'un calcul économique. Le télépéage offre en effet à la clientèle un supplément de confort et un gain de temps et permettra probablement de réaliser quelques économies de personnel.

Ces économies et cette amélioration du service offriront-elles à rentabiliser leur installation ? Pour les villes qui voudront équiper leurs carrefours dans le but d'améliorer la gestion du trafic et du stationnement, les coûts d'investissement et de fonctionnement seront-ils jugés supportables ?

La réponse à ces questions dépendra beaucoup de la possibilité qui sera ou non offerte de récupérer des ressources sur les services annexes qui viendront se greffer sur le nouvel équipement et qui utiliseront, à des fins commerciales ou autres, la capacité de transmission restée disponible.

Ces services se rentabiliseront vraisemblablement par abonnement, à la manière de Canal Plus. Car, à la différence du téléphone où les messages transitent par des points de passage obligés (les commutateurs) qui permettent de les comptabiliser, il est difficile d'imaginer comment facturer directement l'usage des ondes hertziennes ou infrarouges.

La problématique est la même pour RDS. L'équipement des émetteurs est le fait des grandes radios dont les motivations sont d'offrir un meilleur confort d'écoute à leurs auditeurs automobilistes. Mais la décision d'équiper les récepteurs dépendra entièrement de la libre décision de l'auditeur-client. Celui-ci pourra ne pas s'équiper du tout. Ou ne s'équiper que pour recevoir exclusivement les messages destinés à maintenir la radio du bord sur la meilleure fréquence. Ou pousser son équipement jusqu'à adopter un récepteur sophistiqué, capable de recevoir, de stocker, de trier, de traiter et de ressortir au moment désiré les informations ainsi emmagasinées.

A propos de la probabilité de voir se multiplier des services d'information visant la « cible » importante constituée par les usagers de la route, nous avons esquissé un parallèle avec le développement explosif des services du Minitel. Nous voyons ici que ce parallèle ne doit pas être poussé trop loin. Car si, comme pour le Minitel, les grandes infrastructures pré-existent ou bien seront développées sur décision d'un acteur central (télécommunications, ville, grande radio, société d'autoroutes, etc.) qui cherchera

ensuite à les rentabiliser, ici, cet opérateur central n'ira généralement pas, comme l'ont fait les Télécommunications, jusqu'à fournir le récepteur sur le tableau de bord du client.

### *c) A nouveau la poule et l'œuf*

Or, ce qui fonde l'attractivité commerciale du Minitel, c'est d'abord le fait qu'aujourd'hui près de 4 millions d'appareils sont en service, aptes à recevoir des informations. Et ensuite, que ces informations, grâce au système Kiosque, peuvent être payées au prorata du temps passé à les consulter, sans la contrainte du paiement a priori.

L'amorce réelle des différents marchés de la communication automobile dépendra donc de la décision que prendront une proportion suffisante d'automobilistes ou de transporteurs d'équiper leur véhicule d'instruments donnant accès aux nouveaux médias, puis de se laisser tenter par les abonnements qui leur seront offerts en vue de recevoir des services adaptés à leurs « besoins » spécifiques.

Ils le feront s'ils ont le sentiment d'accéder à un niveau supérieur d'information qui leur permettra d'obtenir soit un bénéfice économique direct (gagner du temps, traiter davantage d'affaires, etc.) soit une amélioration de leur image (« être branché »). Ils s'équiperont s'ils peuvent se connecter à des services qui correspondent à leurs besoins spécifiques, lesquels peuvent être d'une infinie variété. Mais de tels services ne se développeront en richesse et variété d'information que dans la mesure où un nombre suffisant de récepteurs ayant été mis en circulation, ils espèrent trouver parmi leurs détenteurs, une quantité d'abonnés pouvant assurer leur rentabilité.

Ce cercle vicieux a déjà été rencontré !

La collectivité est en mesure de briser celui-ci non pas en subventionnant tel ou tel service (ce qui serait non seulement discutable sur le plan économique, mais choquant, s'agissant de marchés encore très élitistes) mais en offrant la compétence de ses services pour fournir un produit qui aura la particularité :

- de rester dans le cadre des devoirs et missions traditionnels de la puissance publique ;
- d'intéresser la totalité de la clientèle potentielle ;
- d'être un « produit d'appel » suffisamment motivant pour provoquer l'équipement de nombreux véhicules et amorcer ainsi le marché.

#### ***d) Un produit d'appel***

Quel « produit » concerne une « cible » plus large et sensibilise davantage l'utilisateur qu'une information sur les conditions de sa circulation, de son stationnement et de sa sécurité ? C'est donc par une information qualifiée plus haut d'information « de service public » que le marché peut être amorcé.

Pour être attractif, ce produit d'appel devra cependant être infiniment plus performant que l'actuelle « information routière » dont il faudra même qu'il se démarque. Mais il ne sera pas nécessairement coûteux, dans la mesure où il sera largement le sous-produit d'études et recherches déjà existantes et que tout maître d'ouvrage d'un réseau de voiries mène nécessairement pour harmoniser ses investissements et sa gestion. Seule l'action de communiquer sera réellement nouvelle. Car pour correspondre à la demande, cette communication doit s'opérer *en temps réel*. Elle n'est donc compatible ni avec les repos de fin de semaine traditionnels dans la Fonction publique civile, ni avec la transmission par voie hiérarchique propre à la gendarmerie, ni avec les émissions périodiques d'information telles que celles pratiquées par les grandes radios nationales.

Les services de l'Équipement et des Transports ne se sont que modestement engagés jusqu'ici dans cette voie. L'enquête qui a été menée par l'ingénieur général Cartier évalue à une centaine (sur 115 000) le nombre d'agents mobilisés au service de l'information des usagers de la route, les jours de pointe, les fins de semaine, les fêtes et les périodes de migration estivale ou hivernale.

#### ***e) Un gisement de compétence unique mais insuffisamment exploité***

Or, c'est certainement dans les services spécialisés de l'Équipement et dans les établissements de recherche qui en dépendent, que se situe le plus grand nombre d'ingénieurs et techniciens susceptibles de recueillir et de traiter l'information sur le trafic, son intensité, sa vitesse, son taux de pénétration par des véhicules lourds ou légers, d'évaluer les risques de saturation et les pertes de sécurité qui en résultent, de fournir les modèles mathématiques qui représentent les effets d'une perturbation, d'en déduire de quelle manière tel bouchon apparu en un point donné du réseau va se propager en amont et sur les voies adjacentes, etc.

La science de la sécurité et du trafic est une discipline relativement récente, susceptible d'intéresser et de motiver beaucoup de jeunes ingénieurs parmi les plus brillants, si leur est fournie la possibilité non seulement de mener des études théoriques, mais encore de tester la théorie au contact de la pratique.

Le niveau actuel permet de rompre ce cercle vicieux qui fait que les débouchés étant insuffisants, aucune formation de haut niveau tant dans nos écoles que dans l'université n'a pu être mise en place, tandis que les progrès n'ont pas été assez rapides faute de responsables suffisamment formés.

Ces remarques sur l'existence d'un important « gisement » d'ingénieurs n'enlèvent rien à la compétence ou au dévouement des services de gendarmerie ou de police. Mais pour ces derniers, le problème de leur disponibilité aux jours et aux heures où leur intervention est requise, ne se pose pas.

Il se pose en revanche pour les fonctionnaires de l'Équipement. Certains ne sont-ils pas venus dire à notre commission que du matériel de saisie d'information et de gestion du trafic par panneaux à message variable, restait inutilisé faute de personnel ? Il faut, en négociant avec les représentants des intéressés, parvenir à assouplir les textes qui réglementent la Fonction publique, de manière à mettre à la disposition des usagers et de leur sécurité les compétences nécessaires aux moments utiles, comme cela se passe dans les industries dites « à feu continu ».

Cet objectif doit pouvoir être atteint par un simple transfert des horaires de travail, sans entraîner nécessairement un alourdissement des charges budgétaires. Les effectifs nécessaires sont limités et il existe certainement suffisamment de volontaires pour accepter d'être au service du public les dimanches, fêtes et périodes de vacances, à condition de disposer librement de leur temps en semaine, dans des périodes creuses et quand les conditions de circulation et les facteurs météorologiques ne posent aucun problème.

Si elle ne prend pas les devants d'une telle réforme, notre Administration y sera, tôt ou tard, contrainte. Comme couloir de transit entre l'Europe du Nord et celle du Sud, notre pays est en effet en concurrence avec un autre couloir situé le long du Rhin et traversant l'Autriche et la plaine du Pô.

Un éventuel déséquilibre entre ces deux zones pourrait avoir des conséquences non seulement sur les industries d'équipement électronique et sur le développement des services d'information routière, mais d'une façon plus générale sur l'aménagement du territoire, à travers l'attraction qu'exerceront nécessairement les régions qui offriront ces nouveaux services par rapport aux régions qui en seront dépourvues.

En sens opposé, une avance éventuelle en matière d'information routière pourrait stimuler l'industrie, inciter à l'équipement des véhicules et offrir un nouvel et important débouché aux

sociétés de services d'information qui se sont développées ces trois dernières années grâce au Minitel.

D'ailleurs, l'inéluctable intensification du trafic et les difficultés de circulation qui, en ville comme en rase campagne, vont en résulter, constitueront pour les autorités nationales, régionales et locales, des incitations insistantes à aller dans ce même sens.

### *f) Une politique contractuelle associant l'État et les agglomérations*

C'est aujourd'hui au long des autoroutes qu'en France l'expérimentation a été poussée le plus loin. Cette avancée est probablement due à l'existence, le long des grands axes concédés par la puissance publique, d'une autorité décisionnaire unique. Parallèlement se développent dans les « hyper-centres » de quelques très grandes villes des « plans de feux » relativement sophistiqués, avant-coureurs de plans de guidage vers les voies moins encombrées ou vers les places de stationnement disponibles.

Mais c'est à la périphérie des villes qu'existent les plus gros besoins, là où se pressent tous les matins et tous les soirs des dizaines de milliers de véhicules. Là aussi où la quantité d'information à fournir est la plus dense. C'est là que se situe le gros du marché mais c'est là aussi que la structure française, très émiettée, connaît ses plus gros handicaps.

Entre l'État, qui dispose, par ses centres de recherche publics, de la compétence scientifique et technique, et les collectivités qui ont la compétence territoriale et les pouvoirs de police, il y a place pour une large politique contractuelle assez semblable à celle engagée dans le domaine social sous l'égide de la Délégation aux villes.

## Conclusion

En résumé, en transposant leurs missions traditionnelles aux perspectives nouvelles qui résultent de l'apparition de nouveaux médias, et en y adaptant leurs moyens existants, les pouvoirs publics peuvent :

— d'une part, mieux assumer leurs responsabilités de service et de protection du public ;

— d'autre part, donner une impulsion décisive au développement d'un secteur d'activité naissant.

détail :

Dans les chapitres suivants nous analyserons plus en

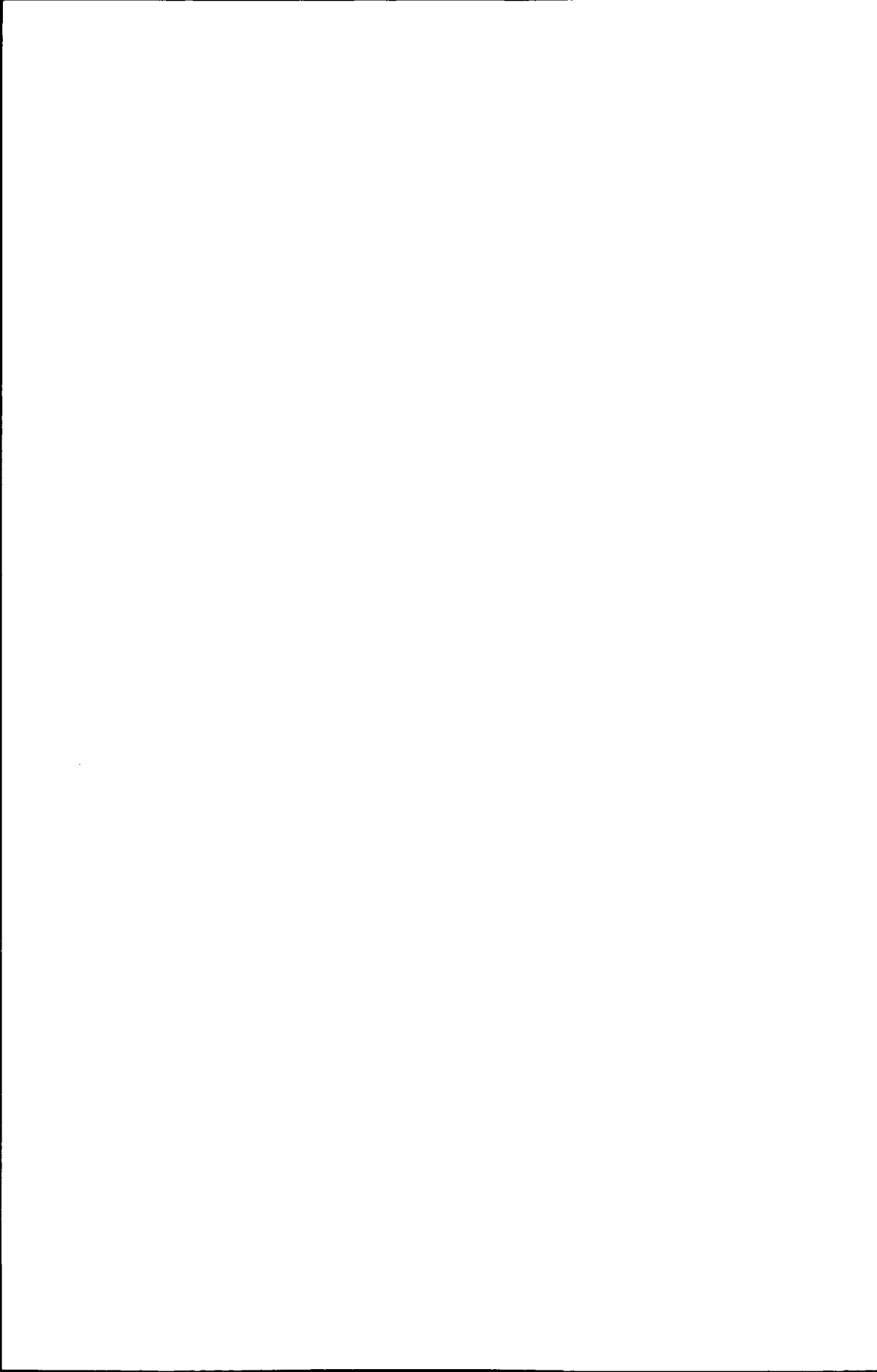
- la technologie du secteur ;
- son économie ;
- le contenu de l'information « de service public » ;
- les pouvoirs et les responsabilités de l'État.



CHAPITRE II

---

# **Technologie de l'information routière**



## **Les caractères généraux des techniques de communication**

Le nombre des techniques de communication qui sont déjà ou seront prochainement mises à la disposition des conducteurs ou passagers des voitures et à celle des professionnels du transport routier, s'accroît rapidement et leurs performances s'améliorent.

Pour l'essentiel, il s'agit de techniques hertziennes, en bande FM ou hyperfréquences (1 à 10 mégahertz) et de techniques utilisant l'infrarouge. Il peut également s'agir de techniques visuelles fournissant des informations sur des panneaux à messages variables implantés le long des infrastructures routières.

Les messages peuvent transiter soit dans un seul sens — par exemple depuis un panneau à message variable qui procure à l'automobiliste une information en provenance d'un PC de circulation, mais qui ne peut fonctionner en sens inverse — soit dans les deux sens — par exemple à l'aide d'un radiotéléphone qui permet de tenir une conversation.

En outre, les messages peuvent être échangés :

- soit entre abonnés (exemple le radiotéléphone) ;
- soit entre voitures (le radar anticollision) ;
- soit entre voitures et sol ou sol et voitures pour des

besoins de régulation du trafic.

Il est peu vraisemblable que d'ici l'an 2000 des techniques ne correspondant pas à ces caractères généraux se développent et deviennent opérationnelles sur une grande échelle.

Mais derrière chaque technique de base, on peut imaginer des applications diverses correspondant à des besoins différents dont l'inventaire est loin d'être effectué.

## Les services proposés se multiplient

Le développement des nouveaux services n'est pas toujours guidé prioritairement par le souci de servir à l'information routière *stricto sensu*. Parfois celle-ci profite aussi des retombées plus ou moins directes de techniques développées dans un autre but.

Pour la commodité de l'exposé, on distinguera donc deux catégories de services :

- ceux qui visent un marché plus large que l'information routière ;
- ceux dont le développement est parti du souci de satisfaire essentiellement celle-ci à l'exclusion des autres informations pouvant intéresser un automobiliste.

### *a) Services à vocation générale*

Il s'agit des systèmes :

- RDS ;
- radiotéléphone ;
- radiomessagerie ;
- communication par satellite.

Ces systèmes sont normalisés à l'échelle européenne.

Il faut aussi rappeler l'existence de la télématique avec les applications du magazine Antiope et du programme ITE sur Minitel.

*Le système RDS* (Radio Data System) peut transmettre des informations numériques par modulation d'une sous-porteuse d'ondes FM. Il a été développé pour permettre l'écoute permanente de stations FM avec réglage automatique de l'autoradio sur la meilleure fréquence. Les premières autoradios munies du dispositif RDS ont été présentées en octobre 1988 dans le cadre du Mondial de l'automobile. La diffusion d'informations routières spécifiques est prévue pour 1991.

*La radiotéléphonie* est peu développée en France, à cause d'une capacité d'offre limitée. Mais les décisions ont été prises, en 1988, de développer à l'horizon 1992 notamment dans la

bande de fréquence de 900 MHz, un système de radiotéléphone numérique à l'échelle européenne. La couverture du territoire serait presque totale et le coût d'équipement serait très nettement diminué. Au-delà de ces perspectives relativement proches, on peut prévoir que le système évoluera rapidement vers un radiotéléphone peu encombrant qui deviendra personnel au lieu d'être attaché au véhicule.

On peut rattacher à ce système tous les systèmes de radiomessageries numériques ou alphanumériques qui permettent la transmission, pour un coût limité, de messages simples.

Enfin, il faut citer l'utilisation de *satellites*, déjà utilisés pour d'autres modes de transport — aérien et maritime — et qui peuvent être utilisés pour localiser des véhicules et transmettre des messages bidirectionnels. Une expérience, organisée par URBA 2000, permet d'en tester la faisabilité et l'utilité avec une entreprise de transport routier de la région Nord-Pas-de-Calais. Plusieurs opérateurs se préparent à mettre du matériel embarqué sur le marché en 1990.

### *b) Services spécifiques à l'information routière*

Il s'agit notamment :

- des services utilisant pour leur transmission les rayons infrarouges ou les hyperfréquences ;
- de programmes Eurêka traitant de l'information routière : Carminat, Prometheus, etc. ;
- du programme Eurêka relatif à la gestion du trafic : Europolis ;
- de divers programmes Eurêka relatifs au traitement des transports de marchandises, programmes dont la France est absente jusqu'à présent ;
- du projet Drive de la CEE qui vise à normaliser les diverses initiatives nationales en vue de mettre au point une information routière multilingue à l'échelle de l'Europe et des dispositifs d'amélioration de la sécurité routière (anticollision).

A partir de balises émettant et recevant soit des infrarouges soit des hyperfréquences, il est à la fois possible de localiser les véhicules et de leur donner des indications relatives au guidage, en tenant compte de l'état du trafic. Ce système relativement simple est en expérimentation à Berlin (LISB) et le sera prochainement à Londres (Auto-Guide). En cas de succès des expérimentations en cours, la diffusion sur le marché pourrait débuter en 1990-1991.

Les projets Eurêka visent des applications diverses à des horizons compris entre 1992 et 1993.

Le projet Carminat, lancé par la Régie nationale des usinès Renault, Philipps, RTIC, SAGEM et TDF poursuit trois objectifs :

- améliorer la gestion interne du véhicule (contrôle-diagnostic...);
- recevoir par RDS une information routière directe (gestion du déplacement et sécurité);
- guider le conducteur dans ses déplacements (carte digitale et écran).

Lancé en 1988, ce projet sera expérimenté en 1990 sur un secteur compris entre Paris et Rennes et mis sur le marché en 1992.

Le projet Prometheus, lancé en 1988 par les constructeurs automobiles européens, poursuit des objectifs plus ambitieux ne débouchant que progressivement sur le marché. Outre les objectifs voisins de ceux de Carminat, le projet vise par son sous-programme Pronet les communications directes entre véhicules destinées à assurer une sécurité active. Les moyens envisagés sont proches de ceux mis en œuvre pour le programme français Aramis. Au-delà de cette étape, certains constructeurs envisagent des fonctions de copilote et même de pilotage automatique dans certaines circonstances. Ces fonctions ne pourraient être développées qu'en fin de programme, c'est-à-dire au-delà de 1995.

Le projet Drive (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe) de la CEE, prévu pour 3 ans, a pour objet d'organiser les interfaces entre les techniques de communication et la gestion des infrastructures, en mettant un fort accent sur la sécurité routière. Le projet n'a pas pour but de développer une technologie spécifique, mais plutôt de favoriser l'ensemble des recherches compétitives entre techniques et de préparer les normalisations nécessaires, afin de déboucher sur des offres de service organisées au niveau européen.

Tous ces programmes abordent le marché à l'échelle européenne. La recherche, grâce aux moyens incitatifs des programmes Eurêka et de la CEE, s'est donc placée à ce niveau. Ce n'est pas le cas des gestionnaires qui raisonnent encore dans les strictes limites de leurs compétences, sans toujours intégrer les conséquences du marché unique de 1993.

## L'information routière : un système intégré

L'accent mis actuellement sur les techniques de transmission et de communication, ne doit pas masquer le reste du système. L'information routière constitue un système complet qui va du recueil des données à leur concentration et leur traitement, puis leur diffusion, sous une forme directement utilisable par ceux qui en ont besoin.

C'est en particulier le cas de l'information sur les conditions de circulation qui seule permet d'améliorer le guidage des véhicules et leur sécurité.

Cette information a la caractéristique d'être fugace, valable seulement à un moment donné et en un lieu donné. Il faut donc la dispenser *en temps réel*, c'est-à-dire avec un faible décalage, variable suivant les situations : quelques minutes en cas d'incident, une dizaine de minutes, voire moins, pour l'exploitation de la route.

Il est important que la qualité de la chaîne allant du recueil au traitement et à la diffusion de l'information soit homogène. Si l'on voit bien se développer des systèmes de diffusion particulièrement performants, le recueil de l'information, qui dépend des gestionnaires des infrastructures, reste encore incertain. Pourtant, cet élément de la chaîne est *essentiel*.

Nous traiterons donc des divers éléments du système lié à l'information relative aux conditions de circulation.

Dans ce système quatre phases méritent d'être distinguées :

- le recueil de l'information ;
- la transmission vers des centres serveurs ;
- le traitement de l'information ;
- la diffusion, cette dernière pouvant se faire soit au domicile de l'automobiliste, soit vers de nouveaux centres serveurs intermédiaires, soit vers l'intérieur même des véhicules.

### Le recueil de l'information

Il sera essentiellement traité ici du recueil de l'information concernant le trafic routier et la météorologie ; les autres informations routières intéressant le conducteur, de caractère plus général, ne nécessitent pas une mise à jour aussi fréquente des bases de données. Tel est le cas par exemple de l'information sur

l'évolution du réseau routier et sur son équipement ou sur les travaux routiers. Il en est de même des informations relatives à l'environnement même du voyage, telles que stations-service, garages, ou informations touristiques sur les régions traversées.

Les données de trafic et de météorologie obéissent à une double et rigoureuse exigence : l'information doit être à la fois bien localisée dans le temps et dans l'espace et le délai de prise en compte doit être très court (quelques minutes à quelques dizaines de minutes).

### *a) Techniques classiques de recueil des données sur le trafic*

Outre l'observation visuelle effectuée sur place par les forces de police et de gendarmerie, par les patrouilles itinérantes ou par le survol en avion qui permettent de déterminer les conditions du trafic et les accidents, les méthodes classiques de recueil font appel :

— à des boucles électromagnétiques placées dans la chaussée qui permettent, en fonction de leur densité, de calculer le débit, la vitesse de circulation et le taux d'occupation et, sous certaines conditions, de déterminer les incidents ; cette technique simple a l'inconvénient de nécessiter des travaux de génie civil relativement importants et des coûts de maintenance qui peuvent être élevés. Ces boucles sont très répandues, mais leur entretien est souvent insuffisant et il n'est pas toujours facile de détecter leurs pannes ;

— à des caméras qui permettent essentiellement de déterminer, par observation visuelle, les conditions d'écoulement du trafic et les incidents ou accidents survenus ; les caméras sont essentiellement utilisées en zone urbaine ou péri-urbaine ;

— à des radars qui permettent également de déterminer les débits et les vitesses ainsi que les incidents ;

— à des câbles piezo-électriques qui servent à compter, peser et discriminer poids-lourds et voitures légères.

Ces détecteurs sont le plus souvent intégrés dans une station de mesure ou dans des contrôleurs de carrefours.

D'autres capteurs sont utilisés à l'étranger pour recueillir les données de débit, de vitesse et de taux d'occupation, notamment les capteurs à ultrasons utilisés sur les autoroutes au Japon, qui ont l'avantage d'être placés sur les supports et glissières de sécurité et qui, de ce fait, ont un coût de maintenance moins élevé.



On peut également citer les balises à infrarouge (ou à micro-ondes) qui permettent, en plus, de localiser le véhicule et qui sont la base des expérimentations en cours à Berlin et prévues à Londres sous la dénomination respective de LISB et Auto-Guide. Ces systèmes permettent également aux véhicules de faire connaître à un centre de régulation les parcours effectués ainsi que les temps correspondants.

### *b) Techniques en développement*

En plus des techniques précédentes, on expérimente actuellement les méthodes suivantes :

— l'exploitation des images de caméras normales ou à infrarouge avec traitement informatique des données ; une telle exploitation permet également de disposer des quatre indicateurs de base : débit, vitesse, taux d'occupation et incidents ; elle fournit aussi la mesure spatiale de la densité ; cette technique est en cours de développement à la fois en France (INRETS) et en Italie (Auto-Strade) ; les caméras fourniront ainsi des données chiffrées concernant le trafic et permettront de rechercher automatiquement les incidents et accidents survenus dès que ceux-ci auront été détectés. Les recherches portent sur le traitement automatique en temps réel des images, ce qui suppose une puissance de traitement permettant de traiter chaque image en  $1/20^{\text{e}}$  de seconde !

— les fibres optiques posées à l'intérieur de la chaussée permettront également de déterminer ces quatre mêmes indicateurs ; il est cependant à craindre que leur coût d'installation et de maintenance soient relativement élevés et les interventions à pratiquer sur des voies en service particulièrement délicates en raison des contraintes dues à la circulation ;

— la troisième technique est celle du guide d'ondes rayonnant développée à l'INRETS et fonctionnant dans les bacs hyperfréquences (2,5 GHz) qui permet d'avoir les mêmes indications mais aussi des indications d'identification du véhicule ; cette méthode pourrait également servir au télépéage ; mais le guide d'ondes nécessite un équipement aérien le long des routes qui ne peut être mis en place qu'en des points singuliers ; il suppose également l'installation, à bord du véhicule, d'un équipement dont le coût est difficile à préciser actuellement.

Enfin, dans certaines circonstances particulières, les systèmes placés sur des satellites tels que Locstar et Immarsat permettent le recueil des indications nécessaires à la localisation des véhicules et à des échanges brefs d'information. De tels systèmes pourraient être intéressants pour équiper et suivre le déplace-

ment de tous les véhicules transportant des matières dangereuses. Dans certaines situations (vaste territoire relativement peu équipé), les satellites du type Helios permettraient une information sur les densités de circulation tantôt en temps différé et tantôt en temps réel.

### ***c) Techniques spécifiques à la saisie des incidents et accidents***

Il existe d'autres techniques susceptibles de déterminer les incidents et les accidents survenus dans la circulation routière. Outre les patrouilles et les caméras déjà citées, il faut rappeler l'équipement en bornes d'appel d'urgence de l'ensemble du réseau autoroutier et, progressivement, du réseau routier national le plus circulé ainsi que le radiotéléphone cellulaire en cours de développement.

A plus long terme pour les accidents, on peut penser que se développeront à bord des véhicules des détecteurs de chocs inertiels qui permettraient d'alerter automatiquement les autres véhicules circulant dans le voisinage ainsi que les services de secours d'urgence. Divers essais ont déjà été effectués mais ne permettent pas encore de conclure.

Le téléphone « personnel », c'est-à-dire non lié au véhicule lui-même mais lié au conducteur, devrait se développer et permettre à celui-ci de donner des indications précises sur l'état de la circulation ou sur des incidents ou accidents. Cette technique est en cours de développement au Japon et en Europe.

En général les prix ne sont guère élevés. Ce sont les alimentations en énergie électrique et les câbles de transmission qui coûtent cher, en particulier en génie civil. D'où l'intérêt des alimentations en énergie solaire, des transmissions hertziennes, de l'utilisation du réseau téléphonique public et surtout du futur réseau numérique à intégration de services (RNIS) au lieu de réseaux spécifiques coûteux.

### ***d) Capteurs des conditions météorologiques***

Deux types de capteurs sont en cours de développement :

— le premier est destiné à mesurer l'intensité des brouillards et devrait fournir des indications précises au conducteur

sur la visibilité afin d'éviter les très nombreux accidents en chaîne qui apparaissent dans ces conditions sur les autoroutes ;

— le second type de capteur concerne le verglas ; deux systèmes au moins sont en cours de développement :

. l'un donne des indications sur les conditions d'humidité et de température permettant l'apparition de verglas ; il est en développement au Laboratoire central des Ponts et Chaussées,

. le second, développé à l'INRETS, consiste, par une méthode utilisant un rayon laser, à déterminer à partir du véhicule lui-même, s'il y a du verglas ; mais l'utilisation de cette méthode est délicate car elle ne donne au conducteur que des indications sur l'état présent de la chaussée et ne peut l'avertir à l'avance du danger, sauf à imaginer un système plus complexe de centralisation de ces informations puis de rediffusion à l'ensemble des conducteurs.

### *e) Densité des capteurs*

La densité des points de recueil de données doit être fonction à la fois de l'intensité de la circulation et du niveau de service souhaité.

Une étude de planification est en cours au SETRA visant à définir quantitativement différents niveaux de service et à en déduire, sous différentes hypothèses, le degré d'équipement souhaitable des différents axes du réseau routier national. L'objectif ultime de cette étude (schéma directeur des niveaux de service — SDNS) est de proposer une politique d'équipement claire et cohérente.

## **La transmission de l'information**

Une fois l'information recueillie, celle-ci doit être transmise à des centres de traitement ; des traitements locaux peuvent toutefois être nécessaires ou souhaitables ; la répartition des traitements entre centres et points de mesure mérite une attention toute particulière et dépend notamment du niveau de service souhaité et du coût des transmissions.

Le réseau interne assure la transmission des informations à l'intérieur du système, c'est-à-dire :

— l'acheminement vers les centres de calcul et de décision, des observations concernant la route et effectuées par les capteurs ;

- les échanges d'informations entre les centres de calcul et de décision ;
- l'acheminement vers les stations de diffusion.

### Spécificités fonctionnelles du réseau interne

- *Très grande dispersion des points reliés :*

l'observation du trafic et de l'état des routes concerne tout le territoire national, y compris au moment des grands déplacements saisonniers les axes principaux des zones rurales ; cette observation ne semble possible par tous les temps que par des capteurs (au sens large) situés aux points à observer, ou relativement proches de ceux-ci ; car les satellites civils, même lorsqu'ils auront une résolution satisfaisante — actuellement celle-ci n'est que de 10 mètres — ne seront pas « tous temps ».

- *Variations de charges :*

dans l'état habituel du trafic sur le réseau routier interurbain, peu d'informations justifient une transmission en temps réel ; par contre, à certaines périodes, le réseau de transmission qui le dessert est amené à véhiculer subitement un grand nombre d'informations qui nécessitent une utilisation immédiate.

Ces périodes peuvent être parfaitement prévisibles (grands départs en vacances, certains week-ends, manifestations exceptionnelles), assez prévisibles (conditions climatiques) ou totalement aléatoires (par exemple : accident ou catastrophe imprévue). Un tel réseau présente donc de longues périodes de quasi-silence et des périodes d'activité en temps réel intense. L'intensité de la charge est fonction, en particulier, du niveau de service souhaité et de la plus ou moins forte saturation de la route.

Ce qui est vrai au niveau de l'ensemble du réseau, l'est encore plus pour un secteur géographique donné.

En rase campagne, les périodes d'excitation du réseau correspondent, en général, à un creux de l'activité économique générale et donc à un creux du débit d'informations des entreprises.

Il en va différemment pour les zones urbaines ou périurbaines et sur les grands axes où la charge est permanente ou, en tout cas, quotidiennement renouvelée.

## Méthode d'analyse du réseau

Le réseau doit d'abord être étudié par fonctions à servir :

- recueil de données ;
- échanges entre centres ;
- transfert d'informations vers les stations de diffusion.

Pour chaque fonction, on calculera des ordres de grandeur des débits d'informations et on examinera les supports de transmission envisageables et leur coût.

En dernier lieu, on étudiera les possibilités d'infrastructure commune à plusieurs fonctions pour améliorer le rapport service/coût.

## Transmission des données vers les centres de traitement

### *Transmission des mesures ponctuelles*

Les traitements que vise à permettre le recueil des données, nécessitent des observations sur plusieurs points du réseau.

Le capteur est généralement distant du lieu de traitement. La position la plus excentrée que celui-ci puisse occuper est à la limite d'une sous-zone dont les dimensions sont approximativement de 30 km x 30 km, zone géographique la plus réduite permettant un traitement de l'information.

Trois schémas sont envisageables pour acheminer les données au centre de traitement :

- a) le capteur transmet le signal au centre, qui calcule les variables de trafic ;
- b) le capteur calcule les variables de trafic et transmet celles-ci périodiquement au centre de traitement ;
- c) le capteur transmet le signal à une unité de concentration locale qui calcule les variables de trafic et les transmet périodiquement au centre de traitement.

### — Schéma a)

La distance maximale de transmission est de l'ordre de la dizaine ou de quelques rares dizaines de kilomètres (15 km par exemple).

Pour cette distance les techniques de transmissions disponibles sont :

- le fil téléphonique ;
- les ondes métriques ou décimétriques.

Le fil téléphonique assure en même temps l'alimentation du capteur (au moins pour la fonction de transmission). Sur le fil téléphonique passent à la fois les communications et une alimentation (48 V) pour faire fonctionner les appareils. On peut envisager de passer un accord avec les P et T pour utiliser cette énergie à d'autres fins, à condition que la consommation soit faible.

En transmission radioélectrique, le capteur doit être alimenté pour fournir une puissance rayonnée de 10 W environ (ordre de grandeur), ce qui est un inconvénient majeur en zone rurale (problème d'alimentation). En transmission filaire, sur liaison spécialisée basse vitesse<sup>1</sup>, le coût au tarif P et T se situe, par capteur, à 800 F/mois en moyenne (+ 800 F de taxe de raccordement). La transmission filaire sur réseau commuté permet de limiter le branchement aux « jours utiles », en abandonnant tout recueil d'informations, même statistique et en temps différé, les autres jours. Le coût, par jour utile, se situe à environ 130 F de communications (plus la taxe de raccordement 250 F et l'abonnement mensuel, environ 30 F). Il faut ajouter, dans certains cas, un investissement de raccordement au réseau.

Dans la mesure où les « périodes utiles » sont probablement les mêmes pour tous les capteurs d'une zone, cette dernière solution peut poser problème à la Direction générale des télécommunications, en reportant sur ses commutateurs toute la variation d'activité.

Les capteurs doivent être équipés d'un système permettant de connecter la fonction de captage et la fonction de transmission sur appel du contrôle.

Les calculs ci-dessus ont été effectués aux tarifs des P et T. Ceux-ci sont le résultat d'une péréquation qui peut être de grande ampleur entre les prix de revient des divers points de desserte du réseau, notamment entre le rural et l'urbain. Le coût réel, en investissement et en fonctionnement, de telles solutions ne peut être donné que par la Direction générale des télécommunications. Mais en général, les raisons d'économie plaideront pour que priorité soit donnée à la transmission téléphonique publique.

Aux distances envisagées (dizaine de kilomètres), le réseau Transpac ne présente pas d'intérêt particulier : la commuta-

1. Le débit maximum par voie représente un signal équivalent à 12 caractères (vitesse + type + identification) au plus toutes les secondes (circulation très chargée et très rapide) par capteur, soit un débit utile de 100 b/s).

tion de paquets ne génère d'économie qu'entre concentrateurs Transpac et non sur les lignes terminales d'abonnés qui se comportent, du point de vue de l'occupation, comme des lignes téléphoniques « normales », spécialisées ou commutées, selon le type de relation.

En transmission radioélectrique, il faut une puissance rayonnée de l'ordre de 10 W. La largeur standard d'un canal radioélectrique est de 12,5 kHz, avec un débit binaire brut maximum de 1 b/s par hertz de bande HF. Le débit brut courant est de 1200 b/s, réduit à un débit net de 300 b/s par les codages détecteurs d'erreurs, suffisant pour acheminer les informations fournies par le capteur. Par contre, dans l'hypothèse simple d'un canal par capteur, l'occupation en fréquence pour une sous-zone comprenant 100 capteurs est supérieure à 1 MHz dans un spectre encombré. La réutilisation des fréquences n'étant pas possible dans les zones voisines mais seulement dans les zones éloignées, l'encombrement serait supérieur à 10 MHz. Il est possible, en complexifiant le système, de mettre plusieurs capteurs sur le même canal au prix<sup>2</sup> d'une réduction du signal à un débit utile de 50 b/s et d'une réduction de la fiabilité (si la voie est très passante, le débit n'est pas à une unité près ; si elle est très peu passante, c'est en soi l'information intéressante et la perte d'un signal n'est pas très grave, sauf pour la détection d'incident). En augmentant le débit net, le nombre de capteurs par canal peut être de 5, voire plus en autorisant le chargement du canal. L'encombrement en fréquence reste important.

#### — Schéma b)

En transmission filaire, l'infrastructure de transmission n'est pas différente du cas a) dans la mesure où l'unité de traitement a besoin d'un échantillonnage fréquent des variables de trafic (5 secondes à l'ordre de la minute).

En transmission radioélectrique, on obtient par cette technique une diminution de l'encombrement en fréquence, si la période d'échantillonnage est de l'ordre de la minute.

Pour un message utile (valeurs des diverses variables de trafic) d'une cinquantaine de caractères (chiffre élevé pour des mesures ponctuelles), au débit net de 300 b/s, la transmission dure 1,3 s ; il est donc possible de mettre 30 capteurs par canal.

2. Une partie des 300 b/s doit être utilisée pour gérer les protocoles entre capteurs. Le reste doit être partagé. La ressource, pour chaque capteur, étant fortement diminuée, on peut être amené à faire des choix entre les données à transmettre par ce canal.

— Schéma c)

La transmission jusqu'au centre de calcul s'effectue en deux phases :

- transmission du signal à l'unité de contrôle ;
- transmission des variables d'état par l'unité de concentration au centre de calcul.

L'unité de concentration est « peu éloignée » du capteur : sa raison d'être est de faciliter les transmissions.

Entre le capteur et cette unité, outre la transmission filaire, plusieurs gammes d'ondes peuvent être utilisées.

- En visibilité optique :
  - . infrarouge (longueurs d'onde en microns) ;
  - . hyperfréquences (ondes millimétriques, centimétriques).

Pour une puissance rayonnée très faible (10 mW pour 10 m à 0,5 W pour 100 m) avec des débits pouvant être très élevés, en Mb/s, les vitesses dépendent de la qualité des matériels d'extrémité ; les débits de l'ordre de 50 kb/s utiles sont déjà obtenus dans des projets routiers (Auto-Guide).

Ces ondes sont directives. L'infrarouge est la technique la moins chère.

- A courte distance sans visibilité :
  - . les ondes inférieures à 1 000 Hz pour une puissance rayonnée de 10 mW (pour la dizaine de mètres).
- A quelques centaines de mètres :
  - . les ondes métriques ou décimétriques pour une puissance de 1 W environ.

La transmission infrarouge ou hyperfréquence entre les capteurs et l'unité de contrôle ne pose pas de problèmes d'encombrement de fréquences (faibles portées, directivité). Par contre, les transmissions en visibilité optique peuvent être masquées par le passage d'un mobile ou des salissures (ou rendues impossibles par la configuration du terrain). La protection contre les erreurs occasionnées par certains mobiles peut être difficile (on s'efforcera donc de placer les équipements d'émission-réception suffisamment hauts) et coûteuse ; cependant, on a vu qu'un certain taux de perte de signal était admissible ; d'autre part, les signaux provenant de voies voisines (par exemple, celles d'un carrefour) sont liés entre eux : l'unité de concentration, qui sait qu'un capteur est occulté (cas d'un mobile immobile), peut reconstituer les variables de trafic de la voie correspondante.



La transmission entre l'unité de concentration et le centre de traitement est analogue à celle du schéma b) (non aléatoire), les débits sont plus importants : 10 fois plus si l'unité contrôle 10 capteurs ; soit un débit de 1 kb/s environ pour 10 capteurs.

En transmission filaire sur liaison spécialisée, le coût mensuel correspondant est d'environ 1 600 F. Sur réseau commuté (2 lignes nécessaires aux débits actuels), le coût par « période utile » s'établit à 230 F.

Les débits nécessaires sont inférieurs à ceux du canal signalisation (16 kb/s) du futur réseau numérique à intégration de services (RNIS) (en principe accessible pour la France entière en 1990).

En règle générale, on aura intérêt à décentraliser, chaque fois que cela est possible, le calcul des variables de trafic, afin de réduire le volume des transmissions qui est coûteux par transmission téléphonique et nécessite de nombreuses fréquences dans le cas de transmissions radioélectriques.

Dans le cas où la transmission en temps réel des informations de trafic n'est pas jugée nécessaire mais où leur connaissance en temps différé est intéressante, la décentralisation des calculs avec mémorisation, elle aussi décentralisée, permet de transmettre automatiquement les informations de trafic aux heures creuses.

### ***Transmission des informations linéaires ou surfaciques***

Un certain nombre de capteurs peuvent transmettre une image du trafic qui ne soit pas seulement ponctuelle : caméras en lumière visible ou infrarouge et radars.

La plus grande définition semble devoir être assurée par les caméras en lumière visible : c'est sur cette base que sont calculés les débits. Ils devraient être inférieurs avec les autres types de capteurs. Un codage suffisant pour la qualité et le traitement automatique d'image demande  $256 \times 256 \times 6 = 64$  kilo mots de 6 bits, = 40 kilo octets pour une image. Le nombre peut être réduit à 15 kilo octets environ en ne transmettant que les écarts par rapport à une image de référence. La portion de réseau couverte est de 500 m au maximum (caméra située à 30 m de hauteur).

La transmission d'une image toutes les 5 secondes représente un débit utile de 64 kb/s, débit qui doit être porté à 1,3 Mb/s pour une transmission tous les quarts de seconde. Ce dernier

exemple constitue un cas extrême qui ne se présentera qu'en zones urbaines.

Si le capteur dispose d'une fonction de traitement d'image, il peut ne transmettre que des données de mesure du trafic :

- soit des informations brutes (position de chaque véhicule sur sa voie) : environ 10 kbits à chaque échantillonnage ;
- soit les variables de trafic, environ 400 bits (50 caractères) à chaque échantillonnage (analogue aux mesures ponctuelles).

Le coût actuel de transmission de tels débits à une distance de quelques kilomètres est, sur le réseau des P et T :

- de 1 Mb/s :
  - . par liaison spécialisée (Transfix) : 12 000 F/mois ;
  - . par liaison commutée (Transdyn) : de 1 300 à 2 600 F/heure pour le seul coût de communication, selon le degré de planification.

- de 10 kb/s :
  - . par liaison spécialisée à 9 600 bps : 1 600 F/mois ;
  - . par liaison commutée Transcom à 64 bps : 162 F/heure (+ 1 000 F/mois d'abonnement et de location-entretien de la régie) en appliquant les tarifs généraux des P et T.

Dans un réseau diffus, ces chiffres sont à multiplier par le nombre de capteurs reliés. Mais à terme, les coûts pourront varier dans d'importantes proportions.

Pour la surveillance d'un axe, les choses se présentent différemment :

- réglementairement d'abord : s'il n'y a pas changement de propriété sur le trajet, il n'y a pas obligation de passer par les P et T pour une liaison filaire ;
- et, surtout, du point de vue du génie civil, le même support de câble peut servir à plusieurs voies, donc à l'acheminement des données de plusieurs capteurs ; or, c'est le génie civil qui coûte cher.

### ***Transmission des informations recueillies manuellement ou venant d'autres réseaux***

Les informations recueillies manuellement sont transmises par des moyens tels que l'écrit, la radio et le téléphone et doivent être saisies par le centre de traitement.

D'autres réseaux existent, tel le réseau Saphir de la

gendarmerie nationale ; il faut donc assurer la communication entre les réseaux et, par conséquent, normaliser les formats et le sens des informations échangées.

Pour ce qui concerne le transport de l'information et les protocoles d'échanges de télécommunications, une norme internationale existe déjà : X 400.

### *Effet d'une structure centralisée des centres de calcul*

Il peut exister des sous-zones qui ne disposent pas de moyens de traitement propres : ceux-ci sont alors situés au niveau d'une zone plus importante.

Si cette dernière est six à huit fois plus grande que la sous-zone (par exemple : 200 km x 200 km), les capteurs se trouvent à une distance moyenne de 50 km, distance pouvant aller jusqu'à plus de 100 km ; il en est de même des unités de concentration.

Les puissances rayonnées atteignent alors 100 W pour ces distances (ondes hectométriques) ; le nombre de points d'origine est multiplié par 6 ou 8 pour une largeur de bande qui diminue : la remontée d'informations en propagation non dirigée devient impossible.

A titre d'illustration, l'utilisation du réseau des P et T implique alors les coûts actuels suivants :

- liaison spécialisée basse vitesse : 3 300 F (pour 50 km) ;
- réseau commuté (2 400 bps) : 1 000 F/jour (pour 50 km) ;
- Transcom 64 kbs : 162 F/heure si 50 km ; 432 F/heure si 50 km.

Transpac peut être intéressant pour les grandes distances avec un échantillonnage peu fréquent : en supposant que le point d'origine est une entrée banalisée téléphonique : 24 F/heure + 9 centimes par paquet de 16 segments de 64 caractères,

soit :

- . avec un échantillonnage toutes les 5 secondes : 11 000 paquets/jour ;
- . avec un échantillonnage toutes les minutes : 950 paquets/jour.

soit :

- . dans le premier cas : 1 500 F/jour ;
- . dans le second cas : 700 F/jour.

Cette solution est sensiblement moins coûteuse que celle consistant à transmettre des informations sans concentration préalable.

### Échanges d'informations entre centres

Ils dépendent, pour l'essentiel, du schéma des centres (nombre et implantations) et peuvent s'effectuer par des réseaux propres ou, éventuellement, par Transpac.

### Transmission de l'information pour diffusion

#### *Diffusion par balises (très localisée)*

Les balises peuvent être utilisées, soit pour diffuser une information avec une grande sélectivité géographique, soit pour le guidage. La quantité d'informations délivrée à un véhicule durant son temps de passage dans le champ d'une balise se situe à environ 8 000 caractères, soit 64 000 bits (ordre de grandeur pour les fonctions d'information routière ou de guidage) ; la diffusion d'informations sur les services — dont le volume peut être variable — n'est pas incluse dans ce chiffre.

La période de rafraîchissement de ces informations n'est pas définie. Si elle est suffisamment courte, il n'y a pas lieu d'envisager des messages hors période.

Une unité de concentration gérant, pour la diffusion d'informations, 4 voies arrivantes peut ne recevoir de l'unité centrale qu'un train d'informations et rajouter, pour chaque voie, la direction à prendre au carrefour qu'elle gère. Le débit sur une telle unité de contrôle est alors à peu près analogue au débit de recueil de données à échantillonnage fréquent.

Ce débit est trop élevé pour la radio ; il ne pose pas de problème sur le réseau téléphonique et reste nettement inférieur à celui du canal 16 kbs du futur RNIS.

#### *Diffusion de données numériques par radio (exemple RDS)*

Il s'agit d'alimenter l'émetteur en information et le débit est donc le même que celui qui est diffusé. Le coût est fonction de la position du centre de calcul et de l'émetteur.

## Le traitement de l'information

Le traitement proprement dit de l'information est, en France, pour partie manuel et pour partie automatique. Les deux voies d'amélioration nécessaires consistent à rendre le traitement complètement automatique et à faire assister les régulateurs de postes de commandement par des systèmes experts<sup>3</sup> qui leur permettront d'apprécier plus rapidement et plus exactement l'évolution des conditions de circulation et les mesures à prendre.

La technologie existe (systèmes informatiques) et ne pose guère de problème.

L'automatisation du traitement des données de trafic nécessite la mise au point de nombreux modèles qui n'existent pas encore tous pour le moment ; en particulier, devraient être utilisés des modèles de détection automatique d'incidents (il en existe) ainsi que des modèles de simulation et de prévision de trafic à court terme (il en existe) puis des modèles de calcul d'itinéraires et d'établissement d'itinéraires de déviation ainsi que des modèles du suivi des mesures de régulation ou d'incitation. La liste des outils nécessaires est la suivante (les modèles existants sont repérés par un astérisque) :

- choix de données (pour les prévisions de déplacement) ;
- calcul du temps de parcours (\*) ;
- détection des données anormales ;
- évaluation de la qualité des données ;
- prévision de la demande de déplacement (\*) ;
- distribution, affectation, simulation du trafic sur les itinéraires (\*) ;
- simulation et prévision du trafic (\*) ;
- algorithme(s) de régulation (\*) ;
- calcul d'itinéraires (\*) ;
- calcul d'itinéraires de déviation ;
- guidage ;
- évaluation du suivi d'une mesure de régulation ou d'incitation (calcul du pourcentage d'usagers influencés) ;
- évaluation de l'effet d'une action de régulation ;
- détection automatique d'incidents (\*) ;
- aide au diagnostic lors d'une restriction de capacité ;
- aide au dégagement de la chaussée ;
- évaluation « a posteriori » des effets d'une intervention ;

3. Système Aider prévu pour les autoroutes de la région Ile-de-France, en cours de définition à l'INRETS.

- évaluation de l'impact d'un média interne ;
- aide à la décision pour prendre ou lever une mesure de régulation ;
- aide à la conception (ou à la sélection) d'un plan de diffusion (déterminer la fréquence de passage du message, des médias à employer, etc.) ;
- calcul du risque.

D'une façon plus générale, les divers PC intéressés par l'organisation de la régulation de la circulation routière devraient disposer, à l'avenir, de toute une série de systèmes dotés d'intelligence artificielle permettant l'aide à la décision pour la régulation du trafic, le délestage sur des itinéraires de déviation et l'évaluation en temps réel des effets de toute intervention du PC.

On voit, par cette énumération, le *très important effort à effectuer pour développer les modèles. C'est une des clés de l'amélioration de l'information routière* et il convient, sur ce point, de changer de rythme de développement, pour que le système d'information soit cohérent et crédible.

De la même manière, *la formation des hommes en charge du fonctionnement du système* devra être perfectionnée afin de leur permettre la pleine utilisation des nouveaux outils.

## La diffusion de l'information

Le réseau de diffusion sert à communiquer avec les usagers de la route avant ou pendant le déplacement.

### *Avant le déplacement*

Une partie des échanges d'informations se fait avant le déplacement. Dans ce domaine, des solutions existent déjà, transmises par le service Télétel qui servent :

- à fournir des informations sur le réseau routier (liste des travaux en cours ou des cols fermés, éventuellement sous forme de cartes) ;
- au guidage sur les grands itinéraires.

L'accès à ces services par le réseau téléphonique n'a pas de raison d'être mis en cause.

Les critiques qu'on peut formuler vis-à-vis de ces services concernent l'ergonomie (« carte » difficilement lisible, lenteur). Elles tiennent à :

- la définition insuffisante de l'écran Minitel ;
- la lenteur du débit (1 200 bps en affichage) ;
- la lourdeur du logiciel (longueur des arborescences).

Des améliorations considérables peuvent être apportées aux systèmes existants :

- progrès des écrans et diffusion de la micro-informatique ;
- progrès et baisse du coût des imprimantes (par exemple, pour permettre à l'automobiliste d'emporter une carte simplifiée mentionnant les travaux) ;
- multiplication du débit sur réseau public avec la mise en service du RNIS (64 kbps).

### *Pendant le déplacement*

C'est la communication avec l'utilisateur pendant le déplacement qui est susceptible de subir les plus grands changements.

Pendant le déplacement, on peut communiquer avec l'utilisateur selon trois modes :

- mode visuel ;
- mode auditif ;
- mode numérique (ou, plus généralement, codé) ;

dans ce cas, le mobile doit disposer d'équipements embarqués pour restituer une information directement utilisable par un opérateur humain sous forme visuelle ou auditive.

## Communication visuelle

La communication visuelle est assurée par des panneaux situés sur le bord des routes et au-dessus, ou parfois sur les aires de service ou de repos. Les indications fournies par ces panneaux peuvent présenter un caractère impératif ou indicatif.

Le volume d'informations affichable sur un panneau est très limité, non par la technique mais par la capacité de lecture par l'automobiliste pendant le court laps de temps où le panneau est visible par lui : en expression littérale, le maximum se situe entre 50 et 80 caractères.

Un panneau est destiné à communiquer avec tous les usagers qui passent devant lui quand le message est affiché, et comprennent la langue. Pour dépasser la barrière linguistique, une normalisation européenne des messages et un recours à des signes symboliques très expressifs sont souhaitables.

Le fait de ne pouvoir, à un instant donné, afficher en pratique qu'un seul message par panneau, conduit à établir entre types de message une sélection suivant un ordre de priorité décroissant :

- 1) sécurité ;
- 2) traitement des restrictions de capacité ;
- 3) autres.

Et selon la localisation :

- 1) proche ;
- 2) lointain.

La mesure de l'efficacité d'un panneau est difficile. Des travaux de recherche restent à effectuer dans ce domaine (sémantique, redondance, lisibilité) et devraient être menés avec le souci d'aboutir à cette normalisation européenne dont nous avons déjà souligné le caractère inévitable et souhaitable.

Si l'on admet le chiffre de 10 000 incidents par an en zone rurale ayant entraîné des restrictions de capacité de plus de 15 mn, et qu'un automobiliste s'intéresse à toute restriction de capacité située dans un demi-cercle de 60 km de rayon devant lui, soit 3 600 km<sup>2</sup>, la probabilité moyenne qu'il existe une restriction de capacité dans une telle zone derrière un PMV<sup>4</sup> dans une journée est de 0,2, pour une information utile pendant au moins 15 mn. Avec une durée moyenne de 30 mn et un débit de 1 000 véhicules, un PMV donné fournira en moyenne à 50 000 automobilistes par an, une information très importante mais très « sobre ».

Les possibilités de guidage d'un PMV sont encore plus réduites que ses possibilités d'information.

Le prix des PMV varie de 20/30 KF (plus 5 KF/an de consommation) pour un panneau à un seul message à 150/500 KF (et 10 % du coût d'investissement en dépenses d'alimentation et de maintenance) pour un panneau alphanumérique programmable.

Malgré la baisse prévisible du prix des diodes électroluminescentes, le PMV restera très coûteux :

- il est impossible de le miniaturiser ;
- les effets de série ont leur limite : il n'existe pas de panneaux à messages variables à emploi universel ; plusieurs familles distinctes sont à utiliser selon la topographie et l'effet voulu ; il n'existe pas de très grosses séries pour un usage proprement routier.

4. PMV : Panneau à message variable.



Les informations fournies sur les aires de service et de repos peuvent être plus détaillées ; mais elles ne peuvent être qu'indicatives puisqu'elles ne s'adressent qu'aux seuls automobilistes qui s'arrêtent à cet endroit.

Malgré tous ces handicaps, rien ne peut à l'heure actuelle remplacer les PMV dès qu'il s'agit non plus seulement d'informer mais de prescrire. Une instruction impérative ne peut en effet être transmise par un média qui ne serait pas vu ou perçu de tous. C'est donc à juste titre que la Direction régionale de l'Équipement d'Ile-de-France installe actuellement en amont de tous les points de bifurcation ou de sortie des voies rapides (20 % du trafic) un réseau de 260 PMV, associé à 1 120 stations de mesures et à 300 caméras. Ce programme est baptisé Sirius et coûtera environ 600 MF.

### **Communication radiophonique**

En radiophonie, il paraît difficile de passer plus de 6 messages par minute. La durée acceptable d'un ensemble permanent (cyclique) de messages reste une inconnue (5 mn ?).

Dans cette hypothèse, le cycle peut comporter 20 à 30 messages au maximum. S'il n'y a aucune sélectivité géographique, le nombre de messages intéressant un auditeur donné sera très faible : en moyenne 1 pour une zone de 150 x 150 km. Si la sélectivité géographique est très bonne, ce nombre peut augmenter avec, pour limite, la capacité de mémorisation et de traitement de l'utilisateur. Les expérimentations sur ce sujet donnent des résultats médiocres pour ce qui concerne la bonne compréhension de messages moyennement complexes.

En prenant comme hypothèse qu'une zone de 150 x 150 km peut être correctement informée par un ensemble de 20 à 30 messages, avec 25 kHz de largeur de bande de manière à obtenir une bonne qualité phonique, l'encombrement du spectre est de 0,5 MHz avec 20 émetteurs (100 à 200 W), sans réutilisation de fréquence. Et cela en n'utilisant qu'une seule langue.

L'information n'est pas totalement dynamique : l'utilisateur n'est pas perpétuellement à l'écoute du répondeur radiophonique : il ne le consulte que périodiquement.

L'information déjà ancienne mais toujours en vigueur doit donc être donnée à chaque cycle.

L'utilisateur doit connaître sa géographie. La radio offre peu de possibilités de guidage.

Les deux moyens qui viennent d'être étudiés, PMV et radio, ne posent pas de problèmes techniques particuliers. S'ils sont peu employés aujourd'hui, les raisons en sont :

- leurs limites propres ;
- la mauvaise qualité du recueil (notamment sa durée) ;
- des problèmes de financement de la production (recueil, traitement, diffusion de l'information) car les « produits » offerts par ces deux médias se sont présentés, jusqu'à présent, comme non marchands.

### Communication codée

A la différence des panneaux à messages variables et de la diffusion radiophonique, la communication codée nécessite un équipement embarqué qui restitue l'information sous forme intelligible pour le conducteur (écran ou synthétiseur de parole, avec une préférence ergonomique pour ce dernier pour des raisons de sécurité routière).

Par contre, elle permet de plus grands débits (affranchissement de la contrainte du débit vocal) et des traitements éventuels (solution, mémorisation, calculs) par un automate embarqué.

### *Ondes HF*

Par codage détecteur d'erreurs, un débit brut de 10 kbps descend à un débit net de 1 200 bps : il paraît difficile d'avoir un débit net plus élevé avec une qualité acceptable. Il faut un émetteur en propre.

En utilisant une sous-porteuse d'un émetteur de radio-diffusion, on peut transmettre un débit brut de 1 200 bps (et un débit net de 300 bps) sans investissement d'émetteur. C'est le cas du système RDS qui permet un saut quantitatif et qualitatif important.

Ce système permet de transmettre 75 messages en une minute, soit 10 fois plus que la voix.

C'est un système de diffusion, qui peut permettre une sélectivité géographique (lorsque l'utilisateur passe de la zone de service d'un émetteur à celle d'un autre, la fréquence doit être changée ou manuellement ou automatiquement). Dans la zone de diffusion, aucune sélectivité n'est possible selon l'utilisateur (pas de guidage individuel).

Pour une zone de 25 000 km<sup>2</sup> (20 émetteurs), soit 160 km x 160 km, le système peut acheminer 350 messages en 5 minutes, soit 1 message pour 71 km<sup>2</sup> en moyenne.

Sous réserve d'inventaire :

— cette technique ne permet pas de donner tous les messages en cours de validité dans une zone urbaine ;

— mais elle permet sauf cas très exceptionnel de diffuser tous les messages en cours de validité pour une zone rurale ;

— et de donner tous les nouveaux messages (depuis la diffusion précédente) en zone rurale comme en zone urbaine.

Dans ce dernier cas, le matériel embarqué devrait posséder en mémoire l'état initial du réseau.

De plus grands débits sont possibles. Au-delà d'un multiplicateur de 4, de plus larges bandes de fréquence semblent nécessaires dans cette gamme d'onde. Il existe aux États-Unis un système à l'étude fonctionnant à 1 200 b/s utiles. C'est le maximum envisageable actuellement.

Les débits prévus, même à terme, pour le radiotéléphone ne sont pas beaucoup plus considérables (multiplicateur 10).

Il n'est pas prévu que le radiotéléphone couvre la France entière (notamment les zones montagneuses).

*Matériel embarqué :*

Ce matériel doit assurer les fonctions suivantes :

— réception ;

— restitution au conducteur après un double décodage (code numérique qui, par exemple, dans le cas d'Émeraude comprend 700 mots ; cela permet le multilinguisme) ; la restitution peut se faire sur écran ou par synthèse vocale.

Ce sont les fonctions minimales du matériel embarqué.

On a l'impression qu'une bonne ergonomie réclame d'autres fonctions notamment la sélection dans la masse des informations reçues, en fonction de la position et de l'itinéraire projeté, ce qui suppose que l'automate embarqué connaisse le réseau et la position du mobile (projet Carminat).

En l'absence de ces fonctions additionnelles, seul un usager connaissant bien la géographie du réseau peut tirer un plein profit des informations reçues, en supposant que leur nombre ne lui pose pas de problème.

L'investissement logiciel nécessaire pour traiter les informations reçues vis-à-vis du réseau et de la destination, et en donner un affichage ergonomique, est très important.

## *Fréquences supérieures ou égales à 1 GHz Hyperfréquences et infrarouges*

### *Transmission par satellite*

Les débits possibles sont très importants mais la puissance reçue du satellite est faible : le coût des antennes pose donc problème.

Les transmissions par satellite sont en portée optique, donc sujettes aux perturbations topographiques (pont, arbres, immeubles de grande hauteur). Elles semblent devoir être bien adaptées pour des utilisations spécifiques, par exemple pour le guidage et la localisation des véhicules d'une flotte de poids lourds appelés à rayonner sur une grande surface et susceptibles d'être appelés à circuler dans des régions où d'autres moyens de communication (téléphone) seraient peu fiables.

### *Infrarouges (IR)*

Les infrarouges fonctionnent également en portée optique. Mais leur portée est faible. Ils sont assez sensibles à certaines perturbations (brouillard) et sans doute aux salissures.

Les débits possibles sont en revanche très élevés, quasiment illimités, en tous cas surabondants à l'échelle du problème posé ; les débits réels sont dictés par les équipements d'extrémité. Des débits nets de plusieurs dizaines de kbs sont déjà obtenus (projet Auto-Guide) : 8 000 caractères pendant le temps de passage d'une automobile en zone urbaine. Les puissances nécessaires sont faibles. C'est donc une technique *peu chère* pour transmettre *un gros volume* d'information à *faible distance* ; le rapport débit/prix doit d'ailleurs continuer à s'améliorer en raison de la chute du prix des composants (diodes et détecteurs : division par un facteur d'ordre 10 en 10 ans).

Le projet Prometheus prévoit des débits nets de l'ordre de 0,5 Mbs.

Le débit de 8 000 caractères pendant le temps de passage d'un véhicule permet :

— la diffusion de 160 messages d'informations de 50 caractères, soit sensiblement les mêmes performances en information que RDS ;

— le guidage vers 400 destinations au moyen d'une série de vecteurs (un vecteur = une direction et une longueur), guidage qui peut être soit terminal jusqu'à une zone dont la taille dépend de la densité de balises, soit de transit jusqu'à la prochaine balise.

La taille des zones dans lesquelles il est possible de guider le véhicule jusqu'à son point de destination, la « longueur » nécessaire à ce guidage (nombre de vecteurs de la série) dépendent de la densité de balises. Celle-ci ne peut donc tomber au-dessous d'un certain minimum.

Une autre raison pour laquelle la densité de balise ne doit pas être trop faible est que le guidage ne peut être fourni qu'à portée optique de la balise. Il n'intéresse d'ailleurs que les mobiles proches de celle-ci. Si on est immobilisé ou seulement très ralenti hors de sa portée, on ne reçoit rien.

En outre, plus les balises sont espacées, moins le guidage est dynamique : par exemple, si le temps de trajet entre deux balises est de 20 mn, « l'âge moyen » du guidage dont disposent les automobilistes est de 10 mn et risque donc de ne plus correspondre à la situation réelle du trafic au moment où le véhicule abordera le prochain carrefour.

De plus si les balises sont trop espacées, le système devient instable : une perturbation occasionnant une congestion augmente la durée de parcours entre deux balises, donc l'âge du guidage. Celui-ci devient de moins en moins « dynamique », de moins en moins pertinent, et assure de moins en moins bien régulation du trafic et traitement des restrictions de capacité.

Dans les zones soumises à congestion, il faut donc une balise en chaque point où existe un choix d'itinéraire dans le réseau.

#### *Matériel embarqué :*

Il comprend au minimum un détecteur IR, de quoi traiter le signal reçu (une unité de traitement numérique avec un coupleur), une interface avec le conducteur (un clavier probablement pour entrer la destination et, pour le guidage, écran ou synthèse de la parole).

Pour un emploi plus commode et un guidage plus fiable :

— une mémoire (lecture seule) permettant de rentrer la destination sous forme usuelle et non sous le code de la zone de destination ;

— un dispositif de positionnement relatif (dead-recoining) ; le dispositif utilisé dans Auto-Guide emploie un compas ; le compteur kilométrique du moteur fournit une précision de 2 à 3 %, soit 200 m tous les 10 km ; le passage près de chaque balise permet de recalibrer la position.

Dans l'hypothèse où on se contenterait des fonctions

minimales, le prix de l'équipement de bord en grande série devrait se situer en-dessous de 3 000 F.

#### *Infrastructure au sol :*

Elle est constituée d'un ensemble de balises reliées à des unités de calcul qui leur fournissent le guidage dynamique.

A terme, le débit d'informations entre la balise et le mobile ne devrait pas être une contrainte pour définir l'écartement entre balises. Celui-ci sera plutôt défini par des contraintes fonctionnelles :

— longueur de trajet acceptable pour un usager qui entre dans la zone, avant qu'il soit pris en charge par le système de guidage ;

— dynamisme du guidage : rafraîchissement de l'optimisation de l'itinéraire à chaque point de choix.

Par exemple, une zone de 600 km<sup>2</sup> (20 x 30 km), comprenant 15 points de choix (les carrefours importants), doit disposer d'une couverture comportant une balise tous les 8-9 km en moyenne.

Une couverture très complète d'une zone de même taille comprenant 50 points de choix (y compris les carrefours du réseau secondaire) représente une balise tous les 3-4 km.

Le coût de l'équipement d'un carrefour dépend probablement de la topographie.

Si une seule balise multidirectionnelle peut être utilisée, elle desservira toutes les voies arrivantes (4 en moyenne).

Le coût comprend :

— le prix de l'équipement hors électronique : génie civil, bâti ;

— le coût de l'électronique (matériel d'émission IR compris) ;

— celui de l'alimentation, qui dépend essentiellement de la puissance rayonnée (à 100 m de l'ordre de la centaine de mX, soit pour 4 émission de 0,5 à 1 W) ;

— celui de la liaison avec l'unité centrale qui assure la régulation.

Le coût de l'équipement de génie civil a une faible élasticité au nombre.

En revanche, le coût de l'électronique est très sensible à l'effet de série ; à titre indicatif, le téléphone de voiture pour des séries comparables (dizaines de milliers) se situe entre 10 et 20 KF.

Le coût de l'alimentation est une inconnue : le cas favorable est celui où une alimentation par le secteur est possible. Sinon c'est la faisabilité elle-même d'une alimentation autonome de longue durée qu'il faut vérifier. A titre indicatif, un téléphone portable a, pour 1 W, une autonomie de plusieurs heures.

Si une balise multidirectionnelle ne peut pas être utilisée, le coût de l'équipement d'un carrefour à 4 voies arrivantes est constitué par :

- le coût de 4 équipements hors électronique ;
- le coût de l'électronique de transmission aux mobiles ;
- le coût de l'alimentation ;
- le coût des liaisons avec l'unité centrale de calcul et régulation.

### ***Hyperfréquences***

Il existe des projets de radars transhorizon. Néanmoins pour le moment, l'usage des hyperfréquences pour la transmission de l'information reste en portée optique, comme la transmission infrarouge.

Pour le problème posé, il n'y a pas de différences notables dans les infrastructures. Mais :

- le débit théorique est plus faible (quoiqu'encore largement suffisant) ;
- la consommation d'énergie est plus élevée ;
- la sensibilité à certains obstacles est moindre ;
- les composants sont moins répandus et donc aujourd'hui plus chers.

Par rapport à la transmission par infrarouge, qui correspond à une technique connue et utilisée depuis plus longtemps, la transmission par hyperfréquence est moins éprouvée : elle est cependant plus sûre, car moins sensible à certains obstacles et elle pourra donc être préférée, par exemple pour le télépéage.

## **Les systèmes d'information tournés vers la sécurité**

Nous verrons plus loin que si elle ne représente qu'une fraction probablement très minoritaire des informations échangées entre un véhicule et son environnement, l'information « de service public » et plus particulièrement encore celle relative à la sécurité, est appelée à jouer un rôle essentiel dans le développement des médias correspondants.

Réciproquement d'ailleurs, qu'il s'agisse de communication sol/véhicule (projets Proroad ou Drive) ou de communication entre véhicules (projet Pronet), tous les systèmes destinés à fournir de l'information routière auront une influence directe, importante sur la sécurité de la circulation.

Dans une étude effectuée dans le courant de l'été 1988 à l'INRETS (G. Malaterre, H. Fontaine, P. Vanelslande), une première tentative d'évaluation a été menée à partir d'une grille de situation d'accidents. Elle a permis de définir 14 aides à la conduite qui peuvent être classées en deux catégories :

— d'une part les dispositifs *d'information* (aides n° 1 à 7) : ils améliorent la prise d'information du conducteur, soit en lui fournissant des éléments qu'il ne peut pas saisir de lui-même, soit simplement en assurant une meilleure fiabilité du système grâce à une certaine redondance, ou au contraire à une présentation sélective et adéquate de la bonne information, où et quand elle est nécessaire ;

— d'autre part les dispositifs *d'assistance* (aides n° 8 à 14) : ils peuvent prendre en charge eux-mêmes une partie de la tâche de conduite, soit de manière permanente, soit par délégation volontaire de la part du conducteur, soit de manière autoritaire lorsque le copilote intelligent a détecté une situation d'urgence.

## Dispositifs d'information

1) *La vision électronique* : dispositif destiné à amplifier les sens, et plus particulièrement la vision, il permet grâce à des systèmes infrarouges ou ultrasoniques de voir dans des conditions météorologiques perturbées (nuit, brouillard) tout objet qui serait visible par un « œil » plus performant que l'œil humain, c'est-à-dire tout ce qui n'est pas masqué. Ce système est actif et ne suppose pas l'équipement de la route ni celui des autres usagers.

Avec ce dispositif, le degré d'information disponible à travers le pare-brise ne dépend pas des conditions de l'environnement et les facultés d'acquisition d'information sont maintenues, même en cas d'obscurité, d'éblouissement par des phares adverses, de brouillard, etc.

2) *Les rétroviseurs* fonctionnent selon le même principe que ci-dessus. Ils permettent de supprimer les angles morts latéraux et arrières.

3) *La détection coopérative* : à la différence des systèmes ci-dessus, elle permet de détecter des usagers masqués



(profil en long ou en travers, gênes à la visibilité), à condition qu'ils soient équipés d'un copilote et d'un émetteur.

Ce système devrait permettre de détecter des usagers masqués par un autre véhicule, par des arbres ou des bâtiments, situés en intersection, en courbe ou en haut de côte.

4) *La gestion coopérative de l'intersection* : elle prend en compte les vitesses et trajectoires respectives et avertit des risques de collision. Elle peut aussi interdire le démarrage si la voie n'est pas libre. Ce système, basé sur la communication inter-véhicules, c'est-à-dire de copilote à copilote, prend également en compte les régimes de priorités (feux rouges, stops).

Ce type de système entre en action lorsque deux véhicules s'approchent d'une intersection avec tous les deux l'intention de continuer leur route.

5) *La détection d'incidents* : elle permet de détecter la présence de véhicules accidentés ou même de bouchons. Cette fonction est parfois intégrée dans des systèmes plus globaux d'information centralisés (Road Service Information) comprenant la circulation, les déviations, la météorologie, etc.

Ce système combine des messages visuels d'avertissement avec une transmission radio d'informations sur la circulation à des distances variables des points critiques (accidents, bouchons, travaux...).

Proroad et Pronet ont chacun proposé des systèmes remplissant ces fonctions. Les techniques ne sont pas les mêmes, mais les résultats prévus sont très voisins.

6) *La détection de situations* : messages envoyés par la route ou la signalisation et affichés à l'intérieur du véhicule : point dangereux, limitations de vitesse, vitesses conseillées (speed guidance), verglas, neige, glissance, etc. Hors agglomération ce système avertit de la présence de virages, feux, stops ou priorités. Il ne s'agit plus de communication inter-véhicules mais route-véhicule.

Un tel dispositif implique la mise en œuvre de systèmes de transmission publique de données.

7) *La détection de pannes* : diagnostic de l'état mécanique du véhicule, pouvant avertir d'une baisse de pression des pneumatiques, d'un mauvais état des freins, du moteur, etc. Ce sont des systèmes de communication intra-véhicule que nous ne citons ici que pour mémoire puisqu'ils n'entrent pas dans l'objet du rapport.

Ils devront fournir des informations relatives aux composantes critiques pour la sécurité et pour la performance du moteur. Les capteurs seraient installés au niveau des pneumatiques, freins, suspension, direction, moteur et véhicule en général.

### Dispositifs d'assistance

8) *Surveillance de l'état du conducteur* : un tel système détecte les baisses de vigilance, la fatigue, l'alcoolémie, etc. Le dispositif envoie des alarmes en cas d'écart de la trajectoire.

Il devrait empêcher qu'un conducteur en état d'ivresse ou hors d'état de conduire puisse prendre le volant. Les moyens envisagés pour mesurer l'aptitude à la conduite sont de deux types :

- directes : mesurer l'alcool respiré dans l'air ;
- indirectes : contrôler la performance en repérant les comportements aberrants (louvoiements, mouvements anormaux du volant, etc).

9) *Le radar anticollision* : il envoie une alarme quand le couple distance-vitesse devient critique par rapport à un obstacle potentiel.

Un radar anticollision et anti-obstacle a été envisagé dans le cadre de Prometheus. Le système est défini comme un capteur de longue portée (50 à 200 m) qui fonctionnerait par effet Doppler selon une bande de haute fréquence (moins sensible aux conditions atmosphériques) ou avec un laser (fournissant une meilleure localisation spatiale des obstacles).

10) *L'aide au dépassement* avertit de la présence d'obstacles dans la file adjacente, dans le même sens de circulation ou en face, de manière à empêcher alors le dépassement.

Un dispositif d'aide au dépassement a été proposé par Procar avec le même principe que la détection d'obstacles décrite plus haut.

Pronet prévoit un système coopératif qui assisterait la communication entre véhicules. Ce système devrait établir un réseau de communication entre 10 véhicules au maximum, situés dans une zone de 500 m en avant et en arrière.

11) *Les régulateurs de vitesse* permettent de stabiliser la vitesse du véhicule à un niveau souhaité ou en fonction des signaux de guidage émis par le dispositif n° 6.

La vitesse réglementaire ou conseillée est captée par le véhicule et affichée. Lorsque cette vitesse est atteinte, une limita-

tion effective est opérée par durcissement de la pédale d'accélération ou bien même par une absence d'effet lorsque celle-ci est enfoncée jusqu'au plancher.

12) *Les régulateurs d'intervalles* : en conduite en file, ils permettent d'adapter automatiquement sa vitesse à celle du véhicule qui précède ou à celle de la file, de manière à toujours conserver des intervalles sûrs.

Le système de contrôle des distances tel qu'il a été décrit pour la détection d'obstacles (5) et pour l'aide au dépassement (10) devrait aussi comparer la vitesse du véhicule à celle du véhicule précédent afin de maintenir une distance correcte dans le cas de la circulation sur autoroute.

Un tel système devrait également être capable de fusionner l'information sur la distance et la vitesse du véhicule précédent avec des données relatives aux conditions atmosphériques, à la surface de la chaussée et à l'état du véhicule.

13) *Le contrôle de trajectoire permet de circuler dans une file donnée sans avoir à agir sur le volant.* Ne s'applique que sur autoroute.

Un véhicule doté d'un système régulateur d'intervalle et d'un dispositif anticollision pourrait s'engager dans une file rapide dans laquelle le copilote automatique prendrait en charge la direction et le contrôle des vitesses et des distances. Le copilote avertirait aussi l'utilisateur du moment où il doit revenir à un système manuel.

14) *Les aides à la navigation* : elles aident à la préparation du voyage, mais servent aussi à indiquer la direction à suivre une fois l'itinéraire choisi.

Le but d'un tel système est de fournir :

— Des informations sur le trajet et sa durée, lors de la planification du voyage.

Il prend en compte les points de départ et de destination et, pendant la conduite, indique les directions à suivre ainsi que les différentes alternatives possibles à chaque intersection.

— Des informations en temps réel sur le trafic. Le système tient compte de la vitesse du trafic et des retards dus à des travaux ou à des accidents. Il permet ainsi d'estimer l'heure d'arrivée en fonction de l'itinéraire choisi.

— Des informations précises et opportunes sur la direction à suivre en tout moment. Il recommande une direction de conduite à chaque intersection selon les critères choisis par l'utilisateur.

Ces systèmes d'aides à la navigation peuvent être autonomes ou assistés de l'extérieur.

Les dispositifs 3, 4, 5, 6, 9, 10, voire 11, 12, 13 et 14 sont liés aux communications entre véhicules et route ou entre véhicules.

Fort heureusement tous ces systèmes ne sont pas destinés à envahir nos véhicules et à nous transformer en êtres passifs subordonnés à des robots. Mais il entre dans la raison d'être de nos centres de recherches de tester leur validité.

Une première évaluation de l'efficacité de ces diverses aides montre que les plus intéressants en sécurité routière sont, dans l'ordre suivant :

- la gestion coopérative de l'intersection, (4) ;
- la détection coopérative, (3) ;
- le radar anticollision, (9) ;
- la vision électronique, (1).

## Quelques conclusions pour l'action

En résumé, les évolutions les plus probables sont :

### *a) Radiodiffusion — Liaison monodirectionnelle*

La diffusion par FM et son évolution vers la diffusion RDS est très prometteuse car elle ne nécessite pas d'investissements trop importants au sol ni sur le véhicule. Elle permet de filtrer les informations pertinentes et semble bien adaptée aux grands axes interurbains et aux zones péri-urbaines ; l'expérimentation sur Paris-Rennes permettra de juger de sa qualité et de l'accueil que lui réservera le public. « Les produits qui seront issus de Carminat se rattachent à cette famille et en constituent une forme évoluée, à des coûts diversifiés et avec des vocations différentes (interurbaine, péri-urbaine ou urbaine) selon les fonctions qu'ils mettent en œuvre (RDS, RDS-TMC, terminal multifonction, localisation, navigation...). L'inconnue est liée à la qualité de l'information nécessaire pour permettre une navigation tenant compte de l'état instantané des conditions de circulation.

### *b) Liaisons bidirectionnelles*

Les techniques basées sur l'utilisation de balises apparaissent très intéressantes, car elles permettent de construire un système cohérent réalisant à la fois le recueil de données de circulation et la rediffusion de cette information. L'équipement au

sol est moyennement coûteux mais parfaitement accessible aux grandes villes ou aux grands itinéraires.

En ville ou en zone péri-urbaine il y aura donc vraisemblablement coexistence entre les deux techniques et utilisation parallèle de systèmes tels que Carminat (RDS) et Auto-Guide ou Aliscout (IR).

### ***c) Liaison visuelle (ou information sans matériel embarqué)***

Pour les points singuliers du réseau, autoroutes péri-urbaines, convergents ou divergents autoroutiers, nécessitant des mesures de régulation de trafic, incitatives ou obligatoires, une information accessible à tous les automobilistes est nécessaire. La seule technique correspondant à cette situation est l'information visuelle par panneaux à message variable. Les PMV constituent donc un des éléments de base de tout système d'information et *le seul susceptible de transmettre des instructions impératives de police.*

### ***d) Dispositifs spéciaux***

Certains véhicules professionnels (poids lourds, autobus, médecins, VRP, ambulances, etc.) ont des besoins spécifiques nécessitant en particulier un dialogue. Diverses techniques permettent d'obtenir ces communications, telles que le radiotéléphone cellulaire embarqué ou personnel, la communication par satellite et même les balises (à infrarouge et hyperfréquences)<sup>5</sup>.

Les systèmes pour professionnels ne sont pas soumis aux mêmes contraintes de prix que les systèmes « grand public ». Des techniques plus coûteuses sont donc envisageables.

A ce stade, seules quelques grandes orientations peuvent être dégagées ; beaucoup d'inconnues subsistent qui départageront les divers produits, notamment dans les fonctions autres que celles de l'information routière proprement dite. Il est donc indispensable de réaliser en France *l'expérimentation* de chacune des principales techniques et des produits et d'en faire une *évaluation* précise sous l'angle de leurs avantages et inconvénients, de leur plus ou moins bonne adaptation au trafic urbain ou aux itinéraires interurbains, de leur coût d'investissement, de fonctionnement et de maintenance, de leurs qualités ergonomiques, etc.

5. Dans ce dernier cas toutefois, le dialogue est intermittent ; si le véhicule est immobilisé trop loin d'une balise, il ne peut plus communiquer.

L'observation des expérimentations étrangères, aussi utile qu'elle soit, ne fournit jamais la finesse de renseignement indispensable. Les expérimentations menées en France doivent être confrontées au plan international afin que soient résolues les questions de normalisation technique et de présentation de l'information. Certains produits se développent dans un cadre international, Carminat, RDS, balise à infrarouge, satellite, radiotéléphone. Le projet Drive de la CEE provoque une concertation européenne et c'est sans doute à partir de ses travaux que les États pourront décider des grands principes d'organisation de l'information routière dans un cadre cohérent.

Au-delà des technologies, le traitement de l'information en temps réel nécessite un *très important effort* simultané de *développement de modèles et de logiciels* qui suppose un véritable changement de vitesse en France et une adaptation des personnels à des fonctions nouvelles plus complexes.

Par ailleurs, les dispositifs d'information à bord des véhicules — notamment les écrans — devront être *normalisés et réglementés*, car ils ont un effet sur les conditions et la sécurité de la conduite.