

Le dispositif Bison Futé et l'évolution de ses prévisions

Mehdi DANECH-PAJOUH
Chargé de recherche à l'INRETS
GRECIA

Chaque week-end, et plus encore lors des grands départs en vacances, les prévisions de Bison Futé sont consultées par des millions d'automobilistes. Les médias relaient très largement les « teintes » associées à la circulation : vert si le trafic s'avère fluide ; orange en cas de ralentissement et rouge si d'importants bouchons risquent de se former, en particulier dans la Vallée du Rhône.

Le dispositif Bison Futé est un outil d'information routière au service des usagers de la route. Il comporte plusieurs éléments, dont un noyau calculatoire ayant pour but de prévoir l'état du trafic sur les grands axes routiers à l'horizon d'un an. Ce noyau contient essentiellement un modèle de prévision, lequel a subi des évolutions importantes depuis la création du dispositif, il y a trente ans.

Historique de Bison Futé

Le dispositif Bison Futé s'appuie depuis son origine sur les structures préexistantes¹ du Centre National d'Information Routière (CNIR) et des Centres Régionaux d'Information et de Circulation Routières (CRICR). Né à la suite des problèmes exceptionnels d'encombrement de l'été 1975, Bison Futé était conçu au départ comme un dispositif non contraignant de gestion des départs en vacances d'été, visant à obtenir des vacanciers qu'ils modifient leur comportement sur un court laps de temps, suffisant pour permettre l'écrêtement des pointes de trafic aux points critiques.

Cette conception a conduit à privilégier dès le départ deux axes de travail :

- la prévision pour mieux anticiper sur les encombrements aux points critiques ;
- l'information aux usagers comme moyen d'agir sur les comportements.

Ces deux concepts complémentaires n'ont pas fondamentalement changé depuis l'origine, bien que l'environnement dans lequel évolue Bison Futé se soit considérablement modifié au cours des années. En effet, le trafic routier s'est accru d'au moins 50 % durant les trente dernières années, grâce à l'accroissement du revenu des ménages et en s'appuyant sur l'extension du réseau autoroutier et l'amélioration du réseau ordinaire, tandis que les modes concurrents de transport se développaient eux aussi fortement (TGV, aérien). Les habitudes liées aux congés et aux déplacements se sont modifiées, avec des séjours moins longs et plus fréquents, une multiplication des déplacements et un rééquilibrage entre régions. D'abord limité à la période estivale, Bison Futé couvre à présent l'année entière.

Structures de Bison Futé

Elles reposent sur un principe de collégialité qui permet la mise en commun de moyens de trois administrations :

- le ministère des transports par le biais de la DSCR², et au niveau régional les DDE³ ;
- le ministère de la Défense par le biais de la direction de la gendarmerie ;
- le ministère de l'intérieur par le biais de la direction générale de la police.

Jusqu'en 1993, la DSCR était maître d'œuvre du dispositif Bison Futé. Elle pilotait la procédure d'élaboration du calendrier (depuis les jours sans difficulté particulière jusqu'aux jours à circulation exceptionnelle en passant par les jours à circulation dense et à circulation difficile), l'élaboration de la prévision, les différentes enquêtes (intentions de déplacements, enquêtes d'évaluation...). En janvier 1994, la gestion du dispositif opérationnel a été transférée au CNIR. La DSCR garde un rôle déterminant dans la définition de la politique suivie par Bison Futé. La coordination du dispositif est donc assurée par le CNIR, qui regroupe des représentants des trois administrations et dont la direction est collégiale. Les sept CRICR⁴, dont la structure est identique à celle du CNIR, ont une compétence territoriale. Au sein du CNIR ou d'un CRICR, les personnels d'un même ministère constituent une division dirigée par un officier ou un fonctionnaire désigné par son administration d'origine. Chaque CRICR est doté d'un correspondant Bison Futé. Les personnels des différentes administrations sont mis à la disposition de la structure collégiale, mais continuent de relever administrativement de leur Ministère. Le CNIR et les CRICR, qui constituent l'ossature du dispositif Bison Futé, sont chargés plus généralement de missions d'information et de coordination pour assurer une exploitation harmonieuse du réseau. Bison Futé ne constitue donc qu'une part

de leurs activités. C'est le CNIR, aujourd'hui maître d'œuvre de Bison Futé, qui est le plus impliqué dans le fonctionnement de Bison Futé à travers la gestion directe des principales procédures : calendrier, élaboration des prévisions (voir figure 1), dossiers de presse nationaux...

Les CRICR, par définition plus impliqués dans le suivi et l'information en temps réel de leur réseau régional, jouent un rôle moins actif que le CNIR dans Bison Futé. Le SETRA⁵, organisme qui dépend du Ministère des transports intervient comme maître d'œuvre par le biais de la mise au point et du développement du logiciel utilisé pour la prévision.

Bison Futé n'est donc pas une structure proprement dite, mais plutôt un dispositif géré par des structures dont les activités ne se limitent pas à Bison Futé.

- Extension des prévisions et de l'information de Bison Futé à un plus grand nombre de périodes critiques, telles que retours de vacances, fins de semaine difficiles, etc.
- Changement des méthodes de communication au fur et à mesure que Bison Futé s'installe dans le paysage médiatique : campagnes plus ciblées, association de Bison Futé à des opérations ponctuelles de gestion du trafic (événements sportifs ou culturels, etc.), diffusion de l'information sur les radios locales et Internet...
- Mise en place de points d'information sur les itinéraires.

Le modèle de prévision utilisé avant 1998

Ce modèle gère les principales opérations suivantes :

- la récupération et la validation de l'historique des points de mesures sous la norme nationale de recueil de données routières siredo ;
- les prévisions de débits journalier et horaire d'un point de mesures ;
- les intentions de départ par région ;
- les conseils de départ.

Les données

Le recueil de données porte sur quatre-vingts points de mesure. Leur répartition spatiale sur le territoire national n'est pas homogène (voir figure 2). Certaines zones sont privilégiées du fait de leur importance dans les flux nationaux et européens, comme le couloir Rhône-Alpes, le Bassin parisien, la région bordelaise. Inversement, le Nord, l'Est et le Centre sont des zones peu couvertes.

Des données très variées et détaillées fournies par les capteurs siredo (débits, taux d'occupation, vitesses 6 minutes, etc.), seuls les débits horaires sont conservés. Les

Évolution de l'outil Bison Futé

Autour de ce dispositif a été développé, sous l'environnement SAS⁶, un programme informatique, appelé logiciel Bison Futé, qui va du recueil des données jusqu'à l'analyse et la visualisation des résultats. Certains modules de ce logiciel ont fait l'objet d'une mise à jour en 1995.

Un module de ce logiciel concerne le modèle de prévision du trafic. Les deux principales versions de ce modèle, l'ancienne et la nouvelle conçue en 1998, seront exposées dans la suite de cet article.

Évolution de ses activités et de ses produits

Les activités et les produits liés à ce dispositif ont subi également des modifications.

- Diversification des produits de Bison Futé : la carte, le calendrier à diffusion très large, les communiqués de presse, etc.

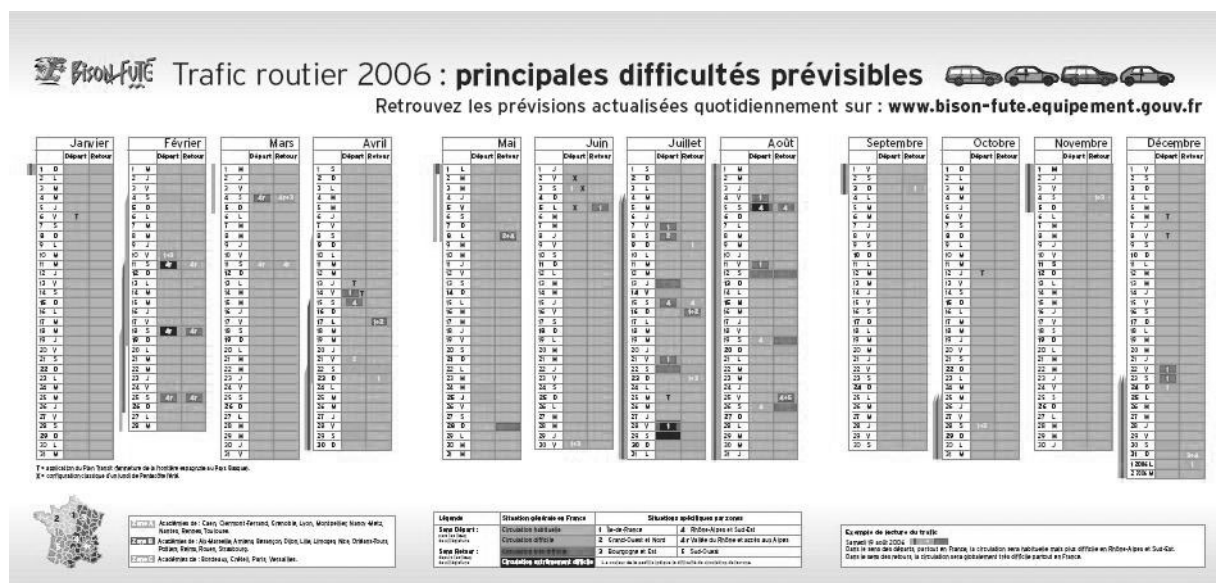


Figure 1 - Un exemple du calendrier Bison Futé

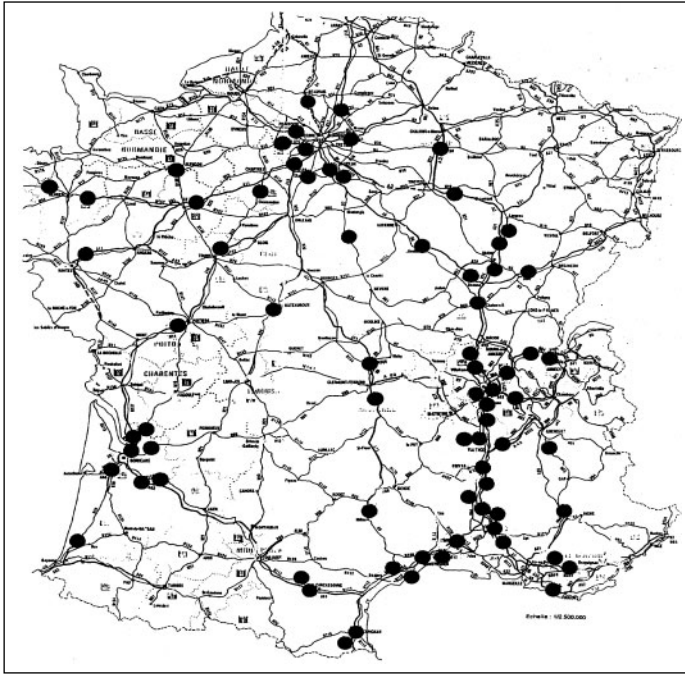


Figure 2 - Répartition des 80 points de mesure utilisés par Bison Futé
Chaque point noir représente la présence d'un capteur routier

débites enregistrés depuis 1986 constituent l'historique, sur lequel s'appuieront toutes les prévisions. Cette base de données est gérée par le SETRA.

Épurer les données est nécessaire, soit à cause de pannes physiques de capteurs, soit à cause de problèmes de communication entre les serveurs de comptage et les serveurs de recueil et de mémorisation. Nous éliminons également les données des jours qui ont connu un événement extraordinaire (chantier, passage d'une tempête violente, accident très grave...), qui a perturbé pendant plusieurs heures le déroulement normal du trafic sur la section de route considérée. Dans le modèle utilisé avant 1998, la contrainte de devoir rechercher des dates de références exigeait un historique complet et continu, d'où la nécessité de reconstituer toutes les données manquantes (introduisant ainsi une nouvelle source d'erreur). Dans la nouvelle version la complétude de l'historique n'est plus exigée, ce qui évite d'avoir à reconstituer les données.

Prévisions des débits journaliers et horaires d'un point de mesure

On recherche ici une analogie calendaire entre le passé et le futur, fondée sur une année de référence unique.

Dans la méthode dite « Fouilhé », ce sera la première année du passé ayant le même nombre de jours et débutant le même jour de la semaine. On l'appellera l'année double. Par exemple, pour 1995, ce sera 1989 et pour 2006, ce sera 1995. Dans la méthode référentielle, cette année de référence sera choisie par l'opérateur. L'hypothèse forte sous-jacente à cette démarche est que la répartition journalière du trafic de l'année à prédire calque celle de l'année de référence.

La méthode Fouilhé

Nous respecterons dans ce paragraphe les notations des documents d'origine.

Le trafic moyen journalier annuel de l'année a $TMJA(a)$ est défini par :

$$TMJA(a) = \text{débit_annuel}(a) / \text{nombre_jour}(a)$$

La prévision de l'année $a + 1$ $TMJA(a + 1)$ est estimée par :

$$TMJA(a + 1) = f[TMJA(a), TMJA(a - 1), \dots, TMJA(a - 4)]$$

Où la fonction f représente une régression linéaire estimant le $TMJA$ de l'année à prévoir $a + 1$ à partir des $TMJA$ cinq années précédentes.

Le ratio journalier d'un jour j de l'année a est défini par :

$$\text{Ratio}(j, a) = \text{débit}(j, a) / TMJA(a)$$

Pour la prévision de ce ratio pour un jour de l'année $a + 1$, on utilise le ratio correspondant de l'année double :

$$\text{Ratio}(j, a + 1) = \text{Ratio}(j, \text{année_double})$$

Pour l'année a le poids d'une heure de la journée est donné par :

$$\text{Poids}(h, j, a) = \text{débit}(h, j, a) / \text{débit}(j, a)$$

Ce poids, pour une heure d'une journée de l'année à prévoir, est considéré égal à celui de l'année précédente en tenant compte du décalage calendaire d'un jour (deux jours pour une année bissextile).

$$\text{Poids}(h, j, a + 1) = \text{Poids}(h, j + 1, a)$$

Le débit d'un jour j de l'année à prévoir et le débit d'une heure h de cette année s'obtiennent finalement :

$$\text{Débit}(j, a + 1) = \text{Ratio}(j, a + 1) \cdot TMJA(a + 1)$$

$$\text{Débit}(h, j, a + 1) = \text{Poids}(h, j, a + 1) \cdot \text{Ratio}(j, a + 1) \cdot TMJA(a + 1)$$

Intentions de départs d'une région

Il s'agit d'estimer, pour une région et une période données, le nombre de personnes qui transiteront par la région au cours de la période considérée. Le processus de calcul passe par les étapes suivantes.

- Sélection pour chaque région des points de mesures à prendre en compte dans le calcul des intentions de départ.
- Définition de deux ratios :
 - le taux moyen de passagers par véhicule en période de vacances;
 - le taux moyen de passagers par véhicule en période normale.
- Multiplication des prévisions de débits des points de mesures représentatifs de la région par le taux moyen de passagers correspondant. Celles-ci sont comparées avec des intentions de départs calculées pour une période normale.

Conseils de départ

On souhaite disposer d'un indicateur de la difficulté du trafic pour un point de mesures à une date donnée, qui aidera

à élaborer le calendrier annuel Bison Futé. Pour cela, on constitue une liste de points sensibles pour chaque région. À chacun d'entre eux est associée une capacité (ou seuil de saturation), une relation liant le rapport débit prévu/capacité à la difficulté de circulation, un temps de parcours moyen pour parvenir aux points sensibles et un coefficient d'importance. Les conseils sont alors élaborés pour des tranches de trois heures.

Remarques sur ce premier modèle de prévision

Étant donné les possibilités réduites de calcul des ordinateurs d'il y a trente ans, la simplicité de ce modèle était un avantage. Notons d'ailleurs que ce modèle n'était utilisé que pour les trois mois d'été. La première faiblesse de ce modèle tient à l'usage d'une référence unique (année double ou année de référence), c'est-à-dire à un emploi très restreint des variables calendaires, alors même que la masse d'informations contenue dans l'historique est très riche. La difficulté d'étendre le modèle à l'ensemble de l'année constitue une autre limitation. Enfin, il conviendrait de pouvoir prendre en compte les évolutions de comportement des usagers vis-à-vis de leurs besoins de déplacements et des conditions souhaitées pour les réaliser.

Un nouveau modèle de prévision mis en œuvre en 1998

Ces restrictions ont conduit la DSCR à confier en 1995 à l'INRETS une étude concernant les modèles de prévision de Bison Futé. Elle s'est soldée par une collaboration étroite sur ce thème entre le SETRA, le CNIR et l'INRETS, collaboration qui perdure encore de nos jours.

Cette étude a abouti entre autres à envisager une nouvelle modélisation, dans le but d'améliorer la précision des prévisions et de prédire les débits journaliers de chacun des quatre-vingts points de mesures (cent soixante capteurs pris dans les deux sens de circulation) pour tous les jours de l'année et à l'horizon d'un an, *ce qui est imposé par les contraintes de préparation du calendrier et de la carte Bison Futé*.

Pour le choix de cette nouvelle modélisation, un comité de travail a été constitué avec des collaborateurs du SETRA, du CNIR, du CETE de Picardie et de l'INRETS. Après avoir testé pour l'un des points de mesures (St. Arnoult [Yvelines] sur l'autoroute A10) plusieurs modèles provenant de sources différentes, ce comité a choisi le modèle qui convenait le mieux, aussi bien pour sa précision que pour sa facilité d'intégration dans le logiciel Bison Futé (environnement SAS).

Sans vouloir rentrer dans les détails techniques disons, simplement, qu'il s'agit d'un modèle de régression multiple. Les variables explicatives introduites correspondent, soit à des informations qualitatives simples comme le type de jour, le mois ou l'occurrence d'un départ en vacances, soit à des informations résultant d'interactions d'ordre deux entre ces informations simples, comme le type de jour croisé avec l'occurrence d'un départ en vacances (voir tableaux ci-contre).

Treize variables explicatives simples	
Type <i>j</i>	type de jour (lundi, mardi...)
Mois	mois, avec éventuellement plusieurs modalités pour certains mois
Semaine	numéro de la semaine dans l'année (numérotation du calendrier officiel)
Zone (1,2,3)	vacances scolaires par zone selon calendrier officiel du ministère de l'éducation nationale ; si le premier jour est un lundi ou le dernier jour un vendredi, le samedi et le dimanche sont inclus dans les vacances
Départ (1,2,3)	spécifie les trois premiers jours des vacances scolaires par zone ; on code les veilles, 1er, 2e, et 3e jours de départ
Rentre (1,2,3)	rentrée scolaire par zone (dernier jour de vacances, ainsi que sa veille et son avant-veille, premier jour de rentrée)
Type <i>f</i>	type de fête (tous les jours du pont sont codés)
Type <i>p</i>	numérotation des jours d'un pont dans l'ordre croissant
Pont 1	typologie des ponts en sept classes selon la position du jour férié dans la semaine (voir ci-dessous)
Jour férié	Jours codés autour du jour férié
Dimanche Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi Samedi Pont 2	vendredi à lundi vendredi à lundi vendredi à mercredi mardi à jeudi mercredi à lundi jeudi à lundi vendredi à lundi pont du vendredi au lundi, lorsque le lundi est férié ; précise si le lundi est inclus dans les vacances scolaires ; tous les jours du pont, du vendredi au lundi, sont codés.
Fête	une modalité par fête
Dist	deux ponts dans la même quinzaine

Croisements d'ordre 2		
Mois × Semaine	Type <i>j</i> × Pont 1	Type <i>p</i> × Fête
Mois × Type <i>j</i>	Type <i>j</i> × Départ (1,2,3)	Type <i>p</i> × Zone (12,3)
Mois × Départ (1,2,3)	Type <i>j</i> × Rentre (1,2,3)	Type <i>f</i> × Fête
	Type <i>j</i> × Zone (1,2,3)	Dist × Pont 1
	Type <i>j</i> × Fête	

Modèle final
Aux treize variables simples s'ajoutent vingt-deux croisements d'ordre 2. Chacune de ces trente-cinq variables, selon son nombre de modalités, est transformée en un certain nombre de variables indicatrices : la valeur 0 (absence d'une modalité) et 1 (présence d'une modalité). Nous obtenons finalement neuf cent dix-sept variables quantitatives binaires.

En pratique, l'algorithme développé sous l'environnement SAS est le suivant :

- calcul des douze TMJM⁷ pour chaque année de l'historique;
- prévision des douze TMJM de l'année à prédire via un modèle de séries chronologiques;
- calcul des TMJA réels et prédits comme moyenne pondérée des TMJM;
- calcul des débits relatifs de l'historique;
- estimation du débit relatif via un modèle de régression multiple;
- calcul des résidus pour l'estimation des débits relatifs;
- filtrage des données de l'historique, opération qui consiste à éliminer tous les jours dont l'erreur relative absolue d'estimation est supérieure à 30 % (ce seuil est un choix pragmatique, qui ne repose sur aucune règle statistique, mais découle de l'expérience);
- deuxième prévision du débit relatif (c'est elle qui est retenue);
- prévision du trafic comme produit du débit relatif prédit et du TMJA prédit.

Évaluation du nouveau modèle

Nous avons procédé à l'évaluation de ce modèle sous trois angles : évaluation théorique, a posteriori et a priori.

L'évaluation théorique a servi à justifier ou à vérifier le choix du modèle et des variables, ainsi qu'à l'examen de la vraisemblance, du point de vue de l'analyse numérique des résultats d'une telle modélisation. Cette étude théorique a fait l'objet d'une thèse de doctorat préparée par Elsa FREVILLE et soutenue en 2001 à l'Université de Paris VI.

L'évaluation a posteriori est une démarche classique de comparaison entre les valeurs prédites et réelles. À titre d'exemple, la qualité des prévisions (mesurée par la différence entre valeur prédite et valeur réelle, la qualité est d'autant plus grande que cette différence est plus faible) d'un point de comptage (St. Arnoult) faites par ce modèle sur une période d'un an était presque le double de celle issue de la méthode Foulhé.

L'évaluation a priori est une nouvelle démarche que nous avons proposé pour quantifier le degré de certitude des résultats obtenus par le modèle, c'est-à-dire la confiance qu'on peut accorder aux prédictions de Bison Futé.

Conclusions et perspectives

Les activités du dispositif Bison Futé se répartissent pour l'essentiel en trois grandes catégories : la prévision, l'information, l'évaluation.

Dans cet article, nous nous sommes intéressés à la seule activité de prévision, dont les trois éléments principaux sont le modèle de prévision, la procédure d'élaboration du calendrier et les dossiers de presse.

Le calendrier a un caractère national et ne peut être modifié en cours d'année. Il fait l'objet d'une publication et d'une diffusion très large en début d'année. Le calendrier a un caractère institutionnel du fait de ses implications régle-

mentaires : c'est à partir de ses couleurs que sera décidé le lancement des opérations particulières de surveillance du trafic Palomar (axe Paris-Lyon-Marseille), des journées Primevère (week-ends de printemps), des restrictions de circulation pour les véhicules lourds... De ce fait, le calendrier est autant un outil institutionnel que de prévision. Sa version finale est obligatoirement validée par le ministère de l'intérieur. Les dossiers de presse permettent pour leur part une actualisation des prévisions quelques jours avant la période considérée.

La procédure d'élaboration du calendrier utilise à la fois les résultats issus du modèle et l'historique d'encombrement (HKM)⁸. Par ailleurs, elle fait une large place à l'expérience des prévisionnistes du CNIR, qui procèdent à des ajustements qualitatifs sur les résultats quantitatifs issus du modèle de prévision.

Nouvelle approche de l'information routière

Parallèlement à ce qui vient d'être exposé, nous avons poursuivi des recherches pour améliorer le dispositif Bison Futé. Sous l'impulsion de la DSCR et en collaboration avec le CNIR et le SETRA, nous avons, depuis 1996, entamé et réalisé plusieurs recherches sous le titre générique de *Réflexion pour une nouvelle génération du dispositif Bison Futé*. Dans ce cadre nous allons aborder, brièvement, deux thèmes de recherche : un déjà abouti et l'autre en cours de réalisation.

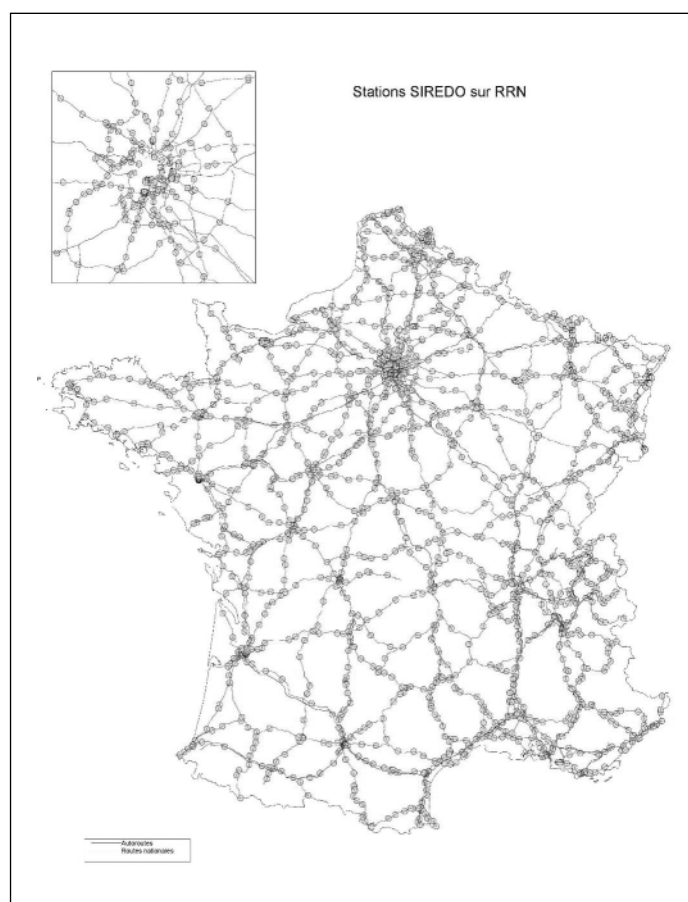


Figure 3 - Cartographie des capteurs SIREDO

Prévision de l'état du trafic à l'horizon d'une demi-heure

Il existe, actuellement, un important potentiel de recueil de données du trafic sur les axes routiers via plusieurs milliers de capteurs appartenant au Ministère de l'Équipement et aux sociétés d'autoroute. Ces capteurs de la norme SIREDO fournissent toutes les 6 minutes des mesures agrégées comme le débit, la vitesse, le taux d'occupation et parfois le pourcentage de poids lourd. Le logiciel d'acquisition des données MI2 permet d'acheminer ces informations vers des serveurs dédiés⁹. Les exploitants routiers des CIGT ou ceux des PC des sociétés d'autoroute ont l'habitude de consulter des tableaux synoptiques représentant l'état du trafic de leur réseau. En général un tel synoptique ne dresse que la photographie instantanée du trafic via les données temps réel des capteurs SIREDO. Ce que nous proposons est l'image d'une telle carte projetée dans un horizon court et utile (30 minutes pour le réseau d'exploitation GUTENBERG à Strasbourg). L'état du trafic est identifié par 3 couleurs ou 3 qualificatifs : Vert (fluide), Orange (dense) et Rouge (saturé). Le moteur de calcul baptisé **Trafic_Coul** déjà implanté à Strasbourg comprend l'épuration des données, la recherche de la vitesse critique, le calibrage des modèles probabilistes (temps différé) et le module de calcul en temps réel. Ce moteur pourrait être facilement intégré à un logiciel produisant un synoptique d'un réseau routier (MIVISU ou ASTEC etc.).

Calcul de temps de parcours de référence par itinéraire

Cette nouvelle recherche a pour objectif de disposer d'un algorithme et d'un moteur de calcul de Temps de Parcours Moyen de Référence (**TPMR**) par itinéraire, par type de jour et par heure de la journée prêt à appliquer sur l'ensemble du réseau routier, partout où il existe suffisamment de stations de comptage. Les exploitants routiers, la DSCR en

tête, souhaitent fournir aux usagers des informations relatives aux temps de parcours par axe des itinéraires des grandes mailles. Il s'agit d'un temps de parcours moyen qu'un conducteur met pour aller de l'origine de son trajet (identifiée par un point sur le réseau) vers le point de sa destination. C'est bien un temps moyen mais la procédure de calcul sera sensible, dans une première étape, aux événements endogènes (capacités, vitesses critiques...) et dans une seconde étape elle tiendra compte des événements exogènes (chantiers, météo....). ■

notes

1. Seuls les CRICR de Rennes et Créteil ont été créés après 1976.
2. Direction de la Sécurité et de la Circulation routière.
3. Direction Départementale de l'Équipement.
4. Créteil, Lille, Rennes, Marseille, Lyon, Metz, Bordeaux.
5. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes.
6. Statistical Analysis System (sas) est un progiciel dédié au traitement et à l'analyse statistique des données, il est composé de plusieurs modules et de procédures de calcul statistique.
7. TMJM : Trafic Moyen Journalier Mensuel.
TMJA : Trafic Moyen journalier Annuel.
8. En un point donné, le volume d'encombrement est le produit de la durée de la perturbation (exprimée en heures) par sa longueur moyenne (exprimée en km) ramenée à une voie de circulation, d'où l'intitulé HKM. L'acquisition d'une partie des données HKM est effectuée, en temps réel, par les gendarmes et les policiers. Ces données sont tributaires de l'observateur (subjectivité) et de ses contraintes, car il est évident que le gendarme ou le policier a d'autres devoirs à remplir, en particulier dans les cas graves, où il doit d'abord se préoccuper d'améliorer la situation. Une autre partie des HKM (moins subjective) est déduite des données des capteurs magnétiques. L'historique d'encombrement (HKM) mémorisé est agrégé par jour et selon quatre critères : Île-de-France (sens aller et sens retour), province (sens aller et sens retour).
9. Celui de l'INRETS est baptisé SI²TAR.